

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun–Tiaret  
Faculté de Science de la Nature et de la Vie  
Département de Science de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études  
En vue de l'obtention du diplôme de Master académique  
Domaine : Science de la nature et de la vie  
Filière : Sciences Biologiques  
Spécialité : Génétique Moléculaire et Amélioration des Plantes  
Thème

**Effets de la salinité du milieu sur le développement *in vitro*  
de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* agent causal de  
Bayoud**

Présenté par :

soutenu le : 03/07/2019

ZOUBIR Zineb

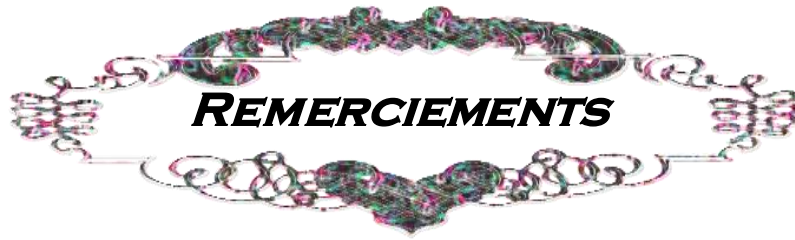
NOUARI Khadidja

ZINAOUI Karima

Devant le jury :

Présidente	Mme CHAFAA .M	MCA	Univ.Tiaret
Examinatrice	Mme CHAHBAR .S	MCB	Univ.Tiaret
Promoteur	Mr BOUMAAZA. B	MCA	Univ.Tiaret
Co-promoteur	Mr BENZOHRA .IE	Maître de recherche	CRSTRA

Année universitaire : 2018 /2019



## **REMERCIEMENTS**

*Avant tout on tient nos remerciements à notre dieu tout puissant de nous avoir donné la foi, la force et le courage.*

*A travers ce modeste travail, nous tenons à remercier vivement notre promoteur Dr BOUMAAZA B et co- promoteur Dr BENZOHRA IE. » qui ont toujours été disponible malgré ses nombreuses occupations, et dont les encouragements et les conseils judicieux nous furent d'une très grande utilité.*

*Nos remerciements les plus vifs s'adressent aussi à Madame la présidente: CHAFAA M, maître de conférences à l'université d'Ibn Khaldoun Tiaret, a accepté d'examiner ce mémoire et d'en présider le jury, qu'il trouve ici l'expression de mes sincères remerciements.*

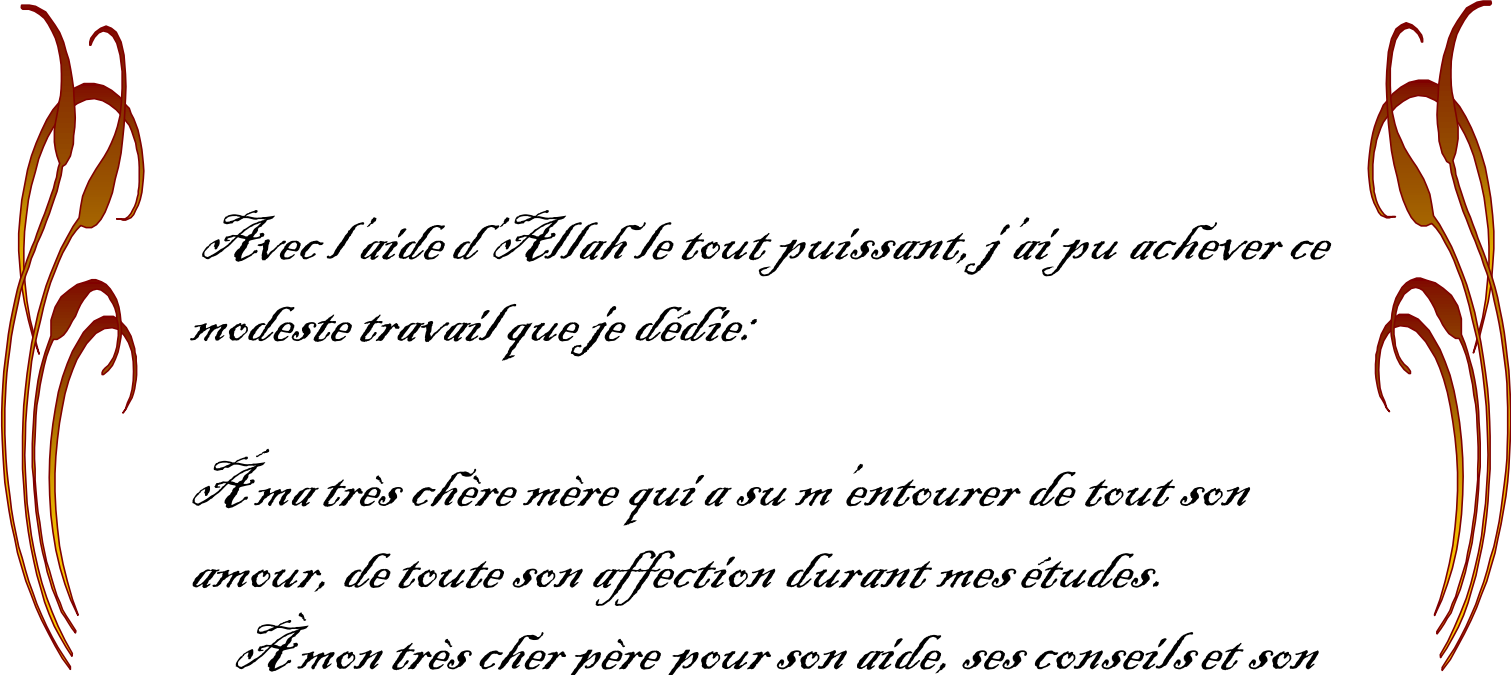
*Nos vifs remerciements s'adressent à Mme CHAHBAR S, maître de conférences à l'université d'Ibn Khaldoun Tiaret, pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous exprimons également notre gratitude à tous les professeurs et enseignants qui ont collaboré à notre formation depuis notre premier cycle d'étude jusqu'à la fin de notre cycle universitaire.*

*Nous tenons à remercier les membres du laboratoire de microbiologie et amélioration des plantes de université Tiaret ; et le secrétaire générale de faculté science de la nature et de la vie, ceux qui ont contribué de près ou loin à la réalisation du présent travail.*



## Dedicace



*Avec l'aide d'Allah le tout puissant, j'ai pu achever ce  
modeste travail que je dédie:*

*À ma très chère mère qui a su m'entourer de tout son  
amour, de toute son affection durant mes études.*

*À mon très cher père pour son aide, ses conseils et son  
soutien.*

*Mes frères et sœurs.*

*À tous mes amis.*

*À tous ceux qui m'ont encouragé tout au long de ce  
travail.*



NOUARI KHADIDJA



## **DEDICACE**

*Je dédie ce modeste travail*

*A ma mère, source d'affectation de courage et d'inspiration qui a  
autant sacrifié pour me voir atteindre ce jour.*

*A mon père, source de respect, en témoignage de ma profonde  
Reconnaissance pour tout l'effort et le soutien incessant qui m'a  
toujours apporté.*

*A mes frères Abd Allah, Djamel, Ali, Ahmed, et Nasr Aldin*

*A mes sœurs fatima, et Zohra.*

*A mes belles-sœurs*

*A mes nièces et neveux :Hanaa ,Tarek, Kholoud,  
Mohammed,Ilyas,Balkisse,Siradj aldin et Anas*

*A ma cousine Souad*

*Une spéciale dédicace à mes collègues: Hayat D, Zineb Z, Asma Z,  
Fatima Z ,Hasna Z et Khadidja N.*

*Enfin, je dédie ce travail à tous mes collègues et mes amis de  
promotion*

*De Génétique Moléculaire et Amélioration des Plantes 2018-2019*



**ZINAOUI KARIMA**





# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste de travail  
À mes chers parents, pour tous leur sacrifices, leur  
amour, leur tendresse, leur soutien leur pierres tout au  
long de mes études*

*À mes chers frères Mohamed Younis, Youcef  
Zakaria*

*À mes chères sœurs, pour leurs encouragements  
permanents, et leur soutien moral.*

*À mes chers grandes parents, qui je souhaite une bonne  
santé à toute famille*

*À mes autres amies*

*Zoubir Zineb*

## Résumé

Le Bayoud est sans contexte la plus grave maladie cryptogamique du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) causé par *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. Avant la mise en œuvre d'une stratégie de lutte contre cette maladie, il est nécessaire de connaître le comportement de cet agent pathogène et leur interaction spécifique avec la plante hôte en fonction des conditions environnementales, c'est pourquoi un test *in vitro* de l'effet de salinité sur la croissance et le développement de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* a été réalisé. Les résultats obtenus montrent que la salinité se manifeste par une inhibition de la croissance mycélienne, les pourcentages d'inhibition par rapport au témoin sont près de 2.35; 4.11; 5.52 et 7.05% respectivement pour les concentrations 6, 9, 12 et 15g/l en NaCl. On contrario la salinité (6 à 15g/l) se traduit par une stimulation de 4 à 6 fois de la production de la conidiogénèse par rapport au témoin sans sel.

**Mots clés:** Bayoud, croissance mycélienne, *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*, *in vitro*, salinité, sporulation.

## Abstract

Bayoud is without context the most serious cryptogamic disease of date palm (*Phoenix dactylifera* L) caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. Before the implementation of a control strategy against this disease, it is necessary to know the behavior of this pathogen and their specific interaction with the host plant according to the environmental conditions, *in vitro* test of the salinity effect on the growth and development of *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* was realised. The results obtained show that the salinity is manifested by an inhibition of mycelial growth; the percentages of inhibition compared to the control are 2.35; 4.11; 5.52 and 7.05 % respectively for the concentrations 6, 9, 12 and 15g/l of NaCl. On the contrary, the salinity (6 to 15 g/l results in a 4 to 6 fold stimulation of production of conidiogenesis compared to the control.

**Key words:** Bayoud, Mycelial growth, *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*, *in vitro*, salinity, sporulation.

## ملخص

البيوض هو اخطر أمراض النخيل (*Phoenix dactylifera* L.) الناتج عن *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*، قبل البدء إستراتيجية المكافحة ضد هذا الفطر، من الضروري معرفة سلوك هذا الممرض وتفاعله مع النبات المضيف وفقاً للظروف البيئية ، لذلك يجب إجراء فحص تأثير الملوحة على نمو وتطور *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الملوحة تتجلى من خلال تثبيط *La croissance mycélienne*، والنسب المئوية للتثبيط مقارنة بالعينة الشاهدة هي 2.35, 4.11, 5.52 و 7.05٪ على التوالي للتركيزات 6, 9, 12 و 15 غرام / لتر من كلوريد الصوديوم. على العكس من ذلك ، فإن تراكيز الملوحة (6 إلى 15 غرام / لتر) أدى إلى تحفيز إنتاج الابواغ من 4 إلى 6 أضعاف مقارنة بالعينة الشاهدة

## الكلمات المفتاحية

البيوض، *Croissance mycélienne*، النخيل، الملوحة، التبوغ، *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* ,  
*In vitro*.



## Table des matières

RESUME	
ABSTRACT	
ملخص	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES ABRIVATIONS	
INTRODUCTION GENERALE.....	1
<b>PARTIE I: Synthèse bibliographique</b>	
<b>Chapitre I: Plante hôte palmier dattier (<i>Phoenix Dactylifera L.</i>)</b>	
I-1- Introduction .....	4
I-2- Historique .....	4
I-3-Classification botanique du palmier dattier.....	4
I-4-Cycle biologique .....	5
I-5-Production de palmier dattier .....	6
I-5-1- Production mondial .....	6
I-5-2- Production national .....	6
I-6- Contraintes de la production de palmier dattier .....	8
I-6-1-Cochenille blanche.....	8
I-6-2-Ver de datte.....	8
I-6-3-Boufaroua .....	9
I-6-4-Pourriture de l'inflorescence.....	9
I-6-5- Pourriture de cœur.....	9
I-6-6-Pourriture du bourgeon .....	9
I-6-7- <i>Fusarium oxysporum.f.sp .albedinis</i> .....	10
<b>Chapitre II : <i>Fusarium oxysporum f.sp. albedinis</i> (agent responsable de fusariose de palmier dattier)</b>	
II-1-Généralité sur <i>Fusarium oxysporum f.sp albedinis</i> .....	12
II-2-Position systématique .....	13
II-3-Biologie de <i>Fusarium oxysporum .f.sp. albedinis</i> .....	13
II-4-Pathologie .....	15
II-5-Symptômes .....	15
II-5-1-Symptômes externes .....	15

II-5-2-Symptômes internes .....	17
II-6-Epidémiologie .....	17
II-7-Moyennes de lutte .....	18
II-7-1-Lutte culturale .....	19
II-7-2-Lutte génétique.....	19
II-7-3-Lutte chimique.....	20
II-7-4-Lutte biologique.....	20
<b>Chapitre III: salinité</b>	
III-1- Introduction .....	23
III-2- Origine.....	23
III-3-Les soles salés .....	24
III-4-Repartions géographiques de la salinité .....	24
III-4-1 Dans le monde.....	24
III-4-2- En Algérie .....	25
III-5- Impact de la salinité sur les plantes .....	26
III-5-1-Effet de salinité sur la réduction générale de la croissance.....	26
III-5-2- Effet de salinité sur les feuilles .....	27
III-5-3-Effet de salinité sur la germination .....	27
III-5-4-Effet de salinité sur les racines.....	27
III-5-5-Effet de salinité sur le rendement agronomique .....	28
III-6- Tolérance des plantes au stress salin.....	28
III-7- Tolérance du palmier dattier aux stress salin.....	29
III-8- Effet de la salinité sur le développement des maladies fongiques.....	29
<b>PARTIE II : Partie expérimentale</b>	
<b>Chapitre I : Matériel et Méthodes</b>	
I-1- Matériels .....	33
I-1-1-Matériel fongique.....	33
I-1-2-Milieu de culture.....	33
I-1-3-Concentration salines en NaCl.....	33
I- 2-Méthodes.....	34
I- 2-1-Effet de la salinité du milieu sur la croissance mycélienne.....	34
I- 2-2-Effet de la salinité du milieu sur sporulation .....	35
I-2-3-Analyses statistiques .....	35

## Liste des figures

<b>Figures</b>	<b>Titre</b>	<b>Pages</b>
<b>Figure 1</b>	Caractéristiques microscopiques de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Albedinis</i>	14
<b>Figure 2</b>	Cycle biologique du Foa, agent causal du bayoud	16
<b>Figure 3</b>	Symptomatologie de la fusariose du palmier dattier	18
<b>Figure 4</b>	Type de sol en Algérie (FAO, 2005)	30
<b>Figure 5</b>	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>albedinis</i> (2019)	37
<b>Figure 6</b>	Schéma de la méthode de mesure le diamètre dans les deux axes perpendiculaires	39
<b>Figure 7</b>	Effets de la salinité sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp <i>albedinis</i> après 2 jours d'incubation	41
<b>Figure 8</b>	Effets de la salinité sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp <i>albedinis</i> après 4 jours d'incubation	42
<b>Figure 9</b>	Effets de la salinité sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp <i>albedinis</i> après 8 jours d'incubation	43
<b>Figure 10</b>	Effets de la salinité sur la sporulation de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>albedinis</i> .	43

**Liste des tableaux**

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau 1</b>	Classification botanique du palmier dattier	6
<b>Tableau 2</b>	La répartition de production par wilaya	8
<b>Tableau 3</b>	Le potentiel et la production par variété	8
<b>Tableau 4</b>	Répartition des sols salés dans le monde	29
<b>Tableau 5</b>	Composition de la solution saline	39

## Liste des abréviations

**CRSTRA** : centre de Recherche Scientifique et Techniques sur les Régions Aride

**µm**: micromètre

**ds/m** : Décisiemens par mètre

**FAO** : Food and Agricultural Organization.

**Foa**: *Fusarium oxysporum* forme spéciale *albedinis*

**meq** : milliéquivalent

**mmhos /cm** : millimhos par centimètre

**mM** : milli mol

**MPa** : miga pascal

**NaCl** : chlorure de sodium

**OEPP** : Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des végétaux.

**P** : probabilité

**PDA**: Potato Dextrose Agar (milieu de culture a base de Pomme de terre)

**pH**: Potentiel d'hydrogène

**ppm** : parti par million

## Introduction générale

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) compte parmi la principale culture saharienne, elle présente la première place dans la production agricole après les cultures maraichères. Cette espèce fruitière occupe en Algérie une superficie évaluée à 167.000 hectares pour un nombre de palmiers estimé à plus de 18,6 millions pieds et une production de dattes, toutes variétés confondues, de près de 990.000 tonnes (**MADR, 2009**). La première place de production est occupée par Biskra avec plus 23 % du patrimoine national, suivie par la wilaya d'Adrar de près de 21% et la wilaya d'El Oued avec plus de 20% (**Benziouche, 2012**).

Cette culture a connu depuis quelques années un problème phytosanitaire majeur liées à des changements dans l'environnement comme la température, la sécheresse, la salinisation et au développement des maladies, telles que celles causées par *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, conduisant non seulement à une diminution de rendement, mais aussi à d'importantes altérations qualitative du produit.

La salinité est considérée comme un facteur majeur influe l'agriculture. Elle constitue l'un des facteurs abiotiques les plus répandus au niveau de la planète et qui limite fortement les rendements agricoles, notamment dans les régions arides et de semi arides (**Khales et Baaziz, 2006**). En effet, elle semble avoir une action néfaste qui peut augmenter les symptômes des maladies par un effet direct sur la plante ou sur le pathogène principalement du genre *Verticillium*, **Regragui (2005)**, **Besri & Afaïlal (1993)**; **fusariose, Standaert (1975)**.

Dans ce cas de figure, l'étude de la réaction des cultures s'avère très complexe étant que non seulement la plante est affectée par la salinité des sols et des eaux d'irrigation mais aussi par l'agressivité des agents pathogènes d'origine fongique elle-même stimuler par la salinité.

*Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* est le principal agent de flétrissement qui est responsable d'importante perte de rendement. Néanmoins, le comportement de cet agent pathogène est conditionné par certains facteurs environnementaux tels que l'humidité relative, la température, le rayonnement et la pollution atmosphérique (**Standaer, 1975**).

Certains travaux montrent que la salinité constitue un facteur environnemental qui augmente la sensibilité des plantes aux maladies fongiques principalement la pourriture grise (**Boumaaza et al, 2015**). **Ayres (1984)** rapporte que les stress abiotiques comme la

sécheresse, la pollution, la chaleur ou la salinité peuvent augmenter les symptômes des maladies par un effet direct sur la plante ou sur le pathogène.

A la lumière de ces données, il apparaît donc nécessaire d'examiner l'impact de la salinité sur le développement de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. Pour cela, nous abordons dans l'essai suivant, l'étude *in vitro* de l'effet de la salinité sur le développement de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* en vue d'une meilleure compréhension du comportement du champignon dans des sols salés.

Dans le cadre de cette étude, ce mémoire est composé de deux parties. La première partie propose une mise au point bibliographique. Elle est divisée en trois chapitres ; la plante l'hôte, l'agent causal de Bayoud et une meilleure connaissance de l'effet de la salinité sur les végétaux. Dans la seconde partie (pratique), nous avons décrit en détail les résultats obtenus. Ces résultats sont ensuite amplement discutés. Le manuscrit est achevé par une conclusion générale, les annexes et la liste des références bibliographiques.

**PARTIE**

**BIBLIOGRAPHIE**



## I-1 Introduction

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) est une plante pérenne monocotylédone et dioïque de la famille des Arécacées, était primitivement cultivé dans les zones arides et semis arides chaudes. Cet arbre est d'une importance capitale dans la vie économique et sociale des populations sahariennes. On le trouve en association avec d'autres palmiers d'espèces voisines dans toutes les localités privilégiées à hiver doux des rivages méditerranéens, ou sa présence communique au paysage une note de chaleur et d'exotisme.

En effet, le recouvrement assuré par la frondaison du palmier dattier permet la création d'un milieu indispensable à la pratique d'autres cultures sous-jacentes (arboricoles, céréalières, maraîchères,...), garantissant ainsi une certaine autonomie économique du milieu oasien. Il s'agit d'une création de microclimat favorable à la vie des hommes. L'association un certain nombre de cultures et de l'élevage autorise non seulement des productions d'autoconsommation et d'auto-provisionnement mais également de rente (**Ouinten, 1996**).

## I-2-Historique de palmier dattier

C'est Linné, en 1734, qui a donné le nom de *Phoenix dactylifera* et a fait la description morphologique complète de cette espèce. Par ailleurs, plusieurs auteurs (**Ferry, 1994 ; Peyron, 2000 ; Zaid et al, 2002**) ont décrit la signification de *Phoenix dactylifera* ; dans la l'étymologie, du mot "Phœnix" dérive de nom de Dattier chez les Grecs, qui considéraient comme l'arbre des phéniciens et "dactylifera" vient de latin "dactylus" dérivant du grec dactylis, signifiant doigt, en raison de la forme du fruit. Les études menées par **Aoudah-Ibrahim (2011)**, ont montré que "dactylis" ou "Datte" dérivé du mot "Daguel" ou "Dachel" origine hébraïque, signifiants doigts. Il est cultivé depuis l'antiquité, mais jusqu'à présent, aucun vestige de Phoenix n'a été trouvé dans les zones actuelles du Palmier Dattier

## I-3-Classification botanique du palmier dattier

Le palmier dattier est un arbre de la famille des Phoenix est l'un des genres de cette famille, comprenant une douzaine d'espèces (**Chevalier, 1952**), dont principalement le palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) La classification du palmier dattier donnée par **Djerbi (1994)**, est la suivante :

**Tableau 01** : Classification botanique du palmier dattier

<b>Groupe</b>	<b>Spadiciflora</b>
<b>Ordre</b>	Palmea
<b>Famille</b>	Palmaceae
<b>Sous-famille</b>	Coryphoideae
<b>Tribu</b>	Phoeniceae
<b>Genre</b>	<i>Phoenix</i>
<b>Espèce</b>	<i>Phoenix dactylifera L.</i>

#### I-4-Le cycle biologique de palmier dattier

Le palmier dattier ou le genre phœnix, est unique dans sa morphologie et dans son développement, puisque cinq phases sont possibles à distinguer durant la croissance d'un palmier dattier. Ces dernières sont séparées sur la base de critères morphologique, alors qu'elles ne sont en réalité que des périodes physiologiques:

##### Stade 1 : la graine

Elle possède un albumen (endosperme) dur et cône, dont l'embryon est toujours très petit par rapport à l'albumen (2 à 3 cm).

##### Stade 2 : phase germinative

A ce stade, la plantule ou la germination vis sur les réserves de l'albumen. La première feuille est linéaire et lancéolée, cette forme est l'une des caractéristiques du genre phœnix.

##### Stade 3 : construction de la plantule

Cette phase « post germinative » est le plus importante dans le cycle d'un palmier dattier, car elle aboutit à la formation de l'axe primaire. La plante devient autotrophe de son système vasculaire commence à se construire. On peut l'appeler aussi « Phase d'établissement » puisqu'une série de feuilles à limbe para-penné puis penné s'insèrent d'une manière spiralée

##### Stade 4 : phase adulte végétative

Durant cette phase qui peut durer 3 à 8 ans. Le palmier dattier construit son tronc, produit des feuilles et accumule des réserves. Le tronc couvert par les bases pétiolaires des

feuilles anciennes mort/ou coupées, peut atteindre 20 à 30 m de haut et environ 1 m de diamètre.

### **Stade 5 : phase adulte reproductive**

Entre le 5<sup>ème</sup> et le 8<sup>ème</sup> année voir le même la 20<sup>ème</sup> le palmier dattier commence à produire des inflorescences, ce n'est qu'à ce stade qu'on peut reconnaître le sexe, qu'il soit un palmier mâle ou femelle (**Riedacker 1990, bounaga 1991**).

## **I-5-La production nationale et mondiale de palmier dattier**

### **I-5-1-La production mondiale**

41% des dattes produites en 2005 dans le Monde (2 074 000 tonnes) venaient du bassin méditerranéen, dont une part conséquente en Egypte, premier pays producteur avec 23%. L'Algérie, avec 10% de la production, est au 4<sup>ème</sup> rang mondial, devancée par l'Iran (20%) et l'Arabie Saoudite (19%).

### **I-5-2-La production nationale**

Selon les statistiques les plus récentes (2015) du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, le palmier dattier occupe en Algérie une superficie évaluée à 167.000 hectares pour un nombre de palmiers estimé à plus de 18,6 millions d'unités et une production de dattes, toutes variétés confondues, de près de 990.000 tonnes.

Les régions phoenicicoles se situent généralement au sud de l'atlas saharien et couvrent 17 wilayas (en réalité 16 wilayas car la wilaya de M'Sila a perdu son potentiel phoenicicole).

La wilaya de Biskra et la première région phoenicicole avec 27,4 % de la superficie totale, 23,1 % du nombre total de palmiers dattiers et 41,2 % de la production nationale de dattes. Elle est suivie par la wilaya d'El Oued avec respectivement 22 %, 22,4 % et 25%. Ces deux wilayas totalisent à elles seules plus des deux tiers (2/3) de la production nationale de dattes

**La répartition par wilaya se présente comme suit****Tableau.02:** La répartition de production par wilaya

Wilaya	Production	Surface	Nombre de pieds
Biskra	4.077.900	42.910	4.315.100
El oued	2.474.000	36.680	3.788.500
Ouargla	1.296.300	21.980	2.576.600
Adrar	910.300	28.330	3.799.000
Ghardaïa	565.000	10.850	1.246.500
Béchar	300.500	14.120	1.639.800
Tamanrasset	109.400	7.000	688.900
Khenchela	68.200	770	124.400
Tébessa	20.500	820	61.800
Laghouat	16.200	320	37.300
Illizi	15.600	1.250	129.100
Batna	14.000	190	28.700
El Bayadh	10.300	640	63.900
Naama	10.200	510	50.600
Tindouf	8.400	430	45.200
Djelfa	6.800	100	10.100
Total	9.903.600	166.900	166.900

Les variétés de dattes sont nombreuses (plus de 300) mais seules quelques-unes ont une importance commerciale. Les principales variétés de dattes produites en Algérie sont les suivantes :

**Le potentiel et la production par variété se présentent comme suit****Tableau.03:** Le potentiel et la production par variété

Variété	Nombre de pieds	Production (Quintaux)
<b>Deglet noir</b>	7.194.700	5.249.500
<b>Ghers et analogue</b>	4.192.000	1.928.500
<b>Degla Beida et analogue</b>	7.218.400	2.725.700

En termes d'exportation, les tonnages exportés sont en croissance continue, passant de près de 21.000 Tonnes en 2013 à plus de 28.000 Tonnes en 2015. La France reste le premier client de l'Algérie avec près de 13.400 tonnes (2015), suivie par la Fédération de

Russie avec 3.300 tonnes, les Emirats Arabes Unis avec 1.600 tonnes, Canada avec 1.200 tonnes, l'Inde avec 1.100 Tonnes, les USA avec 1.000 tonnes.

L'Algérie produit environ 14% de la production mondiale de dattes et elle exporte moins de 3% de sa production alors que la moyenne mondiale se situe à près de 12%. Au plan mondial et selon les statistiques de la FAO (2013), l'Algérie se classe en 4<sup>ème</sup> position en terme de production de dattes, derrière l'Egypte, l'Iran et l'Arabie Saoudite

### **I-6-Contraintes de la production de palmier dattier**

La culture du palmier dattier est confrontée à plusieurs contraintes abiotiques (sécheresse, stress salin) qui sont principalement dues au fait qu'il se développe sous des conditions désertiques hostiles. De plus, il est aussi confronté à plusieurs contraintes biotiques correspondant aux ravageurs du dattier. Les ravageurs du dattier s'attaquent à la plante elle-même et aux dattes sur pied, ou même entreposées. Certains ravageurs engendrent souvent des pertes économiques importantes sur la production de dattes. Parmi ces déprédateurs, on peut citer:

#### **I-6-1- La Cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi Targ*)**

La cochenille du palmier dattier, *Parlatoria blanchardi TARG* est un insecte qui se rattache à la famille des Diaspididae. Cet insecte est signalé dans l'ensemble des pays producteurs de dattes. Cette espèce est un ravageur qui colonise toutes les parties du palmier, il s'installe sur les folioles, le rachis, la hampe florale et même sur les fruits (**Saighi et al, 2015**). Elle attaque essentiellement les Palmaceae et plus particulièrement les palmiers dattiers. L'insecte se nourrit de la sève de la plante et injecte une toxine qui altère le métabolisme. D'après **Moulay Hassan (2003)**, l'insecte se caractérise par un encroûtement qui perturbe l'assimilation chlorophyllienne du feuillage provoquant une dépréciation qualitative et quantitative de la production

#### **I-6-2- Le Ver de dattes (*Ectomyelois ceratoniae Zeller*)**

*Ectomyelois ceratoniae* est un ravageur polyphage; peut ingérer des fruits aussi variés que la datte. Cette polyphagie a favorisé davantage son extension géographique en lui donnant l'aspect de cosmopolitisme (**Doumandji, 1981**). En Algérie, deux zones de multiplication d'*Ectomyelois ceratoniae* ont été signalées. La première, s'étend sur toute la bande littorale; soit 1000 km de long sur 40 à 80 km de large. La seconde englobe l'ensemble des oasis du Sud Algérien (Oued Righ et les Zibans) (**Doumandji, 1981**). Les dégâts les plus importants s'observent sur l'oranger (*Citrus sinensis*), le palmier dattier

(*Phoenix dactylifera*), l'amandier (*Prunus amygdalus*), le figuier (*Ficus carica*), le grenadier (*Punica granatum*), le caroubier (*Ceratoniae siliqua*), le néflier du japon (*Eriobotrya japonica*) et le tamarinier (*Tamarindus indica*) (**Doumandji, 1981**).

### **I-6-3-Le Boufaroua (*Oligonychus afrasiaticus*)**

L'acarien du palmier dattier (*Oligonychus afrasiaticus*), communément appelé Boufaroua est l'un des principaux ravageurs du palmier dattier qui peut causer des dégâts considérables allant jusqu'à l'anéantissement total de la récolte. Le Boufaoua hiverne à différents stades sur le palmier dattier lui-même ou sur certaines plantes hôtes notamment les mauvaises herbes et les cultures cucurbitacées et solanacées. On peut le rencontrer presque dans tous les pays à phœniciculture, de l'Iran (Est) jusqu'aux Etats-Unis (Ouest), en passant par l'Arabie et l'Afrique du nord (**Qinaoui, 2005**). Les dégâts causés par cet acarien peuvent être très importants, du point de vue économique, et peuvent atteindre des taux élevés. Les fruits sont impropres à la commercialisation et sont même parfois refusés (**Guessoum, 1986**). Les dégâts peuvent être dévastateurs de la production jusqu'à 70% et passer même à 100% de la production (**GDD, 2002**).

**I-6-4-La pourriture de l'inflorescence:** est connue dans presque toutes les zones de cultures du palmier. C'est une maladie grave qui sévit dans les régions de phœniciculture les plus humides ou pendant les années très humides. Dans ce cas, elle peut prendre des allures épidémiques. Elle est causée par un champignon imparfait *Mauginiella scaetae*. Le champignon se conserve à de mycélium latent et une maladie externe qui ne nécessite pas de blessure préalable.

**I-6-5-La pourriture du cœur:** ou le **dessèchement noir des palmes**. Elle a été observée dans différentes régions du Maghreb, en Mauritanie, en Egypte, en Arabie Saoudite, en Irak, aux Emirats et à Bahrein ainsi aux Etat Unis. L'agent causal est la forme imparfaite *Thielaviopsis paradoxa*, le champignon peut envahir aussi bien les parties aériennes que les racines du dattier causant: le dessèchement noir des feuilles; la pourriture des inflorescences; la pourriture du cœur et du stipe ; la pourriture du bourgeon terminal.

**I-6-6-La pourriture de bourgeon ou Balâat:** Ce terme signifie «étouffement», elle est due à *Phytophthora* sp., c'est une maladie peu fréquente, elle est signalée en Algérie pour la première fois par **Maireet Malençon (1933)**. La maladie se caractérise par un blanchissement des palmes du cœur et par une pourriture humide à progression rapide. Elle est généralement mortelle.

**I-6-7-Le *Fusarium oxysporum fsp. Albedinis*** (F.o.a) est l'un des agents pathogène les plus redoutables pour l'agression du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*). La maladie constitue une vraie menace pour les palmeraies. C'est une maladie vasculaire dont les formes végétatives du pathogène induisent un flétrissement généralisé.

## **CHAPITRE II**

***FUSARIUM OXYSPORUM F.SP. ALBEDINIS***

***AGENT RESPONSABLE DE FUSARIOSE DE***

***PALMIER DATTIER***

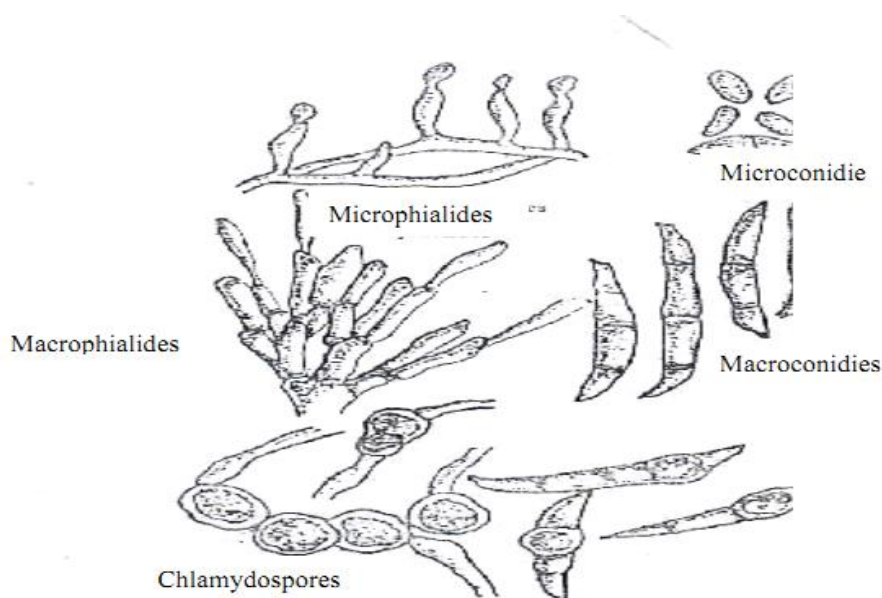
***« BAYOUD »***



**II-1-Généralités sur le *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis***

Les *Fusarium* sont parmi les champignons telluriques les plus agressifs, causant des flétrissements et des pourritures sur de nombreuses espèces végétales cultivées. Ces parasites, provoquent des trachéomycoses. Ils s'installent en effet dans les vaisseaux du bois des plantes, lesquelles réagissent par des gommages et des bouchons qui bouchent ces vaisseaux et provoquent des jaunissements, des dépérissements et des nécroses vasculaires. La progression de la maladie entraîne la mort des plantes.

La maladie du Bayoud provoquée par *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa), constitue la principale maladie qui affecte le palmier dattier. Le champignon (Foa), appartenant au phylum des Deutéromycètes (champignon imparfait). Cette forme imparfaite est caractérisée par un mycélium septé (**Lepoivre, 2003**). La reproduction du Foa se fait par voie asexuée qui se réalise par des microphialides et des macrophialides qui produisent respectivement des microconidies et des macroconidies (Figure 1). Les microconidies sont sphériques à allongées, légèrement incurvées, généralement unicellulaires, hyalines, 3-15 x 3-5 µm; ils sont produits par des microphialides, gonflés à la base et pointus à la pointe. Les macrophialides, forment des macroconidies qui sont falciformes, peu nombreuses, présentant 3 à 5 cloisons et mesurant 20-35 x 3-5 µm (**Seifert, 2001; Sedra, 2006**). Les chlamydospores sont intercalaires ou terminales, sphériques, isolées ou groupées par deux ou trois. Les sclérotas sont rares en culture, bleu foncé à noir, de 1 à 2 mm de diamètre, répartis sur le mycélium ou en groupes (**Brayford, 1992**). *F. oxysporum* f.sp. *albedinis* peut se disséminer par des rejets, terre ou porteurs sains contaminés provenant de zones infectées, par du tissu de dattier infecté, et par l'eau d'irrigation. L'étendue de cette dispersion dépend des pratiques culturales et des conditions climatiques. L'hôte principal est le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L), cependant le Foa attaque également le palmier canarien (*Phoenix canariensis*). *F. oxysporum* f. sp. *albedinis* est signalé sur d'autres plantes cultivées dans les palmeraies: *Lawsonia inermis*, une plante tinctoriale; luzerne et *Trifolium* sp. Ces plantes sont porteuses du pathogène sans manifester de symptômes et sont largement cultivées en Afrique du Nord et au Proche-Orient (**Djerbi et al, 1986a**).



**Figure 01 :** Caractéristiques microscopiques de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Albedinis* (Djerbi 1988).

## II-2-Position systématique

La classification traditionnelle des *Fusarium* basée sur les critères phénotypiques a été supplantée par le développement des méthodes génotypiques. La classification phylogénétique basée sur des critères a permis une révision et une modification de la classification des champignons. La nouvelle classification taxonomique de *Fusarium* basée sur la phylogénie moléculaire selon (Debourgogne, 2013) est la suivante :

Règne.....Fungi  
 Division.....Ascomycota  
 Classe.....Ordariomycetes  
 Sous-classe..... Hypocreomycetidae  
 Ordre.....Hypocreales  
 Famille.....Nectriaceae  
 Genre.....*Fusarium*

## II-3-Biologie de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*

Ce champignon est très inégalement réparti dans le sol, on le trouve entre 0 et 30 cm de la surface du sol, mais parfois jusqu'à 1 m (Tantaoui, 1989). *F. oxysporum* f.sp. *albedinis* persiste pendant l'hiver sous forme de spores résistantes (Chlamydospores) dans les tissus de palmiers malades (racines, rachis, etc.). Les chlamydospores sont peu nombreuses et peuvent demeurer dans le sol pendant plusieurs années en l'absence et en présence de son hôte, même si les palmiers sont morts depuis. Il peut aussi survivre dans les porteurs sains

tels que le henné, la luzerne ou le trèfle (Djerbi, 1983 ; IMI, 1994). Ces chlamydoespores, s'adhèrent en contact de l'hôte au niveau des racines de la plante et germent à l'extérieur, une partie du mycélium pénètre à l'intérieur des racines et se ramifie au niveau des cellules épidermiques. Ce pathogène a la capacité de franchir les barrières rigides de la plante hôte grâce aux enzymes hydrolytiques qu'il possède (Beckman et Roberts, 1995). Dans les vaisseaux, le mycélium produit des microconidies qui sont transportées vers le haut par la sève. Les tissus des vaisseaux conducteurs apparaissent d'une couleur brune suite d'une coupe longitudinale au niveau de la tige d'une plante atteinte, au moment où, des tissus bruns foncés contenant souvent des fragments mycéliens apparaissent lors d'une coupe transversale. L'arbre meurt lorsque le champignon atteint avec ses toxines le bourgeon terminal. Durant sa progression dans le xylème, *F. oxysporum* f.sp. *albedinis* colonise le parenchyme cortical en lui donnant une couleur rouge-brune caractéristique des arbres malades. Après la mort de l'arbre, le Foa persiste sous forme de chlamydoespores dans les tissus de certains organes (racines, rachis, etc), (Louvet, 1977).

En général, les conditions climatiques favorisent le développement de la maladie. Les conditions thermiques de culture du Foa se situent entre 21°C et 27°C, mais s'arrête à 7°C et à 37°C (Bounaga, 1975).

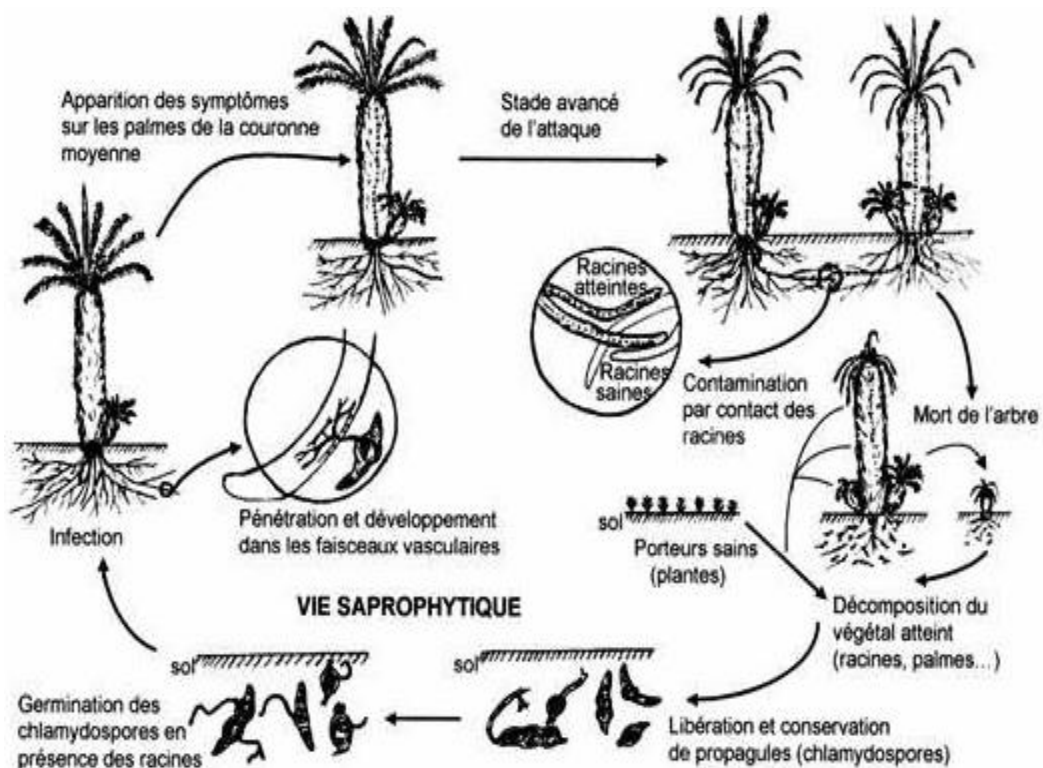


Figure 2: Cycle biologique du Foa, agent causal du bayoud (SEDRA, 1993)

#### II-4-La pathologie

L'infection des structures végétales peut se faire de différentes façons. Les tubes de germination des conidies peuvent passer à travers la barrière cuticulaire par action enzymatique, par les stomates (ouverture microscopique dans l'épiderme d'une feuille,

éventuellement d'une tige, assurant les échanges gazeux entre la plante et l'atmosphère) ou par les blessures provoquées par des piqûres d'insectes.

Les mécanismes d'action de l'agent pathogène n'est pas très bien élucidé, comme pour toutes les fusarioses vasculaires, la mort de la plante résulte probablement de l'intervention combinée des armes chimiques déployées par le parasite, enzymes hydrolytiques de type pectinolytiques et cellulolytiques (**Amraoui, 1993**) ou de types polygalacturonases, pectinéméthyl-estérases, polygalacturonate trans-éliminases, cellulases et protéases (**El Modafar et El Boustani, 2000**) qui dégradent les parois cellulaires de l'hôte, et des réactions de défense de la plante (**Fernandez et al, 1995**). Au cours de sa progression, *F.o.albedinis* s'échappe du xylème et colonise le parenchyme environnant par un mycélium inter et intracellulaire, c'est ce qui donne plus tard la coloration brun rougeâtre caractéristique des arbres malades.

Ce pathogène produit également plusieurs phytotoxines peptidiques en plus de l'acide fusarique et succinique (**El Fakhouri et al, 1996; Mokhlisse-Dunad, 1987**).

## II-5-Symptômes

### II -5-1-Symptômes externes

Les premiers symptômes externes de la maladie du Bayoud font leur apparition sur une ou plusieurs feuilles de la couronne moyenne (**Djerbi, 2003**). Les premières feuilles affectées prennent une coloration gris cendré ensuite les nervures situées d'un côté de la feuille commencent à blanchir d'où le nom arabe de « Bayoud » et la maladie progresse de la base vers l'apex. Cette maladie vasculaire provoque le flétrissement, ce dernier symptôme correspond au passage du mycélium dans les vaisseaux du rachis. Un dessèchement se poursuit de l'autre côté, s'accompagne d'une strie brune longitudinale sur le rachis de la palme atteinte en progressant cette fois de haut en bas en sens inverse (**SEDRA, 2003**). Ensuite, la palme va prendre une forme arquée, similaire à une plume mouillée, et pend le long du tronc. Ce processus peut durer de quelques jours à plusieurs semaines (**Bounaga et Djerbi, 1990; OEPP, 2003; OEPP, 2005**) (Figure 2). La maladie progresse vers les palmes du centre pour atteindre le cœur de l'arbre, les mêmes symptômes peuvent ensuite apparaître sur les feuilles adjacentes ou opposées. L'arbre meurt quand le mycélium atteint le bourgeon terminal. Finalement, les rejets à la base de l'arbre sont attaqués (**Bounaga et Djerbi, 1990**). Le pouvoir pathogène de *F.o.albedinis*



dépend essentiellement des conditions culturales, climatiques et du cultivar (**Fernandez et al. 1995**).



**Figure 3** : Symptomatologie de la fusariose du palmier dattier. **A** : Palmes montrant un dessèchement unilatérale (à gauche) et totale (à droite). **B** : Palme montrant sur le rachis une strie longitudinale brunâtre. **C** : Coupe longitudinale au niveau du rachis montrant une coloration brune correspondant au passage du mycélium dans les vaisseaux du rachis (flèche). **D** : Dessèchement des palmes de la couronne moyenne, les palmes du centre sont encore vertes. **E** : Dessèchement de toutes les palmes de la couronne y compris celle du centre ; remarquer l'aspect de plume mouillée de certaines palmes (flèche). (**Chihat et al., 2008**)

### II-5-2-Symptômes internes

L'examen des coupes transversales et longitudinales d'un palmier malade montrent une coloration brun-rougeâtre des tissus conducteurs (**Sedra, 2003; Djerbi,1990**). Les faisceaux vasculaires qui ont pris des taches larges et nombreuses vers la base du stipe

avec de coloration brun-rougeâtre, en plus du parenchyme et sclérenchyme environnants. Il y a une continuité des symptômes vasculaires qui existent depuis les racines jusqu'aux feuilles apicales du palmier. Les symptômes ne sont pas signalés sur pédoncules, fleurs ou fruits (**Djerbi, 1988; Fernandez et al, 1995; Djerbi, 2003; Sedra, 2003**).

## II-6-Epidémiologie

*F. oxysporum* f.sp. *albedinis* est le principal agent pathogène fongique du palmier dattier (**Azouaou-Ait Kettout et al, 2010**) en Afrique du Nord et en particulier au Maroc. Selon la base de données mondiale OEPP (dernière mise à jour le 12/9/2017), l'agent pathogène est actuellement présent en Algérie, au Maroc et en Mauritanie. En Algérie, plus de 3 millions de palmiers sont morts, en particulier à Tidikelt, Touat et M'Zab (**Dubost & Kada, 1974**). En Maroc, il a détruit plus des deux tiers des palmeraies de dattiers marocains (12 millions d'arbres) et provoque toujours la mort de 4,5 à 12% des palmiers-dattiers (**Djerbi, 1986**).

Les données indiquent que l'agent pathogène a détruit la moitié des plantations de palmiers dattiers en Algérie (plus de 3 millions d'arbres) (**Benzohra et al, 2015**). Au Maroc, la maladie continue de causer la mort de 4,5 à 12% des dattiers par an (**Djerbi, 1983**). De nombreux cultivars de haute qualité et à haut rendement se sont révélés très susceptibles, les plantes restantes dans de nombreuses régions touchées étant de qualité et de rendement médiocres (**Benzohra et al, 2017**).

Sur la base de données obtenue d'une palmeraie expérimentale contenant 125 palmiers de la variété sensible Bou Feggous à Zagora au Maroc (**Toutain, 1970**), la totalité de la plantation a été détruite par la maladie sur une période de 14 ans à un taux moyen de 6% par an. Il est confirmé que, dans les zones infestées, la propagation de la maladie d'une oasis à une autre est principalement liée aux itinéraires empruntés par les caravanes des nomades qui prennent des palmiers infectés ou qui en dérivent (**Benzohra et al, 2017**).

*F. oxysporum* f.sp. *albedinis* peut se disséminer par des rejets, terre ou porteurs sains contaminés provenant de zones infectées, par du tissu de dattier infecté, morceaux de rachis infectés en particulier, et par l'eau d'irrigation passant par des palmeraies infectées. Semences et fruits ne le disséminent pas. Dans une palmeraie, la maladie se dissémine par contact entre racines saines et malades. L'étendue de cette dispersion dépend des pratiques culturales (fertilisation, irrigation copieuse, etc.) et des conditions climatiques (température). En effet, l'efficacité contaminatrice d'un inoculum dépend de la variation de la température, de l'architecture du peuplement et de sa conduite (**Rapilly, 1991**) ; du pH

(Fernandes et al, 2017), (Vylkova, 2017) et de la nature du sol (Davet, 1996). Les travaux sur la propagation du Bayoud (Brochard et Dubost, 1970) ont montré que les meilleures conditions du Palmier Dattier, sont aussi les plus favorables au développement de la maladie (qui n'est donc pas une maladie de faiblesse).

Dès que les conditions sont favorables, des tissus malades permettent la libération des chlamydospores qui peuvent se conserver pendant plus de 10ans dans le sol et former par la suite de nouveaux micro-foyers. La contamination d'un palmier à un autre se fait soit par contact des racines d'un arbre malade avec celles d'un arbre sain, soit par les travaux du sol, soit par les eaux d'irrigation. La dispersion est assurée par l'homme (transport des rejets du palmier). Le vent a été également mis en cause dans la dispersion des propagules (Laville, 1977) mais l'incidence de ce facteur n'a pas été clairement démontrée, d'autant plus que les *F. oxysporum* sont considérés comme des champignons tellurique fortement saprophytes (Burgess, 1981). Selon Djerbi et al (1985) et Sedra (2003), les conditions favorables pour le développement du bayoud, sont particulièrement:

- Irrigation intense.
- Travail du sol et son aération.
- Les sols légers sont les plus favorables. Des études au Maroc ont montré que la maladie s'est manifestée dans 42.9% des sols limoneux, 54.3% dans les sols équilibrés et à 100% dans les sols sableux, contre seulement 8.6% dans les sols argileux sur un échantillon de 79 sols de différentes de palmeraies.
- Sols pauvres en matière organique.
- Sols réceptifs à potentiel infectieux mesurables élevé et culture intensive de plantes considérée comme porteurs sains « henné, luzerne».
- Mauvaise installation des arbres à l'échelle du verger.

## II -7- les moyens de lutte

Tenant compte de la gravité de cette maladie, les caractères épidémiques, infectieux et vasculaires du Bayoud, les orientations de lutte contre cette maladie Bayoud s'articule sur les approches complémentaires suivantes: l'arrêt ou du moins le ralentissement de la progression de la maladie, la sélection de cultivars et de clones résistants au Bayoud et de bonne qualité de dattes et la multiplication rapide du matériel sélectionné par la culture " *in vitro*" et sa diffusion (Djerbi, 1982; Saaidi, 1979). Cinq méthodes de lutte contre le Bayoud ont été adoptées sur le palmier dattier:

### II-7-1-La lutte culturale

*Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* est un organisme de quarantaine A2 de l'OEPP. L'Algérie et le Maroc ont mis en place des quarantaines internes sur toutes les oasis infestées pour empêcher le mouvement de rejets des zones infestées vers les zones saines (OEPP, 2005). Les méthodes culturales contre le Bayoud, consistent à échapper les conditions favorisant le développement de l'inoculum primaire. Les mesures prophylactiques restent une nécessité absolue pour préserver les palmeraies de l'Est algérien et celles de Tunisie (**Bounaga et Djerbi, 1990**).

La meilleure solution consiste à protéger les champs sains en empêchant leur contamination par la maladie. Les techniques culturales et notamment les plantations alternant les cultivars sensibles et résistants sont susceptibles de limiter la progression de la contamination mais elles ne permettent pas de l'éradiquer. La maladie est moins présente en conditions d'irrigation réduites, ainsi que dans les sols à pH alcalin, riches en calcium et potassium, pauvres en phosphore et magnésium et dont l'azote est sous forme nitrique plutôt qu'ammoniacal (**Waltz et Johnes, 1981**). Dans les parcelles contaminées, il faut éviter les cultures du henné et de la luzerne qui nécessitent une irrigation abondante favorable à la maladie, et qui sont des porteurs sains de l'agent pathogène, Foa (**Bulit et al, 1967**). Dans le cas de détection précoce d'un nouveau foyer de Bayoud, l'éradication est le moyen de lutte utilisé. En effet, après la délimitation du foyer, les arbres sont arrachés et incinérés sur place. La zone ainsi traitée est clôturée et reste interdite à la culture pendant une longue période.

### II-7-2-La lutte génétique

L'utilisation de variétés résistantes est la méthode principale de contrôle pour la plupart des maladies (**Brown, 1995**). La lutte génétique par l'utilisation des variétés résistantes du palmier reste la seule méthode efficace pour lutter contre la fusariose vasculaire (**Perreau 1957**). Ceci peut être réalisé par les plantes en croissance dans des conditions qui augmentent les mécanismes de résistance déjà opérationnels, ou en incorporant des facteurs de résistance génétiquement contrôlés par la multiplication et récemment par génie génétique (**Waller et Lenné, 2002**).

La lutte génétique se fait par la recherche de cultivars résistants provenant soit de prospections soit de croisements dirigés, soit de populations naturelles issues de graines. Un programme de lutte fut envisagé par utilisation de la résistance variétale



dans le but de la création de variétés résistantes et de qualité (**Djerbi, 1988**) selon deux moyens:

- Sélection de variétés résistantes parmi celles déjà existantes. Soit, de populations naturelles issues de graines : les ‘ ‘Khalts’ ’ (**Bounaga et Djerbi, 1990**).
- Croisement dirigé, entre variétés de qualité ou résistantes avec des males résistants ou de qualité (**Djerbi, 1991**).

Au Maroc, Il a été reporté récemment que la nouvelle lignée Najda est résistante au Bayoud et produit des dattes de bonnes qualité (**Dihazi et al., 2012**).

### **II-7-3-La lutte chimique**

Lorsqu'on se trouve confronté à une maladie vasculaire, on songe souvent à l'utilisation de produits cryptogamiques à action endothérapique ou systémique (**Roger, 1990**). Les maladies telluriques sont parmi les plus difficiles à contrôler, surtout celle causées par les formes spéciales de *Fusarium oxysporum*. La désinfection du sol est très couteuse et difficile, ainsi, la lutte chimique n'est envisageable qu'à la découverte du foyer primaire (point de départ d'une nouvelle infection dans une région saine). Dans ce cas, le traitement du sol peut être effectué par l'utilisation du bromure de méthyle (**Frederix et Den Brader, 1989**). Certains fongicides systémiques tels que le chloropicrine, le bromure de méthyle ainsi que le mélange chloropicrine / bromure de méthyle ont été testés sur le terrain (**Chikh Aissa, 1991**). Cependant, l'utilisation répétée de ces produits conduit souvent à l'apparition de nouvelles souches du pathogène (**Djerbi et al. 1986**).

### **II-7-4-La lutte biologique**

La lutte biologique a pour principe d'utiliser des micro-organismes antagonistes, champignons filamenteux, levures et bactéries, substances naturelles afin de réduire la densité de l'inoculum de l'agent pathogène ou d'altérer son activité pathogène. Des recherches sur la lutte biologique ont montré que certains micro-organismes de la flore isolés du sol de certaines palmeraies (Marocaines et Algériennes) sont doués d'activités antagonistes vis à vis de l'agent causal du Bayoud (**Maslohy, 1989**). Les *Pseudomonas*, principalement l'espèce *P. fluorescens*, sont connues depuis longtemps pour leur aptitude à réduire l'incidence des maladies tellurique (**Maslouhy, 1989**) ou *Bacillus* (**Chakroune et al. 2008**) ou des champignons du genre *Aspergillus* ou *Penicillium* (**Chakroune et al. 2008**).

D'autre part, la découverte des éliciteurs des produits naturels à base de plantes contribuera davantage au développement de nouvelles stratégies de contrôle du bayoud. Le produit Stifénia est une poudre élaborée à partir des graines de fenugrec (*Trigonella foenumgraecum* L.), Ce produit naturel a été testé pour la première fois chez le pathosystème palmier dattier-Foa.

Le traitement des plantes par l'acide jasmonique aussi se traduit par la mise en place de zones de nécrose localisées (réaction d'hypersensibilité) similaires à celles observées chez des plantes résistantes au Foa. Cette réaction est associée à la stimulation de nombreuses réactions de défense notamment l'accumulation du peroxyde d'hydrogène (Jaiti et al. 2004).

# **CHAPITRE-III**

## **SALINITÉ**

### III-1-Introduction

La salinité est la quantité globale des sels solubles contenus dans l'eau d'irrigation ou dans la solution du sol. Cette définition tient compte du fait que, les ions des sels solubles retiennent l'eau et sont à l'origine de la pression osmotique qui s'élève lorsque leur concentration augmente. (**Slama, 2004**). De l'ensemble des sols cultivés du monde, 23 % sont affectés par des problèmes de salinité (**Keren, 2000**). Les sols salins couvrent 397 millions d'hectares et les sols sodiques 434 millions d'hectares (**FAO, 2005**).

### III-2-L'origine de la salinité

La salinité des sols a des sources très variées. Elle provient naturellement par le biais de l'altération des roches mères contenant des minéraux nécessaires à la formation des sels solubles (minéraux sodiques, potassiques, magnésiens, de produits de l'hydrothermalisme riches en soufre et en chlore, ou de la dissolution des évaporites (**IRD, 2008**)). L'océan peut être une source principale de la salinité, notamment dans les zones côtières (**Kloppmann et al, 2011**) où le matériau de base est constitué de dépôts marins anciens. Les eaux salées des nappes phréatiques ou artésiennes peuvent aboutir à la salinité par remontée de la nappe (**BenHassine, 2005**). **L'IRD (2008)** a déclaré que la surface mondiale naturellement touchée par la salinité est de l'ordre de 930 millions d'hectares de terres, dont 351 millions présentent un caractère salin, et le reste présentant un caractère sodique.

La salinité peut être provoquée en conditions anthropiques par l'irrigation par des eaux salées. La salinisation anthropique est la conséquence de la mauvaise combinaison d'une forte évaporation et d'un apport inadapté d'eau d'irrigation chargée en sels dissous (**Boualla et al. 2012**). **Marlet (2004)** a révélé que plus de 50% des périmètres irrigués du monde sont affectés à des degrés divers par la salinisation. De plus, **l'IRD (2008)** a confirmé que 21% des terres irriguées souffrent d'engorgement, de salinisation et/ou d'alcalinisation qui réduisent leurs rendements agricoles. De même, 1 à 2% des surfaces irriguées sont perdues chaque année du fait de ces deux processus. A titre d'exemple et dans un contexte plus local, **Bradai et al. (2011)** ont montré que les eaux souterraines de la nappe de la plaine du Bas-Chélib ont une salinité élevée peu propice à l'irrigation indiquant des risques élevés de salinisation et de sodisation des sols. Ils ont montré également que l'évolution chimique de ces eaux sous l'effet d'une évaporation est susceptible de faire précipiter la calcite et la sépiolite et que l'addition continue d'eau

d'irrigation causera une accumulation de carbonates de sodium entraînant ainsi une sodisation probable des sols.

### III-3 Les sols salés

Sont ceux dont l'évolution est dominée par la présence de fortes quantités de sels solubles plus solubles que le gypse- ou par la richesse de leur complexe absorbant en ions provenant de ces sels et susceptibles de dégrader leurs caractéristiques et propriétés physiques, en particulier leur structure, qu'ils rendent diffuse. Ces deux caractères de ces sols modifient également et diminuent le développement de leur végétation et des cultures que l'on peut y faire. Certains des sols « salés » n'ont que l'un de ces caractères, d'autres présentent les deux à la fois (**Aubert, 1983**).

On parlera en général de sol salé lorsque la concentration en sels des solutions dépasse 0.5 g/l cette concentration est le plus souvent mesurée par la conductivité électrique (CE) de la solution du sol saturée exprimée en mmhos/cm ou actuellement en décisiemens en S/m (**Robert, 1996**).

Selon **Calvet (2003)** un sol est dit salé quand la conductivité électrique, est supérieure à 4 dS/m. Cependant la salinité d'un sol s'apprécie plus par le comportement des plantes de sorte que cette limite peut être très différente selon la sensibilité des espèces végétales. Le pH est indicateur de la réaction du sol, les sols salés présentent des pH basiques (>7) car les hydroxydes sont plus prépondérants que les hydrogènes.

### III-4 Répartition géographique de la salinité

#### III-4-1 Dans le monde

La dégradation des terres est la contrainte principale de la limitation des produits alimentaires dans le monde. Le facteur majeur qui contribue à cette dégradation est la salinisation des sols et des eaux en zones arides. Une grande proportion de la masse des terres dans le monde est saline. En effet sur une superficie totale de 14 billions d'hectares de terre utilisable, 46,5% est considérée comme aride (**Beldjoudi, 1999**). Les sols salés occupent une superficie de 950 millions d'hectares (**Zid et Grignon, 1991 ; Hasan, 1995**). Les terres salées et sodiques représentent 98,5 millions d'hectares en Afrique (**Lehouerou, 1992**) Tableau 4. Presque toutes ces superficies se trouvent en zone aride et semi-aride, il y a d'autre part 11,5 millions d'hectares irrigués en Afrique, pour la plus grande partie en zone aride (Egypte 2,6 ; Maroc 1,3 ; Afrique du sud 1,1 ; Soudan 1,9 million d'ha), environ 15000 hectares sont stérilisés annuellement par la salure secondaire

et la sodisation, résultant essentiellement d'un drainage défectueux, y compris par l'utilisation d'eau très peu salée comme celles du Niger, du Sénégal ou du Nil (moins de 0,1g /l)(Lehouerou ,1995).

**Tableau 4 : Répartition des sols salés dans le monde (Szablocs, 1994).**

<b>Sols affectés par les sels des différents continents et continents (10<sup>3</sup> hectares)</b>	
<b>Amérique du Nord</b>	15755
<b>Mexique et Amérique centrale</b>	1965
<b>Amérique du sud</b>	129163
<b>Afrique</b>	80608
<b>Asie du sud</b>	87608
<b>Asie du Nord et du centre</b>	211686
<b>Asie du Sud est</b>	19983
<b>Australie</b>	357330
<b>Europe</b>	50804
<b>Total</b>	954832

### III-4-2-En Algérie

La majorité du territoire algérien est représenté par des zones steppiques et saharienne, ce sont respectivement des zones semi-arides et arides (**Mahdif et Kameli,2004**). Leur superficie couvre près de 95% du territoire (**Benkhelif et al, 1999**). Les sols salés sont très répandus dans les régions arides, représentant environ 25% de la surface cartographiée (**Haltim, 1988**) soit 3,2 millions d'hectares (**Hamdy, 1999**). La carte des sols de l'Algérie révèle que dans les régions Est, particulièrement dans le constantinois, les sols salés sont bien représentés et montre aussi que les sols situés au Sud sont nettement plus sodiques que ceux du Nord (**Djili et Daoud, 1999**). Selon **FAO (2005)** Figure 4. On rencontre plusieurs types de sols salés en Algérie localisés surtout dans les étages bioclimatiques arides et semi- arides

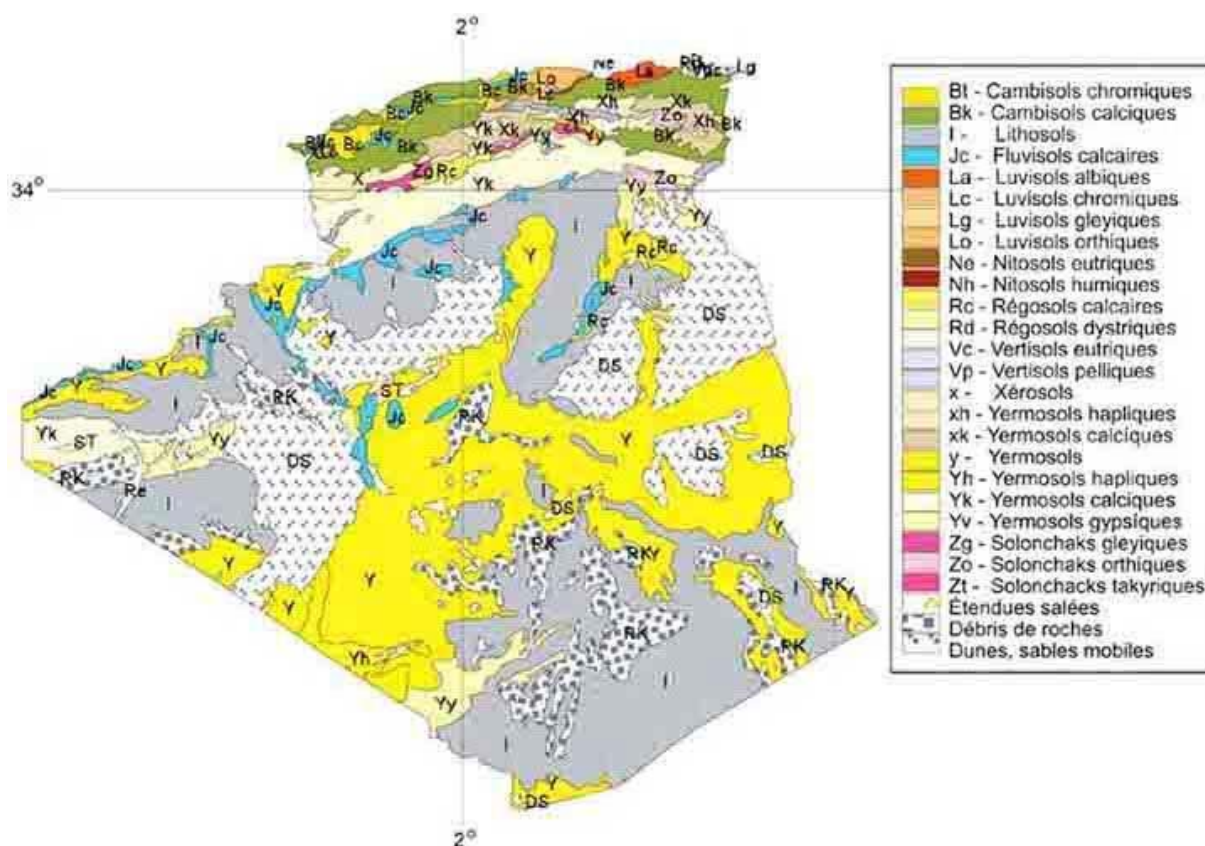


Figure 4 : Type de sol en Algérie (FAO, 2005)

### III-5 Impact de la salinité sur les plantes

Les fortes concentrations en sel altèrent la structure des sols; comme la diminution de la porosité, l'aération et la conductance hydrique des sols peuvent être affectées; des concentrations salines élevées génèrent de bas potentiel hydrique du sol, une forme de sécheresse physiologique créant une acquisition d'eau et de nutriments par les plantes, très difficile (Singh et Chatrath, 2001; Hopkins, 2003).

#### III-5-1 Effet de salinité sur la réduction générale de la croissance

La tolérance d'une culture à la salinité est une valeur relative basée sur les conditions de croissance de cette culture, la résistance au sel dépend de la complexité anatomique et physiologique de la plante (Zhu, 2001). Le NaCl peut augmenter la croissance et le développement des plantes, mais à un certain taux, le sel peut nuire et endommager la croissance et le développement des plantes à cause du changement du potentiel osmotique, s'équilibre ionique et de la toxicité ionique dans les cellules (Guerrier, 1983).

En présence des conditions salines, une diminution dans la croissance de l'appareil végétatif aérien et une stimulation du développement racinaire ont été observées. Des

irrigations avec une eau contenant 8 g/l de sel provoque une réduction de la biomasse aérienne (hauteur et surface foliaire) de certaines variétés de blé (M'barek *et al.*, 2001). L'accumulation de sel dans les tissus de plantes au-dessus de la normale va causer une certaine inhibition du rendement (Lauchli et Eptein, 1990; Higazy *et al.* 1995).

### III-5-2 Effets de salinité sur les feuilles

La salinité provoque de nombreux changements anatomiques de la feuille chez un certain nombre de plantes. Les feuilles de l'haricot, le coton et l'Atriplex discernent une augmentation de l'épaisseur épidermique, l'épaisseur mésophyllienne, la longueur de cellules palissadiques, les diamètres du palissade et des cellules spongieuses suite à l'augmentation de la salinité (Longstreth et Nobel, 1979). En revanche, l'épaisseur épidermique et mésophyllienne et les espaces intercellulaires ont diminué sensiblement dans les feuilles de *Brugueira parviflora* traitées par NaCl (Parida *et al.*, 2004).

### III-5-3 Effets de salinité sur la germination

La présence excessive des sels solubles peut causer une forte pression osmotique chez les plantes et l'inhibition de la germination des graines ainsi que le développement de la plante entière en réduisant sa capacité à retenir l'eau entraînant des conséquences sur le niveau de croissance et sur l'activité métabolique (Munns, 2002; Belkhodja et Bidai, 2001). Plusieurs études ont montré que le sel a un effet dépressif sur le taux de germination, sur la croissance biologique et sur la production des grains (M'barek *et al.*, 2001). Cependant, cet effet varie en fonction de l'intensité du stress et de la variété des plantes et cela; soit en diminuant la quantité d'eau et la vitesse de son absorption par la graine, soit par l'accroissement de la pression osmotique de l'eau d'imbibition qui est trop élevé pour permettre la germination (Katembe *et al.*, 1998), ou en augmentant la pénétration d'ions qui peuvent s'accumuler dans la graine à des doses qui deviennent toxiques (Debez *et al.*, 2001).

### III-5-4 Effets de salinité sur les racines

Les racines sont les premiers organes confrontés à l'augmentation du sel, il a été observé que des concentrations importantes de polypeptides appelés osmotine, s'accumulent dans les plantes au niveau des vacuoles de cellules de tabac soumises à des doses élevées de sel (Singh *et al.* 1987)



### III-5-5 Effet de la salinité sur le rendement agronomique

Les composantes du rendement tels que le nombre de talles par plante, les nombres d'épis, le nombre d'épillets par épi et le poids du grain, sont élaborés de façon séquentielle dans le temps. **Munns et Rawson (1999)** ont montré que tous les paramètres de rendement subissent une réduction sous l'action de la salinité et que, plus la salinité est élevée plus le rendement est réduit. La salinité diminue le rendement plus souvent en réduisant le nombre de pointes portant les épillets, le poids de l'épi et le poids de 1000graines (**Munns et Rawson, 1999**).

### III-6- Tolérance des plantes au stress salin

La caractérisation physiologique de la tolérance des végétaux à la salinité résulte de processus qui permettent au végétal d'absorber l'eau et les sels minéraux à partir de substrats à faible potentiels hydrique, mais aussi de vivre en acceptant la présence importante du sodium dans ses tissus ; les halophytes, qui accumulent le plus de sodium (**Ruse et Epstein, 1981**) se distingue ainsi par une forte capacité d'élaboration de composé organique, ce deux facteurs permettant le maintien d'une haute pression osmotique interne qui favorise les échanges d'eau entre les compartiments externe et cellulaire (**Guerrier, 1984**).

Toutes les plantes ne réagissent pas de même manière face au stress salin, suivant leur production de biomasse en présence de sel, quatre grandes tendances ont été discernées :

**Halophyte vraies :** dont la production de biomasse est stimulée par la présence de sel. Ces plantes (*Atriplex* sp., *Salicornia* sp., *Suaeda* sp., ...) Présentent des adaptations poussées et sont naturellement favorisées par la salinité de sol

**Halophytes facultatives :** présentent une légère augmentation de biomasse à des teneurs faibles en sels : *Plantago maritima*, *Aster tripolium*...

**Non halophytes résistants:** supportent de faibles concentrations en sels : *Hordeum* sp. ...

**Glycophytes ou halophobes:** sensibles à la présence de sels : *Phaseolus vulgaris*.....

### III-7- Tolérance du palmier dattier aux stress salin

Le palmier dattier a une grande tolérance à la salinité des eaux d'irrigation apportées par submersion (**Djerbi, 1994**). Sa résistance peut aller jusqu'à 18g /l (**Heller, 1969**). Le palmier dattier supporte des eaux présentant une certaine salure, mais il donne de meilleurs résultats économiques lorsqu'il est irrigué avec de l'eau douce. La salure de l'eau abaisse le rendement et diminue la qualité de la récolte (**Munier, 1973**). Cette salinité accentue les effets de la sécheresse, en limitant les prélèvements de l'eau par le palmier dattier. Ce dernier se développe normalement, lorsque la concentration de la solution en sels est inférieure à 10%. La tolérance du palmier dattier aux sels est donc forte (**Peyron, 2000**).

### III-8- Effet de la salinité sur le développement des maladies fongiques

La salinité semble avoir une action néfaste qui peut augmenter les symptômes des maladies par un effet direct sur la plante ou sur le pathogène. Certains travaux montrent que la salinité constitue un facteur environnemental qui augmente la sensibilité des tomates aux maladies fongiques principalement la fusariose (**Standaert et al, 1978**), la verticilliose (**Afailal 1987, Besri, 1990**) et la pourriture racinaire due à *Phytophthora parasitica* (**Swieckiet et Mac Donald, 1991**). La stimulation de la colonisation des plantes par l'agent pathogène en présence de NaCl a été rapportée par plusieurs auteurs notamment (**MacDonald 1984**) sur le couple *Phytophthora cryptogea*-Chrysanthemum, **Afailal (1987)** sur le couple *Verticillium*-tomate et ceux de **Benyahia (1998)** sur le couple *P. parasitica*-agrumes. Ces auteurs ont tous montré que l'augmentation de la salinité du milieu favorise la colonisation des plantes par l'agent pathogène. Une étude réalisée par **Regragui (2005)** met en évidence un déficit de croissance de la taille et du poids frais des parties aériennes de la tomate (variétés Marmande Claudia et VR) en réaction à l'infection par l'isolat P80 de *Verticillium*.

**Ayres (1984)**, rapporte que les stress abiotiques comme la sécheresse, la pollution, la chaleur et la salinité peuvent augmenter les symptômes des maladies par un effet direct sur la plante ou sur le pathogène. Ces affirmations concordent avec les travaux de **Nachmias et al , (1993)**, sur la verticilliose de la pomme de terre cultivée en zones semi arides à forte salinité.

L'étude in vitro d'une collection d'isolats de *B. cinerea* montre que l'augmentation de la salinité du milieu affecte la croissance mycélienne en fonction de la concentration saline. En effet, à de fortes concentrations en NaCl (300 meq.l-1), l'inhibition de la

croissance mycélienne demeure insuffisante à l'élimination de l'agent pathogène. (Boumaaza et al, 2015a). Parallèlement à la croissance mycélienne, l'effet de NaCl entraîne un nombre cinq fois plus important de spores qu'en conditions non salines. **Benyahya (1998)**, a montré que la croissance et la production de sporanges chez *Phytophthora citrophthora* et *Phytophthora parasitica* sont exacerbées par la présence de NaCl dans le sol et dans les eaux d'irrigation. Par ailleurs, l'augmentation de la salinité affecte la germination des conidies de Botrytis.

Par rapport aux données de la littérature citées ci-dessus, se pose la question de la relation de la salinité-Foa avec palmier dattier pour laquelle les travaux sont rares. C'est pourquoi, nous allons, dans ce travail, étudier l'influence de la salinité sur le développement de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* agent responsable de fusariose de palmier dattier« Bayoud ».

**PARTIE**  
**EXPÉRIMENTALE**

CHAPITRE -I  
MATÉRIELS ET  
MÉTHODES

## Matériel et méthodes

### I-1- Matériel

#### I.1.1. Matériel fongique

La souche de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* utilisé dans cette étude est une espèce fongique responsable du flétrissement de palmier dattier. Cette espèce fongique appartient à la collection de la mycothèque du Laboratoire de recherche « phytopathologie » du Centre de Recherche Scientifique et Techniques sur les Régions Aride (CRSTRA) Biskra. Elle est régulièrement entretenue par repiquage sur le milieu PDA (Potato Dextrose Agar). Cette souche a été conservée sous forme de suspension de spores concentrées ( $>10^9$  spores/ml) dans le glycérol.



**Figure 5:** *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* (photo personnel 2019)

#### I.1 .2. Milieu de culture utilisée

Au cours de notre expérimentation on a utilisé le milieu PDA.

Le choix d'un milieu de culture est basé sur son adéquation pour un bon développement du pathogène. La composition du milieu « PDA » (Potato Dextrose Agar) est la suivante :

- Pomme de terre.....200g
- Glucose.....20g
- Agar agar.....20g
- Eau distillé.....1000 ml

#### I.1.3. Les concentrations salines en NaCl

Les concentrations en sel suivantes ont été ajoutées au milieu de culture PDA: Il s'agit de 3, 6, 9, 12 et 15 g/l de NaCl. Tableau 5

**Tableau 5: Composition de la solution saline**

	<b>g/l</b>	3	6	9	12	15
NaCl	ppm	~50	~100	~150	~200	~250

## I- 2-Méthodes

### II-2-1-Effet de la salinité du milieu sur la croissance mycélienne

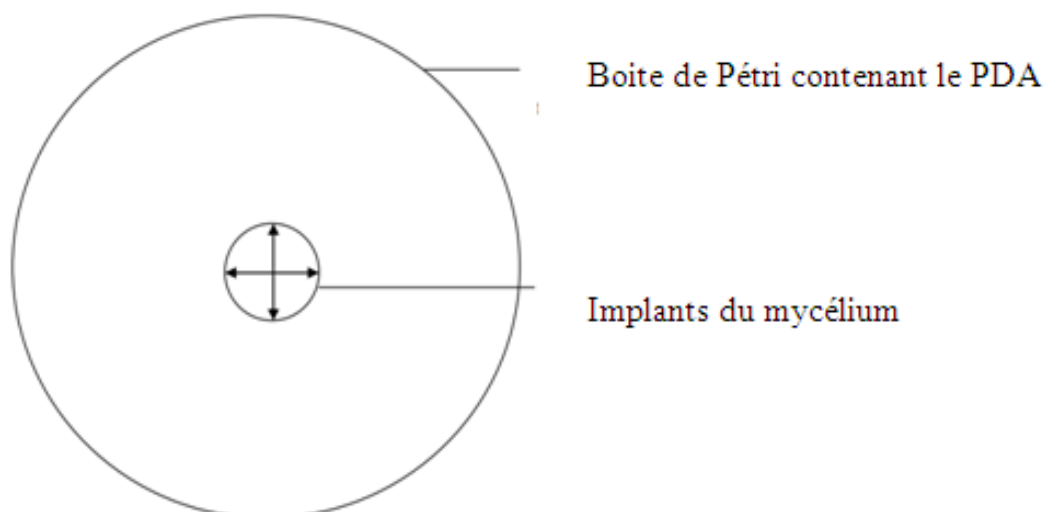
Un disque mycélien de 4 mm de diamètre, prélevés à partir de la zone de croissance active d'une culture d'une semaine, est placé au centre d'une boîte de Pétri contenant le milieu PDA enrichi de chlorure de sodium à différents concentrations salines Tableau 5. L'incubation se fait à l'obscurité à 25C. Chaque essai est répété cinq fois. Les cultures sont examinées régulièrement, tous les jours. La croissance mycélienne a été estimée par la mesure du diamètre de chaque culture. La mesure est prise sur deux axes perpendiculaires qui se coupent au milieu de disque mycélien Figure 6. Le diamètre final consiste en la moyenne des deux lectures sur l'axe horizontal et l'axe vertical. Pour cette méthode, le taux d'inhibition (I%), consiste à mesurer les diamètres de champignon après le temps d'incubation requis puis résoudre l'équation:

$$I'(\%) = 100 \times (dC - dE) / dC$$

I' (%) = Taux d'inhibition exprimé en pourcentage

dC = Diamètre de colonies dans les boîtes « témoins positifs »

dE = Diamètre de colonies dans les boîtes contenant le sel ( NaCl)



**Figure 6 :** schéma de la méthode de mesure le diamètre dans les deux axes perpendiculaires.

### II-2-2 Effet de la salinité du milieu sur la sporulation

Effet de la salinité du milieu sur la sporulation a été étudié sur des colonies fongiques âgées de 15 jours exposées à différentes concentrations salines. Les spores ont été récoltées à partir d'une culture âgée d'environ 2 semaines dans des boîtes de Pétri incubées à 25°C. Des plaques de culture ont été agitées au vortex dans un tube contenant 30 ml d'eau distillée stérile et 0,05 ml de Tween 80 pendant 5 minutes afin de détacher les spores. Puis la suspension enrichie en spores est filtrée à travers d'un filtre pour éliminer les débris de mycélium. Le comptage du nombre total de spores a été effectué à l'aide d'une cellule de Thoma, à raison de cinq comptages par suspension et par concentration. Les moyennes de ces mesures ont par la suite été calculées. Les valeurs ont été exprimées en nombre de spores par ml.

### II-3-Analyses Statistiques.

Toutes les analyses statistiques ont été analysées par (STATBOX 6.0.4, Grimmertot). Les données ont été analysées par les deux sens factoriels. Comparaison des moyens et des interactions a été réalisée par le test "Duncan's multiple range" au seuil de 5 %.

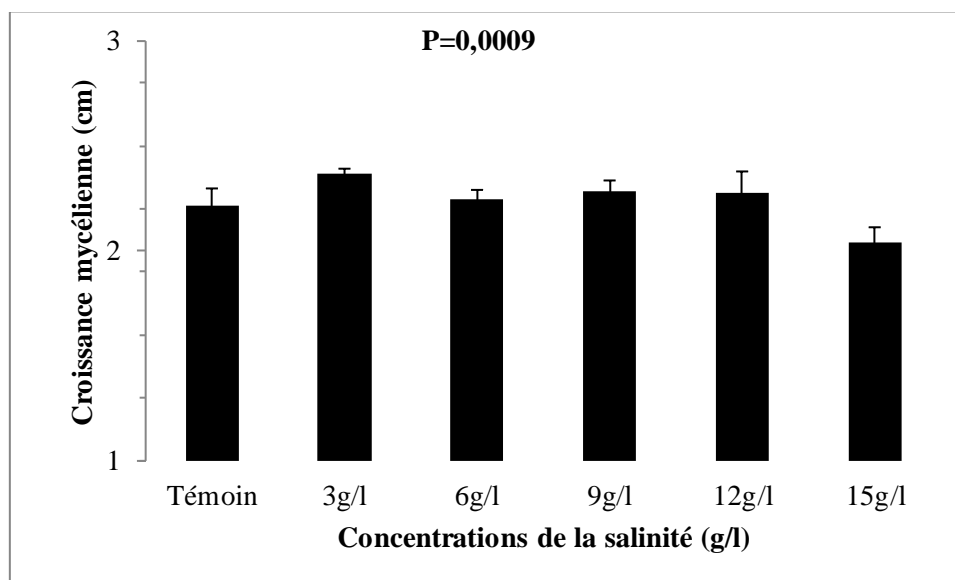


CHAPITRE -II  
RÉSULTATS ET  
DISCUSSION

## II- Résultats

### II.1 Effets de la salinité sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*

La croissance mycélienne des colonies de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* soumise à différentes concentrations de sel a été notée après 2, 4 et 8 jours. Les résultats sont reportés sur les figures (7, 8 et 9). L'analyse de la variance à un seul critère de classification (Concentration) montre des différences significatives pour les trois périodes de traitement 2<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup> et 8<sup>ème</sup> jours d'incubation ( $p \leq 1\%$ ).

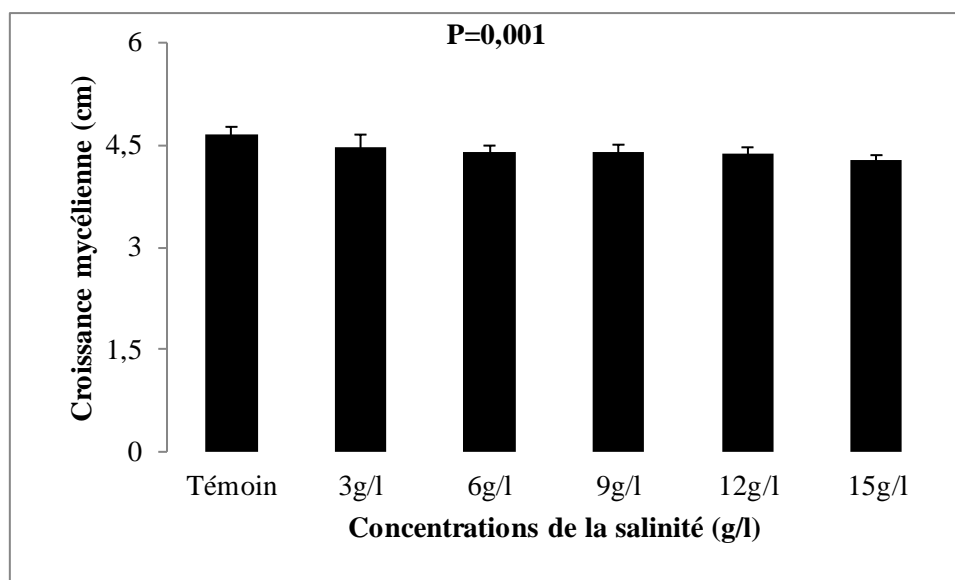


**Figure 7:** Effets de la salinité sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* après 2 jours d'incubation.

Effets de la salinité sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* a été évaluée *in vitro* après 2 jours d'incubation :

Les résultats indiqués dans la figure 7 montrent que mis à part la concentration de (15 g/l), la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* est stimulée par rapport au témoin ( $p=0,0009$ ); cette stimulation est de 6, 1, 3 et 2% respectivement pour les concentrations de 3, 6, 9 et 12 g /l en NaCl.

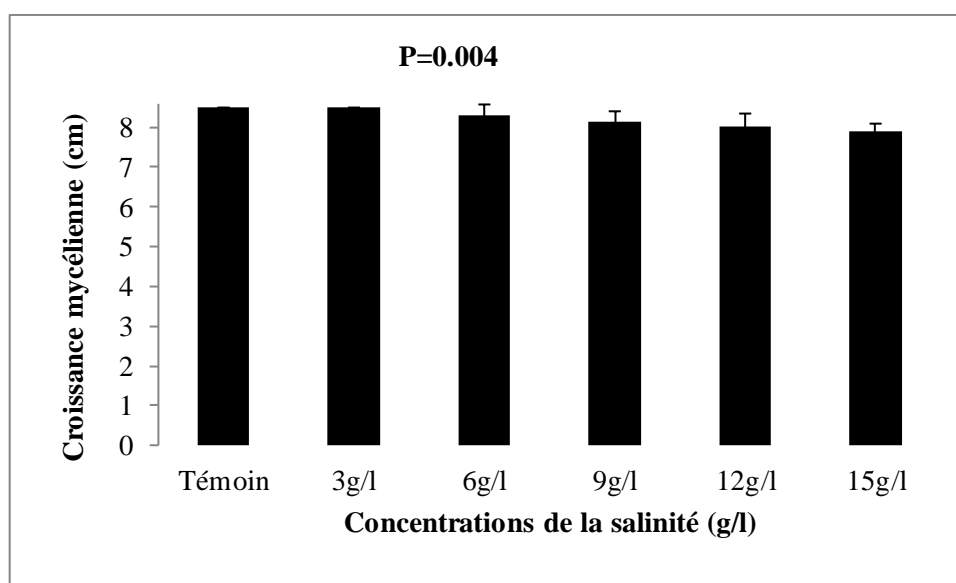
L'analyse des résultats obtenus en figure 8 semble après 4 jour d'incubation, que les concentrations allant de 3 à 15 g/l en NaCl, diminuent la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* par rapport au témoin ( $p=0.01$ ). La diminution de la croissance mycélienne par rapport au témoin (4.66cm) est de près 4.46, 4.4, 4.39, 4.36 et 4.28 cm respectivement aux concentrations de 3, 6, 9, 12 et 15 g /l en NaCl.



**Figure 8 :** Effets de la salinité sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* après 4 jours d'incubation.

La croissance mycélienne de la souche de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* soumis à différentes concentrations de sel a été notée après 8 jours :

Les résultats sont reportés sur la figure (9). Le NaCl présente une action sur la croissance mycélienne. Entre 0 et 3 g/l, les boîtes de Pétri sont totalement envahies par *F. oxysporum* f.sp. *albedinis* (8.5cm). Au-delà de cet intervalle, la croissance diminue en corrélation avec l'augmentation de la salinité du milieu.



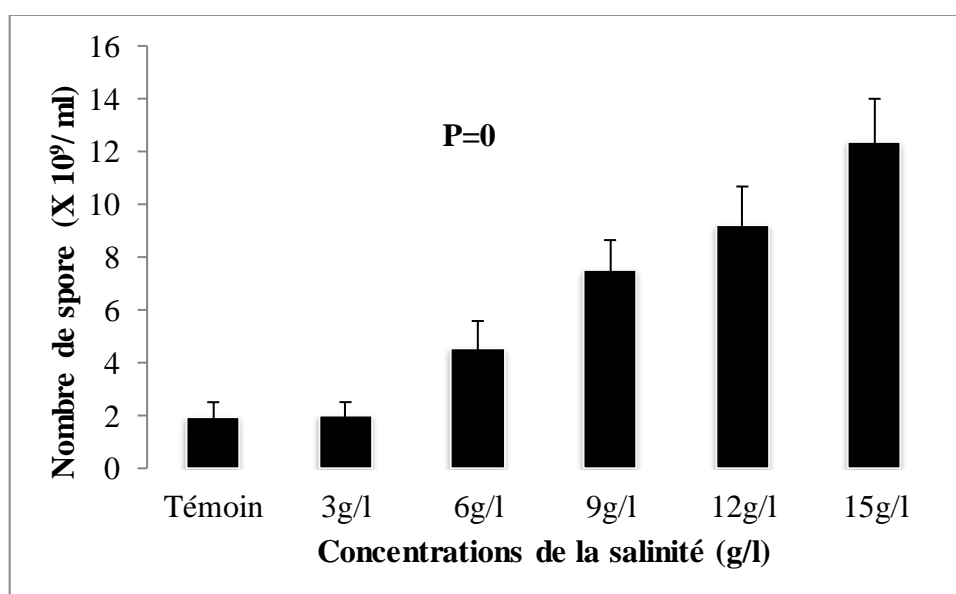
**Figure 9:** Effets de la salinité sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* après 8 jours d'incubation.

La diminution de la croissance mycélienne par rapport au témoin (8.5cm) est de près 8.5, 8.3, 8.15, 8.07 et 7.9 cm respectivement aux concentrations de 3, 6, 9, 12 et 15 g /l en NaCl.

Les pourcentages d'inhibition de la croissance mycélienne obtenus par rapport au témoin (8.5cm) sont près de 2.35, 4.11, 5.52 et 7.05%.

## II. 2.Effets de la salinité sur la sporulation de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*

L'analyse des résultats montre que la salinité affecte la sporulation de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* pour chacune concentration de NaCl, on note une différence significative entre les différentes concentrations salines ( $p=0$ ) figure 10.



**Figure 10** : Effets de la salinité sur la sporulation de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*.

En absence du sel en enregistrer  $1.93 \times 10^9$  spores/ml. Il apparaît clairement que l'effet de NaCl se traduit par une stimulation de la production de la conidiogénèse à différentes concentrations testés.

Après 15 jours d'incubation à 25 °C, cette stimulation atteint  $4.53 \times 10^9$  spores/ml pour la concentration de 6g/l traduisant un développement de l'ordre de 134.7 %.

Les concentrations de 9 à 15 g/l montrent une activité conidiogénèse nettement plus élevée que celle de faibles concentrations (3g/l en NaCl).

En effet, à la concentration optimale (15g/l), on enregistre une augmentation du nombre de conidies produites dépassent de 6 fois en présence de NaCl et 4 fois la concentration de 9g/l par rapport au témoin sans sel.

Sous ces conditions salines, le chlorure de sodium s'avère le plus favorable à la sporulation *in vitro* suivi de la concentration saline du milieu de culture.

## Discussion

Les cultures sont confrontées à de nombreuses contraintes qui affectent aussi bien le rendement que la qualité des fruits. Les stress abiotiques de sécheresse et de la salinité qui caractérisent les régions arides et semi-arides sont des facteurs supplémentaires qui peuvent amplifier et/ou réduire les maladies fongiques par un effet direct sur la plante et/ou le pathogène; principalement la fusariose (**Standaert, 1978**), la verticilliose (**Afailal 1987; Besri, 1990**) et la pourriture racinaire due à *Phytophthora parasitica* (**Swiecki & Mac Donald, 1991**).

Phonicéculture représente le groupe de culture le plus important du marché national. Elle est cultivée aussi bien dans les zones arides que les régions du sud de l'Algérie. En effet, cette culture est confrontée à des contraintes biotiques et abiotiques qui affectent aussi bien le rendement que le calibre des fruits. L'effet de la salinité peut également constituer un facteur d'amplification de la sensibilité des cultures aux maladies d'origine fongique. Avant la mise en œuvre d'une stratégie de lutte contre les champignons phytopathogènes, il est nécessaire de connaître le comportement des agents pathogènes et leurs interactions avec le milieu salin, c'est pourquoi un test *in vitro* a été réalisé.

D'après ces résultats, il apparaît que la salinité affecte les 2 stades de cycle de vie de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*. En effet, l'évaluation *in vitro* de cette souche de *F.oxysporum* f.sp *albedinis* aux diverses concentrations salines a révélé qu'elle n'est pas affectée de la même manière par les deux paramètres étudiés (croissance mycélienne et sporulation).

L'étude *in vitro* d'une souche de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* montre que l'augmentation de la salinité du milieu mis à part la concentration de (15 g/l), stimule la croissance mycélienne après 2 jours d'incubation. **Boumaaza et al., (2015)** a montré que la croissance et la production de sporanges chez *B.cinerea* sont exacerbées par la présence de NaCl dans le milieu de culture PDA. **Benyahya, (1998)** a montré que l'augmentation de la salinité du milieu favorise la croissance mycélienne *in vitro* de *Phytophthora citrophthora* et *Phytophthora parasitica*, agents de la pourriture racinaire des agrumes, avec un optimum situé entre -1.44 et -3.11 bars. Selon cet auteur, les ions Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> stimulent la production des sporanges de *Phytophthora citrophthora* et *Phytophthora parasitica* alors que l'effet osmotique inhibe cette activité biologique.

Par ailleurs, les résultats obtenus après 4 jour d'incubation, montrent que les concentrations allant de 3 à 15 g/l en NaCl, diminuent la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*.

Ces résultats concordent avec les observations de **Amir et al, (1996)**. Ces auteurs n'ont constaté également que le flétrissement du palmier dattier causé par *Fusarium oxysporum* *Schlechtend.*:fr. f.sp. *albedinis* a été supprimée lors de l'application de certains taux de NaCl. En effet, **Sommers et al, (1970)**, montre que la croissance de *P. megasperma* diminue avec la baisse du potentiel osmotique.

Il est intéressant de noter que NaCl est également utilisé pour lutter contre *Gibberella fujikuroi* et *Fusarium oxysporum*, agents responsables de la pourriture racinaire de l'asperge (**Ragazzi & Vecchio, 1992**).

*Trichoderma viride* a été évalué pour sa capacité de tolérance au stress abiotique *in vitro*, la croissance de *T. viride* diminuant avec l'augmentation de la salinité (**Leo Daniel et al, 2010**). De même, la présence de NaCl dans le milieu de culture réduit la croissance de *Lepolegnia chapmanii* (**Pelizza et al, 2007**). Dans les champs en déclin, les applications annuelles de chlorure de sodium (NaCl) entraîne une inhibition de la pourriture des racines causé par le Fusarium (**Elmer, W. H. 1992; Reid et al, 2001**).

En effet, le chlorure de sodium a été associé à la suppression de certaines maladies des racines sur des plantes tolérantes au sel telles que l'asperge (**Elmer et al, 1995**), la betterave (**Elmer et al, 1997**) et les palmiers (**Amir et al, 1996**).

Les résultats de **Mona Al Tamie (2016)**, indiquent que les isolats d'*Emericilla nidulans*, de *Penicillium canescens*, de *Syncephalastru mracemosum*, d'*Aspergillus parasitic* et de *Mucor racemosus* ont présenté une faible croissance à 15% de NaCl, alors que les champignons étudiés ne se sont pas développés à 20% de NaCl.

Le principal mode d'action d'ion sodium est son pouvoir de maintenir un environnement alcalin. Lorsque cela se produit, des parasites tels que *B. cinerea*, qui requièrent un environnement acide, dépensent plus d'énergie pour la production d'acide fongique pour l'extension d'hyphal et peuvent donc inhiber sa croissance (**Palmer et al, 1997**). **Marjetka Tina Kogej et al. (2010)** qui ont démontré que le NaCl avait un effet sur la morphologie cellulaire de *Wallemia* spp. Lorsque la salinité est élevée, les compartiments hyphaux de *W. muriae* et de *W. sebi* sont plus épais et plus courts que ceux

observés à une faible salinité. Ces modifications de la morphologie cellulaire ont entraîné une modification de la taille et de la forme des pastilles mycéliennes.

Les réductions dans les rendements de biomasse indiquent les besoins énergétiques élevés de la vie aux fortes concentrations de NaCl, même chez des espèces aussi bien adaptées (**Oren, 1999**). Parallèlement à la croissance mycélienne, l'effet de NaCl entraîne un nombre six fois plus important de spores qu'en conditions non salines. Cette stimulation atteint  $4.53 \times 10^9$  spores/ml pour la concentration de 6g/l traduisant un développement de l'ordre de 134.7 %. En effet, à la concentration optimale (15g/l), on enregistre une augmentation du nombre de conidies produites dépassant de 6 fois en présence de NaCl et 4 fois la concentration de 9g/l par rapport au témoin sans sel.

Nos résultats concordent avec ceux de **Regragui et Lahlou 2005**. Ces auteurs ont montré que la formation de sporanges de *Phytophthora parasitica in vitro* semble être stimulée par la salinité, comme le nombre de sporanges sont généralement plus élevé (120% à 225%) dans les traitements des sels modifié que les commandes de l'eau distillée. De la même manière, la croissance et la production de spores chez *B.cinerea* sont stimulées par la présence de sel dans milieu PDA (**Boumaaza et al. 2015**). **Ducan & Himelik (1986)** ont montré que lorsqu'on cultive artificiellement *Verticillium dahliae* sous un potentiel de pression négative de  $-0.039$  MPa, la production de conidies augmente de 800% par rapport au témoin non traité.

**Ioannou et al. (1977)** ont montré que l'augmentation de la production de conidies de *Verticillium* a lieu pour des potentiels osmotiques compris entre  $-2$  et  $-20$  bars soit des concentrations allant de 3.5 à 29 g/l de sel respectivement. Chez *Verticillium*, l'augmentation de la sporulation sous l'effet du sel ne semble pas être due uniquement à l'effet des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  mais aussi à l'effet osmotique.

**Ducan & Himelick, (1986)** ont montré que la sporulation de *Verticillium dahliae* est stimulée par un potentiel de pression négative. Ces auteurs ont cultivé *Verticillium* sur des milieux nutritifs placés dans un dispositif permettant le maintien d'un potentiel de pression négative de  $-0.039$  PMa rappelant l'environnement des vaisseaux du xylème.

La salinité engendre une croissance et une germination des chlamydo-spores de *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* (**Ragazzi & Vecchio, 1992**).



## Conclusion

Les cultures sont souvent soumises aux attaques par plusieurs agents pathogènes provoquant des maladies qui affectent le développement et la croissance des plantes et se répercutent sur leurs rendements. La plupart de ces agents pathogènes développent des relations spécifiques avec les plantes hôtes en fonction des conditions environnementales.

Dans ce cas, le palmier dattier n'est pas seulement soumis aux effets isolés de la salinité et de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* mais aussi à l'effet de leur combinaison. La croissance mycélienne et la reproduction de *Fusarium* à lieu dans le sol où les sels sont accumulés. C'est pourquoi, nous avons étudié l'effet de la salinité sur le comportement de *Fusarium in vitro*. A l'issue de cette étude, on peut en conclure que le chlorure de sodium a généralement diminué la croissance mycélienne. Les pourcentages d'inhibition de la croissance mycélienne obtenus par rapport au témoin sont variés de 2 à 7% respectivement aux concentrations de 3 à 15 g/l en NaCl. On contrario la salinité (6 à 15g/l) se traduit par une stimulation de 4 à 6 fois de la production des spores par rapport au témoin sans sel.

À la lumière des données *in vitro* obtenues, il apparaît important d'étendre les résultats au terrain par des mesures qui permettent d'assurer un milieu favorable au développement de la culture de palmier dattier. Ces mesures doivent prendre en compte non seulement l'étude, comme pratiquée habituellement, de la tolérance des variétés à la salinité mais également l'effet de la salinité dernière sur le développement de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*.

## Perspectives

Une question qui se pose est de savoir si *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* ayant acquis un haut niveau de résistance à la salinité (sporulation). Ils sont en outre capables de sporuler *in vitro* et donc de produire des descendants conidiens. Ce phénomène a par exemple été observé chez le champignon filamentaire; *P.infestans*, *Verticilium album atrum*, *fusarium* sp. Il serait donc intéressant de répéter les tests en fonction des concentrations salines et de collecter sur plusieurs souches et de les comparer.

**RÉFÉRENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

- Aflail, 1987.** Manifestation de la verticilliose sur les tomates sensibles résistantes : effets de la salinité sur le développement des deux races de *V* (Kleb) et sur la réaction des plantes à l'agent pathogène. Thèse de doctorat de 3ème cycle, Université Mohamed V, 127p.
- Amir, H., Amir, A., and Riba, A. 1996.** Rôle de la microflore dans la résistance à la fusariose vasculaire induite par la salinité dans un sol de palmeraie. *Soil Biol. Biochem.* 28:113-122.
- Amraoui H., 1993.** Fusariose vasculaire du palmier dattier (Bayoud) mise en évidence d'enzymes activité antifongique chez la plante (Dosage des activités chainasses et B-1,3 glucanases) et étude des sécrétions protéiques du champignon (Dosage des activités cellulases, pectinases et protéases). Thèse de Troisième Cycle, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc, 94p.
- Ayres PG., 1984.** The interaction between environmental stress injury, and biotic disease physiology. *Annual Review in Phytopathology* 22: 53–75p.
- Azouaou-Ait Kettout T., Boucenna B., Amgoud M et Rahmania F., 2010.** Essai de Lutte in vitro par le Glyphosate Contre des champignons telluriques phytopathogènes : *Fusarium* et *Pythium*. *Sciences technologie C - N° 26:* 75-8 p.
- Backman K.S., Roberts M., and Patterson R., 1995.** “Allergic bronchopulmonary mycosis caused by *Fusarium vasinfectum*,” *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 152, no. 4 Pt 1, pp. 1379–1381.
- Beldjoudi ., 1999.** Contribution à l'étude de la tolérance de six variétés de blé dur à la salinité. Séminaire Nationale sur la Salinisation des terres Agricoles en Algérie.
- Belkhodja M., Biady., 2001 .** La réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination Edit sècheresse, Vol 15 n°4 pp 331 -33.
- Ben hassine H., 2005.** Effet de la nappe phréatiques sur la salinisation des sols de Cinqe périmètres irrigués en Tunis .Etude et gestion des sols, Vol .12 ,281-300p.
- Benyahya H., 1998.** Effet de la salinité sur la pourriture racinaire des agrumes due au *Phytophthora parasitica* Dunc. D.E.S, Université Cadi Ayyad, 148p.
- Benzohra, IE, Megateli, M and Berdja, R, 2015.** Bayoud disease of date palm: history, epidemiology and integrated disease management. *African Journal of Biotechnology*, 14, 542– 550.
- Benzohra, IE, Megateli, M, Elayachi, BA, Zekraoui, M, Djillali, K, Bouafia, A, Benouis, S, Benaziza, A and Rekis, A, 2017.** Integrated management of Bayoud disease on date palm (*Phoenix dactylifera* L.) caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* in Algeria. *Journal Algérien des Régions Arides*, 14, 93– 100.
- Benziouche SE., 2012.** Analyse de la filière dattes en Algérie ; constats et perspectives de développement. Cas de la daïra de Tolga. Thèse de doctorat agronomie. Alger: ENSA, 470 p.
- Besri M., 1990.** Effects of salinity on the development of tomato *Verticillium* wilt in Morocco. (Abstract) Proceeding of the International Symposium on *Verticillium* Wilt, 25-30 June 1990, St Petersburg, Russia.
- Bessas A., 2008.** Dosage biochimique des composés phénoliques dans les dates et le miel récoltés dans le sud algérien ,mémoire de control de qualité et analyse ,Université Djilalli Liabes –Sidi Bel Abbes p2.
- Besri M., and Afailal A., 1993.** Effect of water salt content on the development of *Verticillium* wilt on resistant tomato cultivars Proceedings of the 6th International Congress of Plant Pathology, July 28-August 6, Montréal, Canada.

- Boualla N., Benzaine A., Derriche Z., 2012** . Origine de la salinisation des sols de la plaine de m'héta (bordures sud du bassin selkha Oran).journal of applied biosciences, vol 53, 3796-3796p.
- Boumaaza B., Benkhelifa M., and Belkhoudja M., 2015.**Effects of Two Salts Compounds on Mycelial Growth, Sporulation, and Spore Germination of Six Isolates of *Botrytis cinerea* in the Western North of Algeria Hindawi Publishing Corporation International Journal of Microbiology Volume 2015, Article ID 572626, 8 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2015/572626>.
- Bounaga N., 1975.** Germination de microconidies et macroconidies de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 66 : 39-4p.
- Bounaga N., 1991.**Le palmier dattier : rappels biologiques et problèmes physiologiques. In : Riedcker, A, Dreyer E., Pafadnam C., Joly H. & Bory, G .,(Eds).Physiologie des Arabes et Arbustes en Zone Arides et Semis –Arides, Group d'étude de l'Arbre, hon Libey Eurotext , Paris, France. 323-336p.
- Bounaga N. et Djerbi M., 1990** – Pathologie du palmier dattier. Options méditerranéennes. Sér. A. N° 11, Pp 127 – 132.
- Bradai A., Donoui A., Marlet S., Hartami T., Bouarfa S., 2011.** La reconversion à l'utilisation des eaux souterraines pour l'irrigation et ses risques dans la plaine du bas Chlefe (Nord – Ouest d'Algérie).
- Brayford D., 1992.** *Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis*. IMI Descriptions of *Fungi* and *Bacteria* No. 1111. CAB international, Wallingford, Royaume-Uni.
- Brochard P., Dubost D., 1970.** Progression du Bayoud dans la palmeraie d'In-Salah (Tidikelt, Algérie). Al awamia 35 : 143-153.
- Brown J.H., 1995** .Macroecology . Université of Chicago press, Chicago.
- Bulit J., Bouhot D., Louvet J et Toutain G., 1967.** Recherches sur les fusarioses, I. Travaux sur le bayoud, fusariose vasculaire du palmier dattier en Afrique du Nord. *Ann. Epiphy.*, 18 : 213-239.
- Burgess L.W., 1981.** General ecology of the Fusaria in: *Fusarium: Disease biology and taxonomy*. Edit. By NELSON P.E., TOUSSOUN T.A., COOK R.J. The Penn.State Univ. Press. Univ. Park and London.
- Chakroune, K., M. Bouakka, R. Lahlali, A. Hakkou, 2008.** Suppressive Effect of Mature Compost of Date Palm By-products on *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. Plant Pathology Journal.
- Chevalier A., 1952.** Recherche sur le *Phoenix* africain. Ed. RBA.
- Chikh Aissa A., 1991.** Etude de l'efficacité du bromure de méthyle et de la chloropicrine sur *Fusarium oxysporium* f. sp. *Albedinis*. Bulletin du réseau maghrébin de recherche sur la phoeniciculture et la protection du palmier dattier. Ed. FAO. Alger, Pp 17 – 24., Paris, 58P.
- Clavet R., 2003.** Le sol, propriété et fonction, phénomènes physiques et chimiques . Tome 2 .Ed .France .AGRICOL. 511.
- Davet P., 1996.** Vie microbienne du sol et production végétale, Editions INRA, 384 pages.
- Debez et al., 2001.** Leaf H<sup>+</sup>-ATPase activity and photosynthetic capacity of *Cakile maritima* under increasing salinity. *Environ Exp Bot* **57**:285–295.
- Debourgoune Anne., 2013.** Typage moléculaire du complexe d'espèces *fusarium solani* et détermination de son mécanisme de résistance au voriconazole. Thèse de doctorat. Université de Lorraine.
- Demangeot J., 1981.** Les milieux naturels désertique .D.U SEDES ; Paris ,26pp
- Djerbi M., 1982.** Bayoud disease in North Africa: history, distribution, diagnosis and control. *Date Palm J.*, 1(02): 153-197.
- Djerbi M., 1983.** Diseases of the date palm *Phoenix dactylifera*. FAO, Baghdad, Iraq.

- Djerbi M., Sedra M.H., El Idrissi Ammari., M.A., 1985.** Caractéristiques culturales et identification du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*; agent causal du bayoud. Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie 58,18.
- Djerbi, 1986.** les maladies du palmier- dattier (*Phoenix dactylifera*) projet du centre régional de recherche sur le palmier R dattier et dattes au moyen orient et en Afrique du nord ,127 p.
- Djerbi M ., Aouad H., Elfilali H., Saaidi M ., Chtioui A., Sedra My H ., Allaoui M., Hamdaoui T ., Oubrich M. ,1986.** Preliminary results on selection of high quality bayoud resistant clones among natural date palm population in Morocco. In: the second symposium on date palm. Univ Roi-Faissal, Arabie Saoudite , 386-399.
- Djerbi M., 1988.** Les maladies du palmier dattier. Projet régional de lutte contre le Bayoud, 84(18), pp. 127.
- Djerbi ., 1990.** Méthodes d'identification du bayoud. FAO/PNUD/RAB/88/024. *Bulletin* du réseau maghrébin de recherche sur la phoeniculture et la protection du palmier dattier .Octobre- Décembre :1.
- Djerbi M .,1991 .** Biotechnologie du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L*) : voie de propagation des clones résistants au Bayoud et de haute qualité dattière .Les systèmes agricoles oasiens, options méditerranéennes ,série séminaires ,N° 04 : 31-38 .
- Djerbi M.1994.** Précis de phoeniculture. FOA, Rome ,192p.
- Djerbi M .2003.** *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* .OEPP/EPPO Bullent ; 33 : 245 -247.
- Djili K., Daoud Y1999.,** Distribution latérale et verticale de l'ESP des sols du Nord de l'Algérie compte rendu du séminaire national sur la salinisation des terres agricoles. CRSTRA. Chélif. Le 01 02 juin, n° 99, pp .
- Dihazi A., Jaiti F., Taktak W., kilani-Feki O., Jaoua S., Driouich A., Baaziz 72. M., Daayff., Serghini M. A.2012.** Use of two bacteria for biological control of bayoud disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* in date palm (*Phoenix dactylifera L*) seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry* 55 -7-15.
- Dubost D et Kada A., 1974.** Etude expérimentale de l'inoculation de jeunes plantules de palmier dattier par *Fusarium oxysporum*. *Bull. Agro.Sahar.*, 1: 21-37.
- Ducan et Himelick., 1986.** Inhibition of Conidial Production of *Verticillium dahliae* with Ammonium Sulfate. *Phytopathology* 76:788-792. DOI: 10.1094/Phyto-76-788.
- El fakhouri R., Lotfi F., Sedra MH and Lazrek HB ., 1996.** Production et caractérisation chimique des toxines secretees par *Fusarium oxysporum* f .sp *albedinis* , agent causal du bayoud . *Al Awamia*, 93 :81 -92.
- El Modafar C., El Boustani E.,2000.** Relationship between cell wall susceptibility to cellulases and pectinases of *Fusarium oxysporum* and susceptibility of date palm cultivars to the pathogen. *Biol Plant*, 43: 571-6.
- Elmer W. H., 1985.** The ecology and control of *Fusarium* yellow of celery. Ph.D.diss. Michigan State University, East Lansing.
- Elmer, W. H. 1992.** Suppression of *Fusarium* crown and root rot of asparagus with sodium chloride. *Phytopathology* 82:97-104.
- Elmer W. H., 1997.** Influence of chloride and nitrogen form on *Rhizoctonia* root and crown rot of table beets. *Plant Dis.* 81:635-640.
- FAO ., 2005:** Annuaire statistique de la FAO.
- FAO., 2013 .** (Food and Agriculture Organization of the United Nations),2013. ISPM mieux nourrir l'humanité et organiser la lutte contre la malbouffe.

- Fernandez D., Lourd M., Ouinten M., Tantaoui A. et Geige J. P., 1995.** Le Bayoud du palmier dattier : Une maladie qui menace la phoeniciculture. *Phytoma*, La Défense des végétaux, (469): 36-39.
- Fernandes TR., Segorbe D., Prusky D., Di Pietro A., (2017).** How alkalineization drives fungal pathogenicity. *PLOS PATHOG*, 13.
- Firdous H. and S. Shahzad., 2001.** Effect of some salts on in vitro growth of *Fusarium solani*. *Pak. Bot.*, 33(2): 117-124.
- Frederix, M.J., Den Brader, K., 1989.** Résultats des essais de désinfection des sols contenant des échantillons de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. FAO/PNUD/RAB/88/024. Ghardaia, Algérie.
- J'Aiti, M. El Hassni, F, A. Dihazi, S. Ait Barka, F. Daayf, I. El Hadrami., 2004** Enhancement of defense responses against Bayoud disease by treatment of date palm seedling with an hypoaggressive *Fusarium oxysporum* isolate, *J. Phytopathol.* 152.
- Halitim A., 1988.** Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p.
- Hamdi A., 1999.** Saline irrigation and management for sustainable use In: Advanced Short Course on saline irrigation Proceeding, Agadir. 152-227.
- Heller R., 1969.** Biologie végétale. Métabolisme et nutrition .Masson&Cire, paris, 578P
- Higazy MA ., MM. Shehata et AL . Allam., 1995.** Free prolin relation to salinity tolerance of three sugar beet varieties .Egypt .*Agaric* ,R., 73,(1) ,175-189p.
- Hopkine W., 2003.** Physiologie végétale. 1ère Ed. Deboeck. Larcier. S.A. Bruxelles.
- IMI 1994.** Distribution Maps of Plant Diseases. *CAB Int.*, UK, 3(24). Jacobson D. J. et Gordon T. R., [1988], Vegetative compatibility and self-incompatibility within *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*. *Phytopathol.* 78: 668-672.
- Ioannou, N., Schneider, W., and Grogan, R. G. 1977.** Effect of oxygen, carbon dioxide, and ethylene on growth, sporulation and production of microsclerotia by *Verticillium dahliae*. *Phytopathology*, 67: 645 - 650.
- IRD., 2008 .** Les dossiers thématiques de l'institut de recherche pour les développements.
- Guerrierg G., 1983 .** Capacité germinative des semences en fonction des doses graduelles en NaCl. Importance des transferts sur milieux sodés ou témoin, *Rev. Gén. Bot.* 90 ,3-21p.
- Guerrier G., 1984.** Relations entre la tolérance ou la sensibilité à la salinité lors de la germination des semences et les composantes de la nutrition en sodium. *Biologia Plantarum (PRAHA)* Vol. 26, n°1, pp. 22-28.
- Guessoum M., 1986.** Approche d'une étude biologique de l'acarien *Oligonychus afrasiaticus* (Boufaroua) sur palmier dattier. Journée d'étude sur la biologie des ennemis animaux des cultures, dégâts et moyens de lutte, 25 et 26 mars 1985. *Annales de l'INA*, vol. 10, n°1, 1986, pp 153-166.
- Katembe et al., 1998.** Effect of Salinity on germination and seedling growth of two *Atriplex* species *Chenopodiaceae*. *Ann Bot* ; 82:165.
- Kloppmann W., Bourhane A ., Asfiraneef ., 2011 .** Méthodologie de diagnostic.
- Khales A et Baaziz M., 2006 :** Etude des peroxydases d'écotypes d'*Opuntia Ficus indica* L en relation avec le développement dans les conditions de stress Salin. Congrès international de Biochimie, Agadir: pp. 133-136.
- Lauchli I et Epstein E., 1990.** Plant response to saline conditions. In Tanji KK (ed), vol. 6, p. 66-71. Volume 12, Numéro 3, 167-74.



- Laville E., 1977.**Diseases pests and weeds in tropical crops. Edit. KRANV J., SCHMUTTERER H., KOCH W., VERLAG, PAUL PARAY. Berlin, Hamburg.
- Le Houérou H. N., 1992.**The role of saltbushes (*Atriplex spp.*) in arid land rehabilitation in the: Osmond C.B., Bjorkman O., et Anderson D.J., 1980 -physiological process in plant ecology. Toward a semi-arid lands. Ed. Academic press. INC, New York (U.S.A), pp: 601-642.
- Lepoivre P., 2003.** Phytopathologie. De Boeck, Bruxelles, 427 pp.
- Leo Daniel, A.E., K.G. Praveen, S. Desai and A.S.K. Mir Hassan, 2011.** In vitro Characterization of *Trichoderma viride* for Abiotic Stress Tolerance and Field Evaluation against Root Rot Disease in Vigna mungo L. Journal of Biofertilizer Biopesticides 2 (3): 111 doi:10.4172/2155- 6202.1000111.
- Longstreth et Nobel., 1979.**Salinity effects on leaf anatomy. *Plant Physiol.* 63, 700-703.
- Marcato-Romain ., Louvet J., 1977.**Observations sur la localisation des chlamydo-spores de *Fusarium oxysporum* dans les tissus des plantes parasitées. INRA, Paris, 193-197.
- M.A.D.R., 2015.** Ministère de l’Agriculture et du Développement Rural. Annuaire Statistiques, K, série B.
- MADR., 2009.** Ministère de l’Agriculture et du Développement Rural, Direction des Statistiques.62.
- Maire R .et Malençon G ., 1933.**le Belaat , nouvelle maladie du dattier dans le Sahara Algerien. C.,Read , Acad . Sciences, CXVI.21: 1576-1569.
- Marjetka K., TinaKogej D and Gunde Cimerman N., 2010.** Morphological Response of the Halophilic Fungal Genus *Wallemia* to High Salinity. *Appl. Environ. Microbiol.*, 76 (1): 329-337 .
- Maslouhy A., 1989.**Contribution à l’étude in vitro et in situ des antagonistes de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, agent causal du Bayoud. Marrakech: Diplôme des Etudes Supérieures, UniversitéCadi Ayyad.
- M’barek et al ., 2001:** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. Insti Nati de Recherche Agro de Tunisie. Sécheresse Volume 12, Numéro 3, 167-74.
- Munier P., 1973.***Le Palmier dattier*, Paris : Maisonneuve et Larose, p221.
- Moulay Hassan S.2003.**le palmier dattier base de la mise en valeurs des oasis au Maroc, Technique phonénicoles et création d’ oasis, Ed, INDRA, Maroc, 256P.
- Mona Al Tamie., 2016.**Sodium Chloride Stress Induced Morphological Changes in Some Halo tolerant Fungi. *The Egyptian Journal of Hospital Medicine* (Jan. 2016) Vol. 62, Page 109 – 126.
- Munns ., 2002.**Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Celle Environ* 25: 239–250.
- Munns et Rawson 1999.**Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol.* p 459-464.
- Nachmias A. Z.Kaufman,L.Livescu,L.Tsrer,A.Meiri, and P. D. S Caligari.,1993.**Efects of salinity and its interactions with disease incidence on potatoes grown in hot climates,” *Phytoparasitica*,vol.21,no.3,pp.245–25.
- OEPP/ EPPO., 2003.***Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis*. Bulletin, 33: 265-269.
- OEPP/ EPPO., 2005.** Fiche informative sur les organismes de quarantaine N° 70, *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. p 06.

- Oren A., 1999.**Bioenergetics aspects of halophilism. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 63:334-348.
- Palou, L., Usall, J., Smilanick, J.L., Aguilar, M.J., Vinas, I., 2002.** Evaluation of food additives and low toxicity compounds as alternative chemicals for the control of *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* on citrus fruit. *Pest Manage. Sci.* 58, 459–466.
- Parida A.K., Das A.B., Mohanty P., 2004.**Defense potentials to NaCl in a mangrove, *Bruguiera parviflora*: differential changes of isoforms of some antioxidative enzymes. *J. Plant Physiol.*, 161: 531–542.
- Parida., 2005.**Salt tolerance and salinity effect on plants: review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 60, 349 p.
- Pelizza S.A., C.C. Lòpez Lastra., J.J. Becnel., V. Bisaro and J.J. Garcia., 2007.**Effects of temperature, pH and salinity on the infection of *Leptolegnia chapmanii* Seymour (Peronosporomycetes) in mosquito larvae. *Journal of Invertebrate Pathology* 96 : 133–137.
- Peyron M .,2000.**Cultiver le palmier dattier.Ed.G.R.I.D.A.O. Montpellier,109p.
- Quinten M., 1996.**Diversité et structure génétique des populations algérienne de *Fusarium oxysporum* agent de la fusariose vasculaire (bayoud) du palmier dattier, Mémoire de doctorat, El Harrach, Alger. 52 p.
- Rappily F ., 1991.** L'épidémiologie en pathologie végétale : mycose aériennes .INRA France Paris .Ed .Quae.p317.
- Ragazzi A. and V. Vecchio. 1992.** Behaviour of chlamydo spores of *Fusarium oxysporum* f.sp. vasinfectum in substrate containing sodium chloride. *Phytopath. Medit.*, 31: 85-87.
- Regragui A and H. Lahlou., 2005.**Efect of salinity on in vitro *Trichoderma harzianum* antagonism against *Verticillium dahlia* ,”Pakistan Journal of Biological Sciences, vol. ,no.6,pp.872–876.
- Regragui A., 2005.**Contribution à l'étude de l'influence de la salinité sur le couple tomate –*Verticillium* : Conséquences physiologiques et impact sur la bioprotection des tomates contre la verticilliose. Thèse de doctorat Sciences Biologiques de Université Mohammed V- Agdal.231p.
- Reid T. C., Hausbeck, M. K., and Kizilkaya, K. 2001.** Effects of sodium chloride on commercial asparagus and of alternative forms of chloride salt on *Fusarium* crown and root rot.*Plant Dis.* 85:1271-1275.
- Riedacker A., 1990.**Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides,Johon Libbey ,Eurotext.ISBN 2742000194.489p.
- .Robert M., 1996.** Le sol: interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Masson, Paris, p 241.
- Roger C., 1990.**Principe de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes .Edit Presses polytechniques et Universitaires Romandes. 285p.
- Rush D.W., et Epstein E., 1981.** Breeding and selection for salt-tolerance by incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* (106), 699-704p. p221.
- Saaidi M., 1979.**Contribution à la lutte contre le Bayoud. Fusariose vasculaire du palmier dattier. Thèse de Doctorat d'Université, Université de Dijon, 140 p.



- Saighi S., Doumandji S., Belhamra M. 2015.** Évaluation numérique des populations de la cochenille blanche *parlatoria blanchardi* Targ. 1868 ( hemiptera ; diaspididae) en fonction de la position des femelles adultes sur les folioles du palmier dattier ( *phoenix dactylifera* l.) dans les palmeraies des Ziban (Biskra, Algérie), Université Mohamed Khider Biskra, Algérie, Courrier du Savoir 19: 41-48.
- Sedra, My.H., 1993.** Lutte contre le Bayoud, Fusariose vasculaire du palmier dattier causée par *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* : sélection des cultivars et clones de qualité résistants et réceptivité des sols de palmeraies à la maladie. Thèse de doctorat d'état. Université Cadi Ayyad. Marrakech, Maroc. 128p.
- Sedra M H, 2003.** Le Palmier Dattier base de la mise en valeur des oasis au Maroc: Techniques phoénicoles et Création d'oasis. Éd. INRA. Maroc. 265 p.
- Sedra My.H., 2006.** La maladie du bayoud sur le palmier dattier, apparition ; impact ; propagation et condition ; méthodes de diagnostic et de lutte ; recherches et perspectives. (en arabe) l'association arabe sur le développement agricole .AOAD. 77p.
- Seifert K.A., 2001.** *Fusarium* anamorphi generic concepts. In : *Fusarium*. (Eds) Summerell, B.A, Leslie, J.F., Backouse, D., Bryden, W.L. & Burgess L.W APS Press St. Paul, USA.
- Singh N., Handa k., Hasegawap M et Bressan R., 1987 .** Caractérisation of osmotin plant physiology 85: 529-530p.
- Singh et Chatrath., 2001.** Salinity Tolerance. Crop Improvement Division, Central Soil Salinity Research Institute, Karnal, 132 001 (Haryana), India.
- Slama 2004.** La salinité et production végétale .Centre de publication universitaire Tunis ; p149.
- Sommers L.E., Harris R.F., Dalton F.N., and Gardner W.R., 1970.** Water potential relations of three root-infecting *Phytophthora* species. *Phytopathology* 60: 932-934.
- Standaert J.Y., Maraite H. Myttenaere C. et Meyer J.A., 1978.** Etude de l'influence de la concentration saline et du rapport Na/Ca du milieu nutritif sur la sensibilité de la tomate à la fusariose vasculaire. *Plant and soil* 50: 269-286.
- Standaert, J.Y., 1975.** Influence de la force ionique et du rapport Na/Ca du milieu sur la sensibilité de la tomate à la fusariose vasculaire. Thèse de Docteur en Sciences Agronomiques, Université Catholique de Louvain.
- Swiecki T.J. and Mac Donald J.D., 1991.** Soil Salinity Enhances *Phytophthora* Root Rot of Tomato but Hinders Asexual Reproduction by *Phytophthora parasitica* J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116 (3) :471-477.
- Szablocs I., 1994.** Prospects of soil salinity for the 21st century trans. Int cong of soil sc, pp: 123- 141.
- Tantaoui A., 1989.** Contribution à l'étude de l'écologie du *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* agent causal du bayoud. Densité et répartition de l'inoculum au sein du peuplement fusarien. D.E.S., Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc.
- Toutain, G, 1970.** Observations sur la progression d'un foyer actif de Bayoud dans une plantation régulière de Palmier dattier. *Al Awamia* ,35, 155– 161.
- Vylkova S., 2017.** Environmental pH modulation by pathogenic fungi as a strategy to conquer the host. *PLOS PATHOS*, 13(2).
- Waltz, S.S., et Johnes, J.P., 1981.** Nutritional requirements of *fusarium* o: basis for a disease control system. In Nelson R.J et al., 340-349.

- Weller DM, Raaijmakers JM, Mespadden Gardener RB and Thomashow LS, 2002.** Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens .Annu .Rev .Phytopathol,40: 309 -348.
- Zaid A., 2002.** Date palm cultivation. Food and Agriculture Organization Plant Production and protection of the United Nations, Rome, Italy, 156, pp: 227-281 –
- Zaid A., De wet P. F., Djerbi M. et Oihabi A., 2002.** Diseases and pests of date palm, In **Zid, E. et Grignon, C., 1991.** Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. Aupelf-Uref. John Libbey. Eurotext, Paris, pp. 91-108.
- Zhu., 2001.** plant salt tolerance. *Plant sciences, university of Arizona.* p : 66-71.

- مراجع عربية:

- QUINAOU I ,2002 مجدي محمد قناوي أفات النخيل و التمور في سلطنة عمان ص25.
- يوم دراسي حول معالجة و مكافحة أفات النخل سوسة التمور و البوفروة جامعة الوادي الخميس ' 17-13-2012 .GDD

## Annexes

**Annexe 1 : Tableau d'analyse de variance de l'effet de la salinité sur la croissance mycélienne après 2 jour d'incubation**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,331	23	0,014				
VAR.FACTEUR 1	0,246	5	0,049	10,458	0,00009		
VAR.RESIDUELLE 1	0,085	18	0,005			0,069	3,07%

**Annexe 2 : Tableau d'analyse de variance de l'effet de la salinité sur la croissance mycélienne après 4 jours d'incubation**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,667	23	0,029				
VAR.FACTEUR 1	0,428	5	0,086	6,442	0,00141		
VAR.RESIDUELLE 1	0,239	18	0,013			0,115	2,58%

**Annexe 3 : Tableau d'analyse de variance de l'effet de la salinité sur la croissance mycélienne après 8 jours d'incubation**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2,079	23	0,09				
VAR.FACTEUR 1	1,212	5	0,242	5,034	0,00473		
VAR.RESIDUELLE 1	0,867	18	0,048			0,219	2,67%

**Annexe 4 : Tableau d'analyse de variance de l'effet de la salinité sur la sporulation**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	560,401	35	16,011				
VAR.FACTEUR 1	521,602	5	104,32	80,661	0		
VAR.RESIDUELLE 1	38,799	30	1,293			1,137	18,15%