

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique

جامعة غرداية

Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie et des
Sciences de la Terre



كلية علوم الطبيعة والحياة
وعلوم الأرض

Département des Sciences
Agronomiques

Université de Ghardaïa

قسم العلوم الفلاحية

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de
Master académique en Sciences Agronomiques
Spécialité : Protection des végétaux

THEME

Possibilité de lutte biologique contre *Fusarium oxysporum*
f. sp. *albedinis* par l'utilisation d'antagonistes telluriques
dans les régions d'Adrar et de Metlili.

Présenté par
BENALI Djihad

Membres du jury	Grade	
BOURAS Nouredine	(MCA)	Président
KHENE Bachir	(MCB)	Encadreur
BOUDEFFEUR Saïd	(MAB)	Co-encadreur
BELGHIT Saïd	(MAA)	Examineur

Mai 2015

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicaces

Avec l'aide et la grâce de mon Dieu

Je dédie ce modeste travail :

 **A ma mère**

 **A mon père**

 **A mes frères et sœurs**

 **A toute ma famille**

 **A mon amie Amal**

BENALI Djihad

REMERCIEMENTS

Au nom de Dieu le Miséricordieux, je suis heureuse d'adresser mes remerciements à tous ceux qui m'ont aidé à accomplir ce petit projet.

Tout d'abord remercier Dr KHENE Bachir, pour l'aide très précieuse qu'il nous a apporté, sa patience et sa totale disponibilité, pour l'encadrement de ce travail.

Je tiens à remercier Monsieur BOUDEFFEUR Saïd chargé de recherche dans la station de l'INRAA d'Adrar qui m'a aimablement accueillie dans son laboratoire de la station, il a initié et dirigé ces recherches, m'a apporté toute sa compétence et son aide et pour sa disponibilité et sa présence malgré de bien lourdes charges qu'il assurait et tous les travailleurs de la station surtout Mlles SLIMANI Yasmine, BOUSSETA Meriem et Mr KHARSI Mohamed.

Je tiens à remercier Dr BOURAS Noureddine et Mr BELGHIT Saïd pour leur aide et conseils qui ont bien amélioré ce travail.

Tous les enseignants du département d'agronomie chacun en son nom.

Enfin à tous mes collègues de promotion de Master II « protection des végétaux ».

Merci à tous

Résumé

La fusariose vasculaire de palmier dattier causée par le *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (*F.o.a*) un champignon d'origine tellurique, est la maladie la plus destructive et la plus menaçante en Afrique du nord. Dans la présente étude on a isolé douze micro-organismes à partir de six échantillons de sols des palmeraies bayoudées dans les régions d'Adrar et de Metlili par la méthode de suspension-dilution. Les résultats ont révélé l'existence d'*Aspergillus niger* et onze souches bactériennes dont cinq du Genre *Pseudomonas*, trois *Micrococcus* et trois *Bacillus*. Les résultats des tests d'antagonisme *in vitro* vis-à-vis du *F.o.a*. ont montré deux souches antagonistes *Bacillus* et *Micrococcus* ayant des vitesses de croissance respectivement 0.54 et 0.75 mm/h, supérieures par rapport à celle du *F.o.a*. (0.46 mm/h) et présence d'Hyalo ce qui peut s'expliquer par un effet d'inhibition exercé par ces deux souches sur la croissance de mycélium de *F.o.a* dans les conditions de notre étude.

Mots clé: Bayoud, antagonisme, Hyalo, Adrar, Metlili, palmier dattier.

ملخص

دبول أوعية النخيل الناجم عن فطر البرية *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (*F.o.a*)، هو المرض الأكثر تدميراً و تهديداً في شمال أفريقيا. في هذه الدراسة عزلنا اثني عشر كائناً حياً دقيقاً من عينات تربة من ستة بساتين نخيل مصابة بمرض البيوض بمنطقة أدرار ومثليي باستخدام طريقة المعلقات المخففة. أظهرت النتائج وجود *Aspergillus niger* وأحدى عشرة سلالة بكتيرية منها خمسة من جنس *Pseudomonas*، ثلاثة *Micrococcus* وثلاثة *Bacillus*. نتائج اختبار التضاد التجريبي لهذه السلالات مع (*F.o.a*) أظهرت أن سلالتي الجنس *Bacillus* و *Micrococcus* لهما معدل سرعة نمو على التوالي 0.54 و 0.75 مم/س، مرتفعان نسبة لـ 0.46 (*F.o.a*) مم/س بوجود المنطقة العازلة (Hyalo) لذلك فإن هاتين السلالتين تمنعان نمو (*F.o.a*) في ظروف دراستنا.

كلمات البحث: مرض البيوض، التضاد، المنطقة العازلة (Hyalo)، أدرار، مثليي، نخيل التمر.

Abstract

The vascular fusariosis of date palm caused by the *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (*F.o.a*) a telluric origin champignon is the illness the most destructive and most menacing in North Africa. In the present survey one isolated twelve micro-organisms from six samples of soils of the palm groves ill with Bayoud of Adrar and Metlili by the method of serial-dilution. The results revealed the existence of *Aspergillus niger* and eleven bacterial strains of which five of the species of *Pseudomonas*, three *Micrococcus* and three *Bacillus*. The results of the *in vitro* antagonism tests opposite the *F.o.a*. showed two species antagonistic *Bacillus*

and *Micrococcus* having speeds of growth 0.54 and 0.75mm/h respectively, superior in relation to the one of the F.o.a. (0.46 mm/h) and presence of Hyalo. Then these two strains inhibit the growth of spawn of *F.o.a* in the conditions of our survey.

Words key: Bayoud, antagonism, Hyalo, Adrar, Metlili, date palm.

Lise d'abréviations

Abréviation	Signification
°C	Degré Celsius
DSA	Direction des Services Agricoles
<i>F.o.a.</i>	<i>Fusarium oxysporum f. sp.albedinis</i>
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
ha	Hectare
INPV	Institut National de la Protection des Végétaux
INRAA	Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie
O.N.M	Office Nationale de Météorologie
OEPP/ EPPO	Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes/ European and Mediterranean Plant Protection Organization
P.D.A	Potato Dextrose Agar
Qx	Quintaux

Liste de tableaux

N°	Titre	Page
01	Classification du <i>Fusarium oxysporum f. sp. albedinis</i> .	15
02	Températures mensuelles dans les régions d'Adrar et de Metlili.	24
03	Pluviométries mensuelles moyennes dans les régions d'Adrar et de Metlili.	25
04	Humidité moyenne de l'air dans les régions d'Adrar et de Metlili.	25
05	Vitesse moyenne du vent dans les régions d'Adrar et de Metlili.	26
06	Caractères physico-chimiques du sol.	32
07	Vitesse moyenne de développement des colonies bactériennes.	44
08	Classement des bactéries selon la région d'origine et la méthode d'isolement utilisée.	45
09	Grille de détermination des genres des souches bactériennes probable.	48

Liste des photos

N°	Titre	Page
01	Symptômes externes du Bayoud sur une palme.	13
02	Palmier Bayoudé au stade final.	14
03	Mycélium de <i>F.o.a.</i> sur milieu PDA à partir de culture âgée.	15
04	Tamissage des échantillons.	32
05	Test d'antagonisme entre le <i>F.o.a.</i> et la bactérie Bm1.	47
06	Test d'antagonisme entre le <i>F.o.a.</i> et la bactérie Ba3.	47
07	Prélèvement d'échantillon.	58
08	Palmeraie saine dans la station de l'INRAA d'Adrar.	58
09	Palmeraie contaminée par <i>F.o.a.</i> dans la station de l'INRAA Adrar.	58
10	Palmeraie saine Metlili.	58
11	Palmeraie contaminée par <i>F.o.a.</i> Metlili.	59
12	Hotte à flux laminaire de type vertical.	59
13	Mycélium de <i>F.o.a.</i> sur milieu PDA à partir du rachis de palmier dattier.	59
14	Autoclave.	59
15	Mycélium de <i>F.o.a.</i> (Gx400).	60
16	Champignon <i>Aspergillus niger</i> (Gx400).	60
17	Croissance de <i>F.o.a.</i> sur le milieu PDA.	60
18	Croissance du champignon <i>d'Aspergillus niger</i> .	60
19	Test d'antagonisme entre le <i>F.o.a.</i> et B ₁ .	61
20	Test d'antagonisme entre le <i>F.o.a.</i> et B ₃ .	61
21	Croissance radiale de la bactérie B ₁ .	61
22	Croissance radiale de la bactérie B ₃ .	61
23	Croissance radiale de la bactérie Ba3.	61
24	Croissance radiale de la bactérie Bm1.	61
25	Croissance radiale de la bactérie Ba2.	62
26	Test d'antagonisme entre le <i>F.o.a.</i> et Ba2.	62
27	Croissance radiale de la bactérie Bm2.	62
28	Test d'antagonisme entre le <i>F.o.a.</i> et Bm2.	62
27	Croissance radiale de la bactérie Bm2.	62
28	Test d'antagonisme entre le <i>F.o.a.</i> et Bm2.	62

29	Croissance radiale de la bactérie Ba1.	62
30	Test d'antagonisme entre la <i>F.o.a.</i> et Ba1.	62
31	Croissance radiale de la bactérie Ba4.	61
32	Test d'antagonisme entre la <i>F.o.a.</i> et Ba4.	63
33	Croissance radiale de la bactérie Ba5.	63
34	Test d'antagonisme entre la <i>F.o.a.</i> et Ba5.	63
35	Croissance radiale de la bactérie Ba6.	63
36	Test d'antagonisme entre le <i>F.o.a.</i> et Ba6.	63

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Morphologie du palmier dattier.	5
02	Représentation schématique de la répartition des racines d'un palmier dattier.	5
03	Schéma d'une palme.	6
04	Inflorescence et fleurs du dattier.	7
05	Propagation de la culture du palmier dattier dans l'ancien continent.	8
06	Répartition géographique du palmier dattier en Algérie.	9
07	Répartition géographique du Bayoud en Afrique du nord.	12
08	Caractéristiques microscopiques de <i>F.o.a.</i>	17
09	Carte épidémiologique de la répartition de la maladie du Bayoud au niveau de la Wilaya d'Adrar.	20
10	Carte de situation géographique de la wilaya d'Adrar.	22
11	Situation de la région de Metlili.	23
12	Diagramme Ombro-thermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région d'Adrar 1981-2010.	27
13	Diagramme Ombro-thermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Ghardaïa (2004 -2014)	27
15	Station d'étude dans la région d'Adrar.	30
16	Station d'étude dans la région Metlili.	31
17	Confrontation de <i>F.o.a</i> avec un micro-organisme par contact directe sur P.D.A.	34
18	Développement de la colonie de bactéries B ₁ en fonction du temps.	37

19	Développement de la colonie de bactéries B ₃ en fonction du temps.	38
20	Développement du mycélium de <i>Fusarium oxysporum</i> f .sp. <i>albedinis</i> .	38
21	Développement du mycélium d' <i>Aspergillus niger</i> .	39
22	Développement de la colonie de bactéries Bm1 en fonction du temps.	39
23	Développement de la colonie de bactéries Bm2 en fonction du temps.	40
24	Développement de la colonie de bactéries Bm3 en fonction du temps.	40
25	Développement de la colonie de bactéries Ba1 en fonction du temps.	41
26	Développement de la colonie de bactéries Ba2 en fonction du temps.	41
27	Développement de la colonie de bactéries Ba3 en fonction du temps.	42
28	Développement de la colonie de bactéries Ba4 en fonction du temps.	42
29	Développement de la colonie de bactéries Ba4 en fonction du temps.	43
30	Développement de la colonie de bactéries Ba6 en fonction du temps.	43
31	Développement du <i>F.O.A.</i> par rapport aux bactéries (B ₁ , B ₃ , Bm1, Bm2 et Bm3).	46
32	Développement du <i>F.O.A.</i> par rapport aux bactéries (Ba1, Ba2, Ba3, Ba4, Ba5 et Ba6).	46

Sommaire

Introduction	1
Premier partie : Synthèse bibliographique	
Chapitre I : Généralités sur le palmier dattier	4
1. Description botanique.....	4
1.1. Morphologique et anatomie.....	4
1.1.1- Système racinaire.....	5
1.1.2- Stipe et rejet.....	6
1.1.3- Palme.....	6
1.1.4- Inflorescence.....	6
1.1.5- Fruit.....	7
2. Position systématique (Taxonomie).....	7
3. Répartition géographique	8
3.1. Dans le monde	8
3.2. En Algérie	9
4. Importance économique	10
4.1. Dans le monde	10
4.2. En Algérie.....	10
Chapitre II : Fusariose vasculaire du palmier dattier ou « Bayoud »	11
1. Historique et extension géographique.....	12
2. Symptômes de la maladie.....	13
3. Agent causal	14
a- Position systématique	14
b- Caractères morphologiques macroscopiques	15
c- Caractères morphologiques microscopiques	16
c.1- Microconidies.....	16
c.2- Macroconidies.....	16
c.3- Chlamydozoospores.....	16
4. Relation hôte- parasite	17
5. Moyens de lutte	18
6.1. Lutte chimique	18
6.2. Lutte biologique.....	18

6.3. Lutte génétique	18
6.4. Mesures prophylactiques.....	19
Chapitre III : Présentation des régions d'étude	22
1. Situation géographique	22
2. Caractéristiques climatiques.....	24
2.1. Températures	24
2.2. Précipitation	24
2.3. Humidité de l'air	25
2.4. Vent	25
2.5. Insolation	26
2.6. Synthèses climatiques des régions	26
3. Hydrologie	27
4. Pédologie	28
5. Production des dattes de la région	28

Deuxième partie : Matériels et méthodes

1. Matériels	30
1.1. Sols	30
1.1.1. Origine des sols.....	30
1.1.2. Stations d'étude	30
1.2. Matériel fongique : rachis de palmier dattier.....	31
1.3. Milieu de culture	31
2. Méthodes	32
2.1. Préparation des sols.....	32
2.2. Caractéristiques des sols.....	32
2.3. Isolement des micro-organismes par la technique des suspension- dilutions..	33
2.4. Repiquage des souches	33
2.5. Conservation des souches	33
2.6. Mesures de la croissance radiale des différents micro-organismes.....	34
2.7. Test <i>in vitro</i>.....	34
2.7.1. Etude de la croissance radiale des différentes souches vis-à-vis du <i>F.o.a</i>	34
2.8. Technique d'isolement du <i>F.o.a</i>	34
2.8.1. A partir d'un rachis	34

2.8.2. A partir d'une culture âgée.....	35
2.9. Purification.....	35
3. Milieu de culture.....	35
3.1. Préparation du milieu de culture.....	35

Troisième partie : Résultats et discussions

1. Mesure de la croissance radiale des bactéries et des champignons	37
2. Evaluation du test d'antagonisme de différentes souches vis-à-vis du <i>F.o.a</i>	45
Conclusion	50
Références bibliographiques	52
Annexes	58



Introduction

Introduction

La culture du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) reste essentielle dans les zones arides chaudes, en plus de la production de dattes. Le palmier dattier constitue un élément clé dans l'écosystème saharien. Cette espèce joue un rôle essentiel dans la stabilité et le développement de l'équilibre socio-économique de la région.

Ce patrimoine phoénicoles est menacé de disparition sous la menace des différents ravageurs et maladies parmi ces dernières une maladie mortelle, la fusariose vasculaire, localement connue sous le nom de Bayoud. Elle est causée par un champignon microscopique, *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis (F.o.a.)*.

En Afrique du nord, cette grave maladie infectieuse, détruit actuellement les palmeraies Marocaines et algériennes et risque de s'étendre à d'autres pays phoénicoles. **(DJERBI, 1988)**.

En effet, cette maladie a détruit plus de 10 millions de palmiers au Maroc et plus de 3 millions en Algérie incluant surtout les cultivars vigoureux et productifs et dont la datte s'avère de grande valeur commerciale. En outre, le Bayoud a non seulement entraîné une érosion génétique dans la population hôte mais aussi une accélération du phénomène de désertification et de l'exode rural des phoeniculture vers les grands centres urbains. Devant cette situation alarmante de l'extension de la maladie et vu l'importance des dégâts qu'elle a occasionné, le Bayoud devient un ennemi majeur de la culture du palmier dattier dans le monde **(SEDRA, 2005a)**.

La lutte contre le Bayoud peut reposer sur des mesures de quarantaine strictes. La désinfection du sol est très couteuse et difficile. La lutte chimique n'est envisageable qu'en cas d'une nouvelle infection dans une région saine.

L'existence dans la nature de sols résistants à la fusariose vasculaire des dattiers et l'isolement des micro-organismes qui ont montrés un effet antagoniste *in vitro* et *in vivo* vis-à-vis du *F.o.a.* ont fait l'objet de quelques études en Algérie et au Maroc. Cette stratégie de lutte est très intéressante mais, elle reste sans application sur le terrain **(HAKKOU et al., 2012)**.

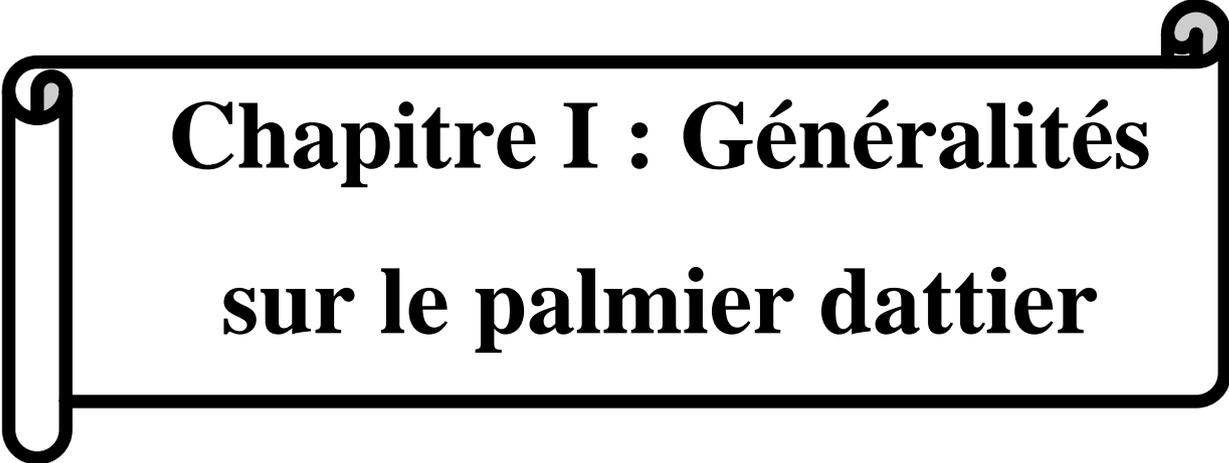
L'objectif de ce travail est de tester *in vitro* le potentiel antagoniste vis à vis de *F.o.a* de souches de micro-organismes, isolées de la rhizosphère du palmier dattier. L'étude a porté sur des sols dans deux régions : Adrar et Metlili.

Pour cela le mémoire comporte trois parties, on a abordé dans la première une synthèse bibliographique comprend trois chapitres relatifs aux généralités sur le plante hôte (palmier dattier), le *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (F.o.a.) et sur les régions d'étude Adrar et Metlili.

Le deuxième résume le matériel et méthode utilisés dans cette étude et la dernière partie concerne les résultats et discussion.



**Premier partie : Synthèse
bibliographique**



**Chapitre I : Généralités
sur le palmier dattier**

Généralités sur le palmier dattier

Le palmier dattier constitue l'élément fondamental de l'agro système oasien. Il joue un rôle primordial sur le plan écologique par la création d'un microclimat favorable à d'autres cultures en intercalaire (arbres fruitiers, légumes, céréales,...) et activités d'élevages, sur le plan socio-économique grâce à la production des dattes et des sous-produits base de l'alimentation humaine et animale dans les régions sahariennes (pâtes, farine, sirop, vinaigre, levure, alcool, confiserie,...) et la stabilité des populations sahariennes (**KHENE, 2013 et MATALLAH, 2004**).

1. Description botanique

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera*, L.) provient du mot latin *Phoenix* qui signifie dattier chez les phéniciens, et *dactylifera* dérive des grecs *dactylos* (=doigt), allusion faite à la forme du fruit. Le nom *Phoenix*, fait allusion, à un oiseau auquel la légende attribue la capacité de renaître de ses cendres à l'instar du palmier dattier qui peut reprendre sa végétation après avoir été partiellement brûlé. Le palmier dattier permet une pérennité de la vie dans les régions désertiques (**MUNIER, 1973**).

1.1. Morphologique et anatomie

Le palmier dattier est arborescent monocotylédone, avec un tronc ou stipe monopodique (non ramifié et unique), très élancé, vertical et cylindrique de couleur brune, pouvant atteindre 30 à 40 mètre de haut et portant au sommet une couronne de feuilles ou palmes, pennées de 4 à 7 mètres de longueur. L'espèce est dioïque et porte des inflorescences mâles et femelles sur des pieds différents (**GHOMARI, 2009**).

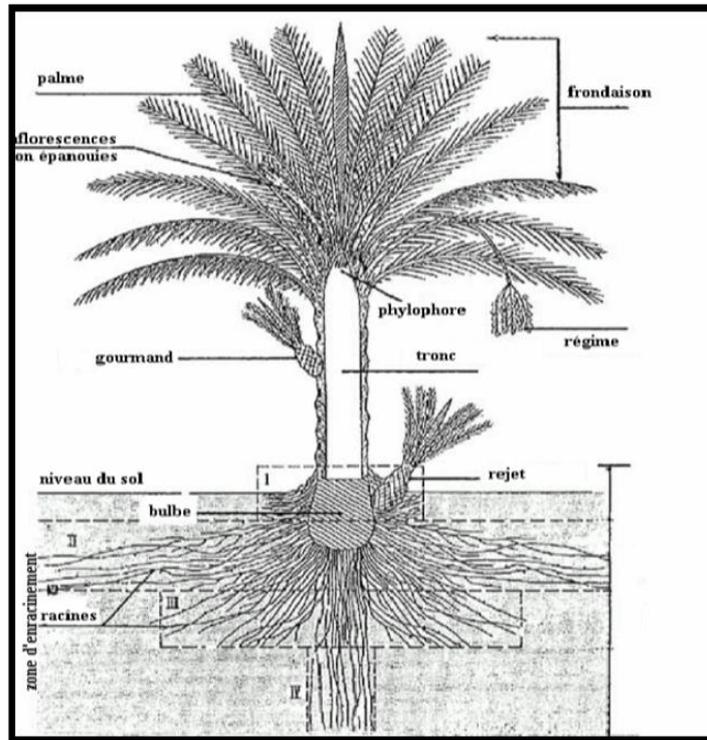


Figure N°01: Morphologie du palmier dattier (MUNIER, 1973).

1.1.1- Système racinaire

Le système racinaire est fasciculé disposé en faisceaux de racines plus ou moins riches en radicelles (MUNIER, 1973). Le bulbe, à la base du stipe, constitue la réserve du palmier. De là part le système racinaire d'où émergent les racines primaires courtes de moins d'un mètre, et des racines longues de plus de 20 mètres. (DJERBI, 1994). Le système racinaire présent quatre zones (Zone I, Zone II, Zone III et Zone IV) (Figure N°2).

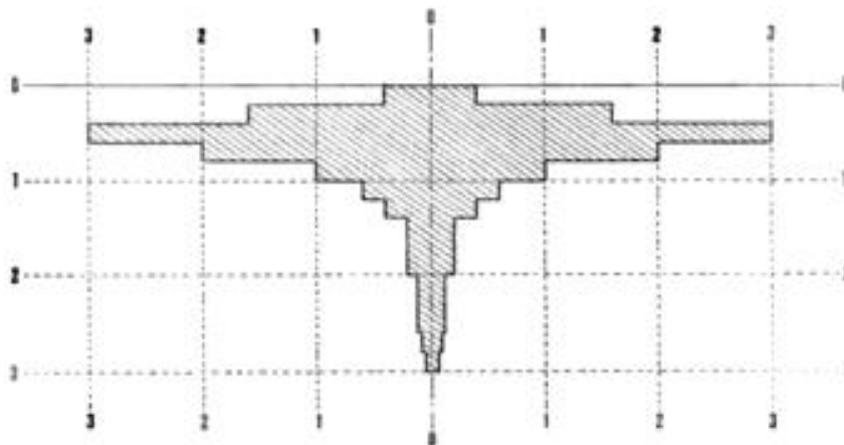


Figure N°02 : Représentation schématique de la répartition des racines d'un palmier dattier (MUNIER, 1973).

1.1.2- Stipe et rejet

Le stipe reste couvert durant plusieurs années par les bases foliaires des anciennes feuilles, celles-ci finissent par tomber et laissent des cicatrices. L'accroissement du tronc en longueur se fait au niveau du phyllophore ou bourgeon terminal. Le stipe peut atteindre 20 m de long, son épaisseur reste la même, il peut présenter certaines zones de rétrécissement qui correspondent généralement à des périodes de sécheresse (MUNIER, 1973).

Le dattier forme des rejets ou "djebars" à la base du stipe. Chaque rejet planté donne naissance à des palmiers de mêmes caractéristiques que le pied mère, contrairement aux francs ou « *khalt* » obtenus par semis (BOUDEFFEUR, 2010).

1.1.3- Palme

Les feuilles sont composées pennées disposées en hélice sur le stipe, au niveau du segment inférieur, les folioles sont transformées en épines. Le dattier adulte peut produire de 20 à 30 palmes / an ; le nombre total de palmes par pied est de 100 à 125 palmes actives et ce nombre peut arriver à 150 palmes (MUNIER, 1973).

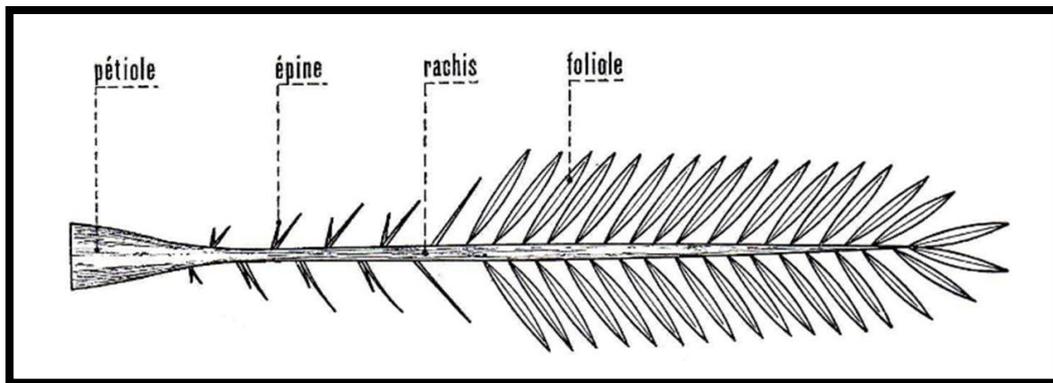


Figure N°03 : Schéma d'une palme (MUNIER, 1973).

1.1.4- Inflorescence

Les inflorescences du dattier prennent naissance à partir des bourgeons axillaires à l'aisselle des palmes dans la région coronaire. Etant donné que le palmier est dioïque, les pieds mâles portent des inflorescences mâles et les pieds femelles qui sont producteurs de dattes portent les inflorescences femelles. Les fleurs sessiles sont portées par des pédicelles rassemblés en épis composés ou spadice qui est enveloppé dans sa phase juvénile par une spathe. Celle-ci s'ouvre d'elle-même par une ligne médiane (MUNIER, 1973).



Figure N°04 : Inflorescence et fleurs du dattier (BOUDEFFEUR, 2010).

1.1.5- Fruit

La datte est une baie contenant un noyau. Elle est constituée d'un mésocarpe charnu, protégé par un fin péricarpe. Le fruit contient une seule graine, de consistance dure et cornée, relativement petite, fusiforme et pointue aux deux extrémités. Elle porte un sillon ventral peu profond et un embryon dorsal (MATALLAH, 2004).

2. Position systématique (taxonomie)

Le palmier dattier a été dénommé *Phoenix dactylifera* par Linné en 1734 (MUNIER, 1973).

Embranchement : *Angiospermes*.

Classe : *Monocotylédones*.

Groupe : *Spadiciflora*.

Ordre : *Palmea*.

Famille : *Arecaceae* ou *Palmaceae*.

Sous famille : *Coryphoideae*.

Tribu : *Phoeniceae*.

Genre : *Phoenix*.

Espèce: *Phoenix dactylifera* L. 1734

3. Répartition géographique

3.1. Dans le monde

Les limites extrêmes s'étendent entre 10° de latitude Nord (Somalie) et 39° de latitude Nord (Elche en Espagne ou Turkménistan). Les zones les plus favorables sont comprises entre le 24° et le 34° de latitude Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Libye, Egypte, Irak, etc...). Aux Etats-Unis la culture s'étend du 33° au 35° parallèle. Il est aussi présent dans l'hémisphère Sud (Australie, Amérique du Sud...) (**BEN ABDALLAH, 1990**).

Les facteurs ayant favorisé sa propagation : la diffusion de l'islam et le pèlerinage, la colonisation, les échanges commerciaux et la coopération internationale (**Figure N°05**).

* Trois principales voies de propagation (**MUNIER, 1973**).

- de l'Irak vers l'Est (Pakistan, Inde, Iran, Russie).
- de l'Egypte vers l'Afrique du nord.
- de l'Afrique du nord vers les pays du sahel (Mali, Niger,..).

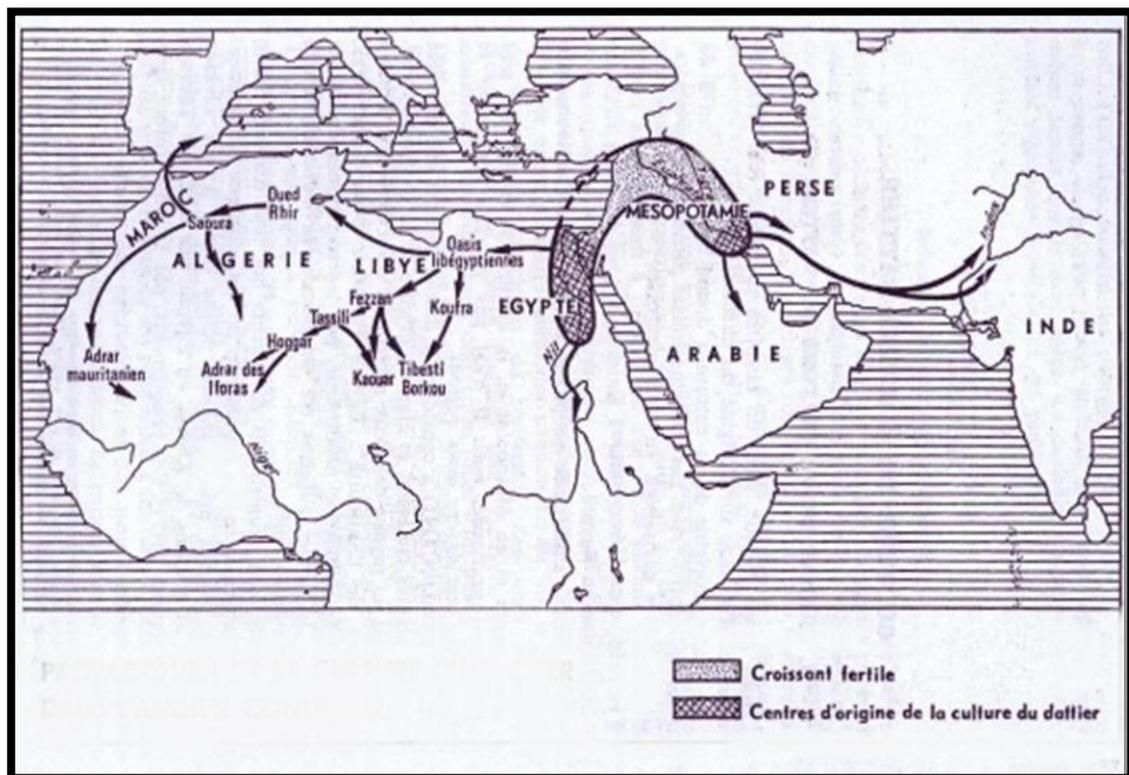


Figure N°05 : Propagation de la culture du palmier dattier dans l'ancien continent (**Munier, 1973**).

3.2. En Algérie

La culture du palmier dattier occupe toutes les régions situées sous l'Atlas saharien depuis la frontière marocaine à l'Ouest jusqu'à la frontière Est tuniso-libyenne. Du Nord au Sud du pays, elle s'étend depuis la limite Sud de l'Atlas saharien jusqu'à Reggane à l'Ouest, Tamanrasset au centre et Djanet à l'Est.

Les principales régions productrices sont celles de l'Est, indemnes de Bayoud, qui concentrent la production de la variété Deglet-Nour, avec principalement les palmeraies de Oued Rhir et des Ziban, de Oued souf, de la cuvette de Ouargla et du M'Zab. A l'Ouest ce sont les palmeraies de l'Oued Saoura, du Touat, du Gourara et du Tidikelt (BOUGUEDOURA, 1991).

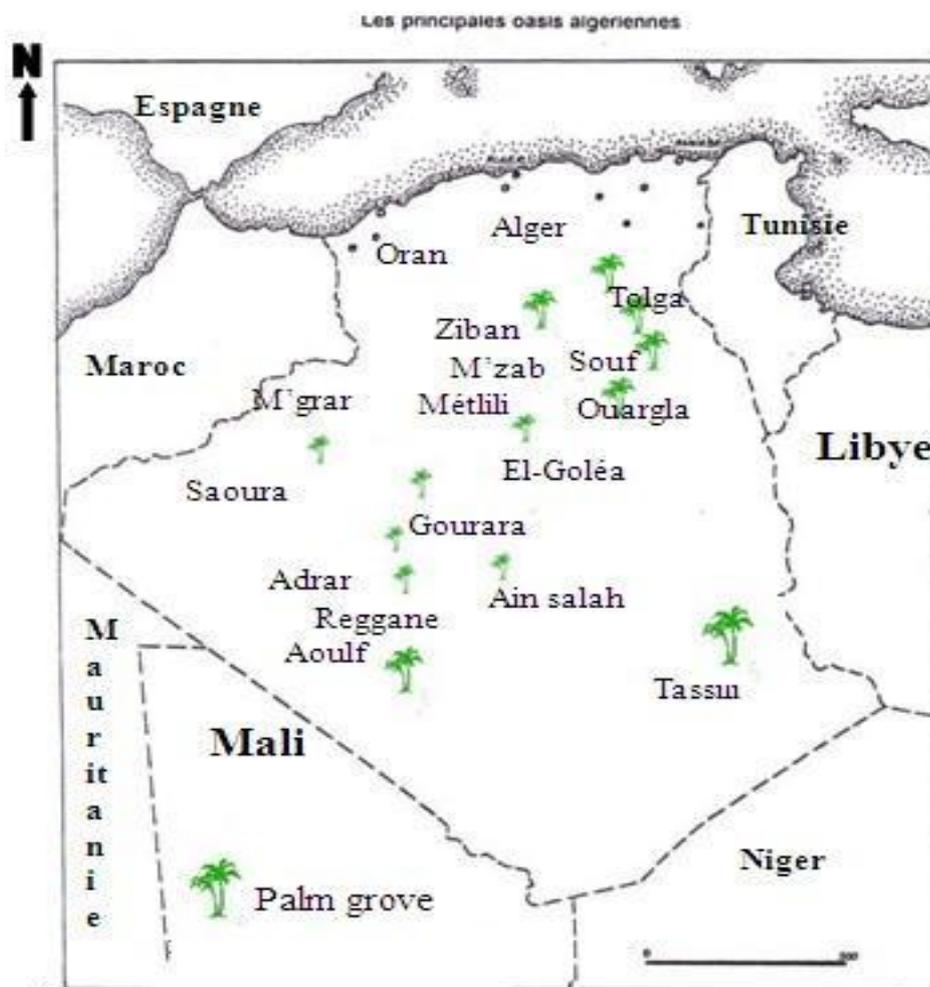


Figure N°06 : Répartition géographique du palmier dattier en Algérie (BOUDEFFEUR, 2013).

4. Importance économique

4.1. Dans le monde

La production mondiale de dattes est principalement au Moyen Orient et l'Afrique du Nord; alors que 93 % de cette récolte est consommée localement. Cette production est passée en 2001 de 5,4 millions de tonnes (**BOTES et ZAID, 2002**) à 6,7 millions de tonnes en 2003 (**ERSKINE et al, 2003**). Le rendement moyen par pied est d'environ 33 kg. Il est de 73 kg en Egypte, 100 kg aux Etats-Unis, contre 30 kg en Tunisie (**BEN ABDALLAH, 1990**).

4.2. En Algérie

L'Algérie occupe le cinquième rang mondial avec une production annuelle de 780000 tonnes. La densité moyenne de plantation à l'hectare est d'environ 110 palmiers, ce qui correspond à un nombre total d'environ 17,6 millions de palmiers sur plus de 160 000 ha dont 10,9 millions en pleine production. Le rendement moyen par pied est de 47 kg (**MADR, 2013**).

**Chapitre II : Fusariose vasculaire
du palmier dattier ou « *Bayoud* »**

Fusariose vasculaire du palmier dattier ou « Bayoud »

Le « Bayoud » est la maladie fongique la plus grave du palmier dattier. L'agent causal est *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (KILLIAN et MAIRE) W. L. GORDON (= *F.o.a.*) (BOUDEFFEUR, 2010).

1. Historique et extension géographique

Le Bayoud est apparue dans la vallée du Drâa au nord de Zagora au Maroc en 1870 (HAKKOU et al., 2012), ensuite il s'est propagé vers le sud-ouest marocain et l'Est en 1900 pour atteindre respectivement les palmeraies marocaines du Bani et les palmeraies des deux côtés des frontières algéro-marocaines. Entre 1920 et 1950, la maladie a contaminé les palmeraies sud algériennes dont celles d'Adrar (1930). Un foyer primaire a été éradiqué à El-Goléa en 1978. Par la suite, la maladie a été découverte dans les palmeraies mauritaniennes à Adrar (1995) et à Tagant (2002). Certains cultivars du palmier attaqués étaient probablement originaires du Maroc et de l'Algérie (SEDRA, 2003 et SEDRA, 2005a). Le Bayoud atteint Metlili en 1950, faisant ainsi un bond de 700 Km ; plus récemment encore les palmiers de Ghardaïa et d'El-Goléa sont à leur tour atteints en 1965 et 1978 (DJIRBI, 1988).

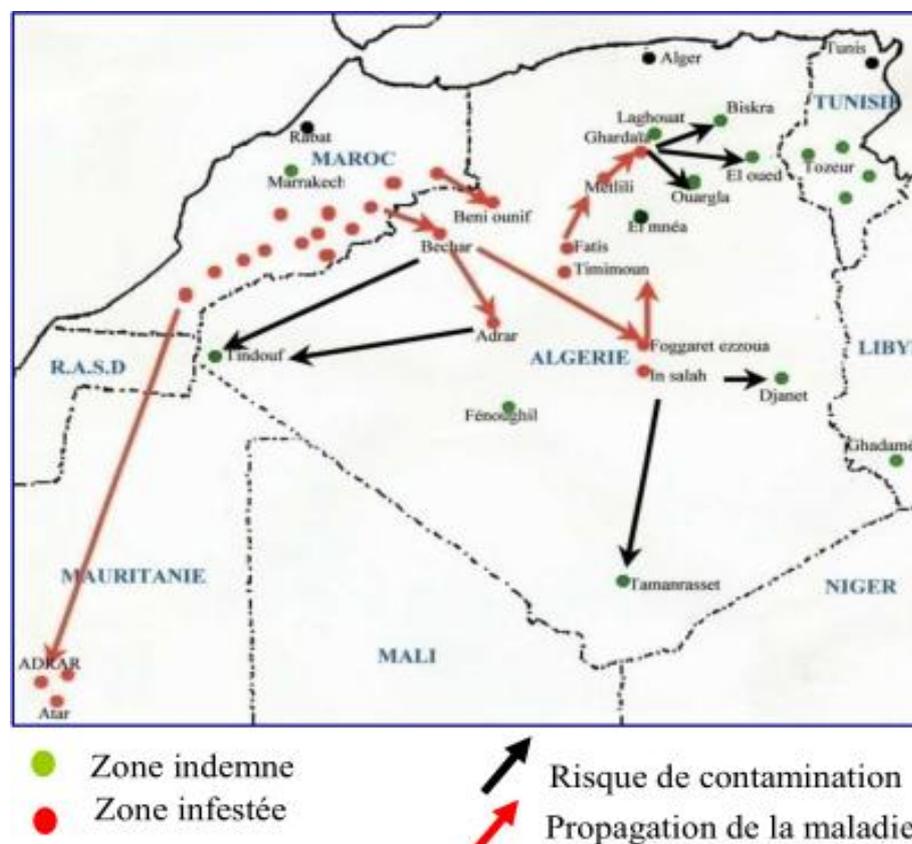


Figure N°07 : Répartition géographique du Bayoud en Afrique du nord (INPV, 2011).

2. Symptômes de la maladie

a. Symptômes externes :

Le premier signe de la maladie s'observe sous forme d'un dessèchement d'abord asymétrique unilatéral d'une palme de la couronne moyenne puis atteint l'autre côté de la palme (**photo N°01**), celle-ci prend un aspect plombé (gris-cendre). Les palmes complètement desséchées montrent une arcure caractéristique et prennent un aspect de plumes mouillées (**DJERBI, 1988**); puis l'attaque se généralise à l'ensemble du palmier entraînant sa mort au bout de 6 mois à 2 ans (**DJERBI, 1988 et SEDRA, 2006**).

Mais ces symptômes ne sont pas toujours aussi typiques, il est possible qu'ils se développent d'une façon différente. Parfois, aussi, un jaunissement généralisé pourrait être repéré avant l'apparition des symptômes typiques (**HAKKOU et al. 2012**). Certaines espèces végétales cultivées dans les oasis (luzerne, henné) constituent un 'réservoir' du champignon (**BAAZIZ, 2003**).



Photo N°01 : Symptômes externes du Bayoud sur une palme (**original, 2015**).

b. Symptômes internes

La coupe transversale d'un palmier Bayoudé, permet de suivre le cheminement du champignon dans les vaisseaux. On constate par leur nécrose que quelques racines seulement ont servi au passage du champignon ; faisant suite à ces racines malades, on trouve dans le stipe quelques faisceaux libéro-ligneux qui, avec le sclérenchyme et le parenchyme qui les entourent, ont pris une coloration brun rougeâtre. Il existe ainsi une continuité des symptômes vasculaires, depuis les racines jusqu'à l'extrémité des palmes (**DJERBI, 1988**).



Photo N°02 : Palmier Bayou dé au stade final. (Original, 2015).

3. Agent causal

Le Bayoud, fusariose vasculaire du palmier causée par *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Killian et Maire, 1930), Malençon and Gordon, est incontestablement la maladie la plus destructive et la plus menaçante dans les pays maghrébins (SEDRA, 2005a). Le *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (*F.o.a.*) C'est un champignon microscopique faisant partie de la microflore du sol où il peut être conservé pendant plusieurs années sur les débris de plantes ou dans le sol soit sous forme de chlamydospores soit en vie saprophytique. Dès l'infection, la progression ascendante du champignon dans les vaisseaux est réalisée par le mycélium et les microconidies entraînées par la sève (BAAZIZ, 2003).

a- Position systématique

Selon OEPP (2003) :

Nom: *Fusarium oxysporum* Schlechtendahl: Fr. f. sp. *albedinis* (Killian & Maire) W. L. Gordon.

Synonyme : *Cylindrophora albedinis* Killian & Maire *Fusarium albedinis* (Killian & Maire) Malençon.

Tableau N°01 : Classification du *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*

Domaine	<i>Eukarya</i>
Règne	<i>Fungi</i>
Embranchement	<i>Ascomycota</i>
Classe	<i>Sordariomycota</i>
Ordre	<i>Hypocreales</i>
Famille	<i>Nectriaceae</i>
Genre	<i>Fusarium</i>
Espèce	<i>Fusarium oxysporum</i>
Forme spéciale	<i>albedinis</i>

b- Caractères morphologiques macroscopiques du *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*

Sur un milieu P.D.A (Potato Dextrose Agar), le *F.o.a* se développe en formant un mycélium aérien blanc (**BOUNAGA, 1970**). Les cultures ont une apparence visqueuse due à la production abondante de conidies, et sont roses (sur l'envers de la boîte, surtout sur milieu PDA) et à croissance lente (6,0–8,5 cm de diamètre en 8 jours à 25° C sur milieu PDA) (**OEPP/EPPO, 2003**). Après quelques jours d'incubation sous la lumière fluorescente, les colonies du champignon présentent en général une teinte rose-saumon, très pâle (localisée au niveau du mycélium) (**Photo N°03**), par contre à l'obscurité, elles présentent des teintes violacées (**BOUDEFFEUR, 2010**).



Photo N°03 : Mycélium de *F.o.a.* sur milieu PDA à partir de culture âgé (**original, 2015**).

c- Caractères morphologiques microscopiques du F.O.A

Le *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* est un champignon imparfait (**BOUNAGA et DJERBI, 1990**). Les différents types des spores produites par *F.o.a.* : (**Figure N° 9**)

c.1- Microconidies

Les microconidies prennent naissance à partir de l'extrémité terminale des microphialides. Elles sont très nombreuses, hyalines, de formes globuleuses, allongées et parfois courbées de dimensions variables de 3 à 15 µm de long et de 3 à 5µm de diamètre. Elles sont souvent unicellulaires et parfois bicellulaires et possèdent rarement des cloisons (**DJERBI, 1988**).

c.2- Macroconidies

Elles sont formées à partir de l'extrémité des macrophialides. Les macrophialides sont peu nombreuses dans les cultures jeunes, plus larges que les microphialides, se regroupant pour former les sporochies. Elles ont une base pédiforme à l'extrémité pointue et courte, elles sont courbées et cloisonnées, possèdent 3 cloisons et rarement 4 à 5 cloisons. La taille varie de 20 à 35 µm de longueur et 3 à 5µm de diamètre, selon les conditions de culture (**DJERBI, 1988**).

c.3- Chlamydospores

Elles apparaissent dans les cultures âgées et en conditions défavorables de l'environnement tel que le manque d'oxygène et/ou d'éléments nutritifs, pH acide, ou en présence d'un rapport C/N bas. Les chlamydospores peuvent se conserver pendant presque une décennie (**DJERBI, 1988**). Elles se forment soit à partir d'articles mycéliens, soit à partir d'une cellule de macroconidies. Elles sont caractérisées par une paroi très épaisse et accumulent d'importantes réserves de nature lipidiques, ces structures sont toujours arrondies, ayant de 6 à 20 µm de diamètre.

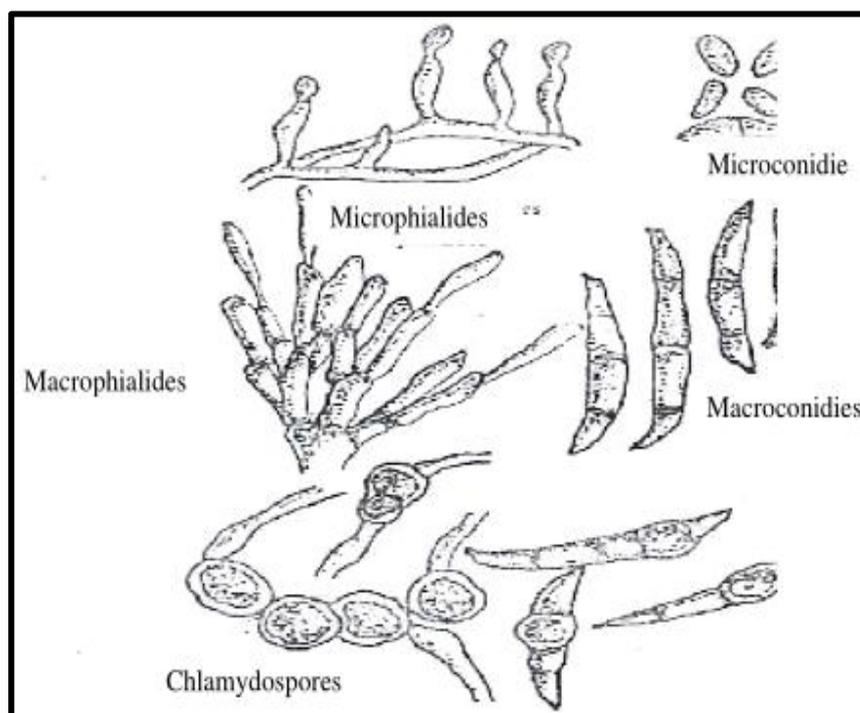


Figure N°08 : Caractéristiques microscopiques de *F.o.a.* (DJERBI, 1988).

4. Relation hôte- parasite

Le *F.o.a.* pénètre dans son hôte par les racines (RAHMANIA, 1982). OIHABI (1991) a montré, grâce à l'utilisation du microscope électronique à transmission, que la pénétration du parasite s'effectue au niveau de la pointe racinaire. L'utilisation des techniques d'inoculation artificielle a permis à DUBOST et KADA (1974) de déterminer le stade 2 feuilles où les plantules deviennent les plus réceptives au parasite et correspond à la maturité et à la différenciation des vaisseaux conducteurs. MATHERON et BENBADIS (1995) affirment que la microconidie développe un hyphes qui se plaque contre la surface de la racine et la perfore. La pénétration des hyphes devient ensuite possible à tous les niveaux de la racine proportionnellement à la densité mycélienne (BOUDEFFEUR, 2010).

Des marqueurs biochimiques de nature phénolique, relevant de l'étude de l'interaction palmier dattier-*F.o.a.*, ont révélé une accumulation massive des composés phénoliques constitutifs et induits chez les cultivars résistants en comparaison avec les cultivars sensibles au Bayoud (ZIOUTI et al., 1996 ; ELHADRAMI et al., 1997 et ELHADRAMI, 2002).

5. Moyens de lutte

5.1. Lutte chimique

Celle-ci s'avère pratiquement impossible à large échelle en raison du coût élevé des traitements et des risques encourus. Le seul cas où elle peut être envisagée serait pour l'éradication d'un nouveau foyer dans une zone saine (cas d'El Goléa en 1978). L'utilisation du bromure de méthyle et de la chloropicrine semble donner de bons résultats (**BOUNAGA et DJERBI, 1990**).

5.2. Lutte biologique

Le concept de l'utilisation des sols résistants (suppressifs) a ouvert un autre aspect relevant de la lutte intégrée suscitant un intérêt particulier dans la lutte contre les fusarioses vasculaires. Les sols suppressifs empêchent l'établissement du champignon dans le sol et/ou l'expression de son pouvoir pathogène. Tels sont les sols des palmeraies marocaines de Marrakech et Ouarzazate (**SEDRA, 1995**).

Les travaux de SABAOU et al. (1980) et de AMIR et AMIR (1988) ont montré aussi l'existence, après une étude in vitro, d'antagonistes vis-à-vis du *F.o.a.* Parmi ceux-ci, des travaux ont mis en évidence les potentialités de certaines rhizobactéries, notamment les *Pseudomonas* spp. *fluorescents*, dans la régulation de l'équilibre microbien rhizosphérique au profit des plantes, en induisant la répression des effets néfastes de nombreux agents phytopathogène telluriques, notamment vis à vis des espèces de *Fusarium* (**BENCHABANE et al., 2006**).

5.3. Lutte génétique

Deux principaux objectifs sont actuellement visés dans tout projet d'amélioration génétique du palmier dattier ; une résistance à la maladie du Bayoud et une qualité fruitière acceptable (**BAAZIZ, 2003**).

Elle se fait par la recherche de cultivars résistants provenant soit de prospections soit de croisements dirigés, soit de populations naturelles issues de graines : les (*Khalts*), testés dans des terrains infestés au Maroc et en Algérie dans les stations de recherches agronomiques (Zagora, Er-Rachidia - Adrar). Des cultivars d'autre pays sont aussi introduits dans les essais. Cependant au Maroc, des palmiers que l'on croyait résistants se sont avérés sensibles 8 à 10 ans après leur plantation (**BOUNAGA et DJERBI, 1990**).

Chapitre II : Fusariose vasculaire du palmier dattier

La lutte génétique par l'utilisation de variétés résistantes apparaît donc jusqu'ici comme le seul moyen susceptible de faire vivre et produire le palmier dattier, même en présence de la maladie. Complexe et exigeante en temps dans le cas d'une plante telle que le palmier, mais prometteuse, la lutte génétique a été menée au Maroc depuis les années soixante et en Algérie depuis les années quatre-vingt. La sélection de palmiers productifs, de bonne qualité dattière et résistants à la maladie nécessite une méthodologie rigoureuse particulièrement dans l'étape de l'évaluation de la résistance (**SEDRA, 2005b**).

5.4. Mesures prophylactiques

Ces mesures s'appliquent à des zones ou des pays encore indemnes de Bayoud en vue d'assurer leur protection ; elles n'ont pas intérêt pour les régions atteintes.

Il s'agit essentiellement d'empêcher le transport essentiellement des rejets, fragments de palmier, fumier et de la terre, d'une palmeraie atteinte à une autre saine.

L'efficacité dépend essentiellement de l'établissement d'une législation et surtout de la mise en œuvre des mesures d'application par la constitution d'une police phytosanitaire, par l'installation de plaques d'avertissement ainsi que par la vulgarisation des connaissances sur le Bayoud à grande échelle (**DJERBI, 1988**).

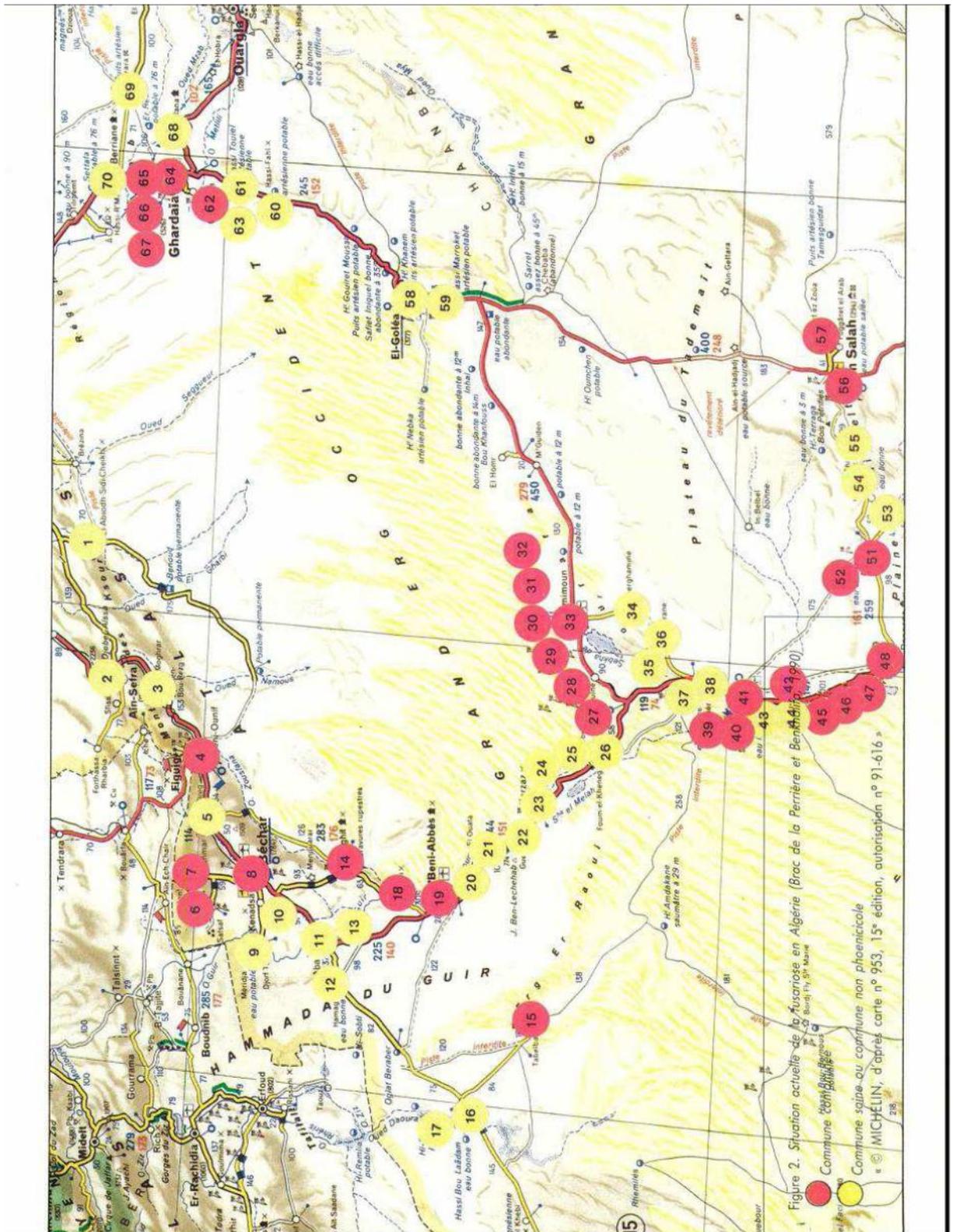


Figure N°09: Carte épidémiologique de la répartition de la maladie du Bayoud au niveau de la Wilaya d'Adrar (BRAC de la PERRIÈRE et BENKHALIFA, 1991).

A decorative border resembling a scroll, with a thick black line and rounded corners. The top and bottom edges have small circular motifs that look like the ends of a scroll.

Chapitre III: Présentation des régions d'étude

Présentation des régions d'étude

1. Situation géographique

a. Adrar

La wilaya d'Adrar issue du découpage administratif de 1974, fait partie du Sahara algérien (grand sud), caractérisée par trois grandes zones : Gourara, Touat et Tidikelt. Elle couvre 427 968 km², soit 17,97 % de territoire national. Elle est composée de 28 communes regroupées en 11 daïras¹. Elle possède des frontières avec plusieurs wilayate. En 1930, la maladie du Bayoud atteint les palmeraies d'Adrar.

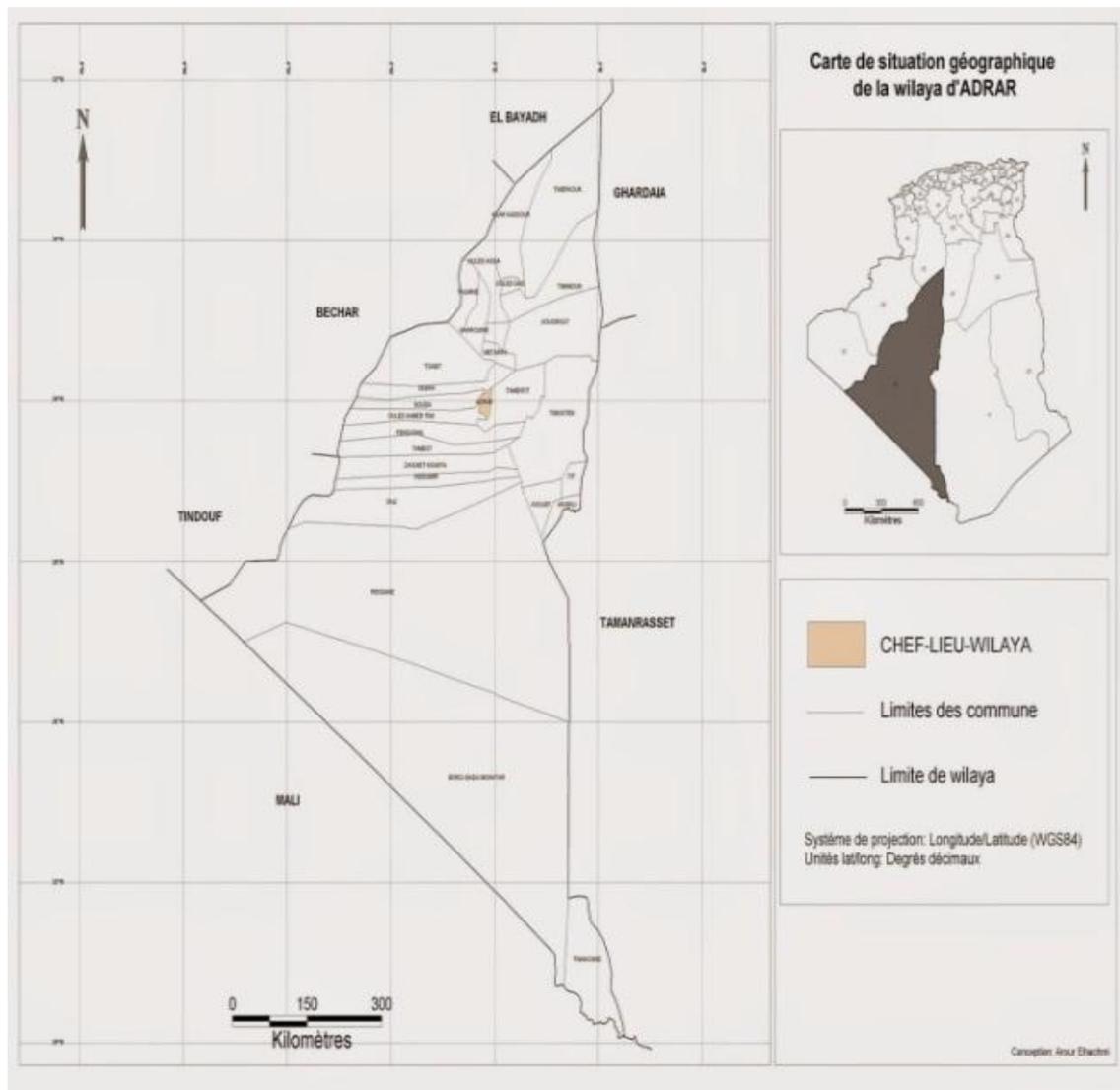


Figure N°10: Carte de situation géographique wilaya d'Adrar (ELHACHMI, 2014).

¹ Adrar, Fenoyghil, Aoulef, Reggane, Timimoun, Zaouet Kounta, Tsabit, Aougrou, Charouine, Tinerkouk et Bordj Badji Mokhtar.

b. Metlili

La commune de Metlili est située à 40 km au sud du chef-lieu de la wilaya de Ghardaïa. Elle compte 43 030 habitants sur une superficie de 7 300 km² (D.P.A.T., 2009).

Elle est limitée :

- Au Nord par la Wilaya d'EL BAYADH et les communes de Daya, Bounoura, EL Atteuf et Zelfana. Au Sud par la commune de Sebseb, à l'Est par la wilaya d'Ouargla et à l'Ouest par la Wilaya d'EL Bayadh.

En 1950, la maladie du Bayoud a atteint les palmeraies Metlili.

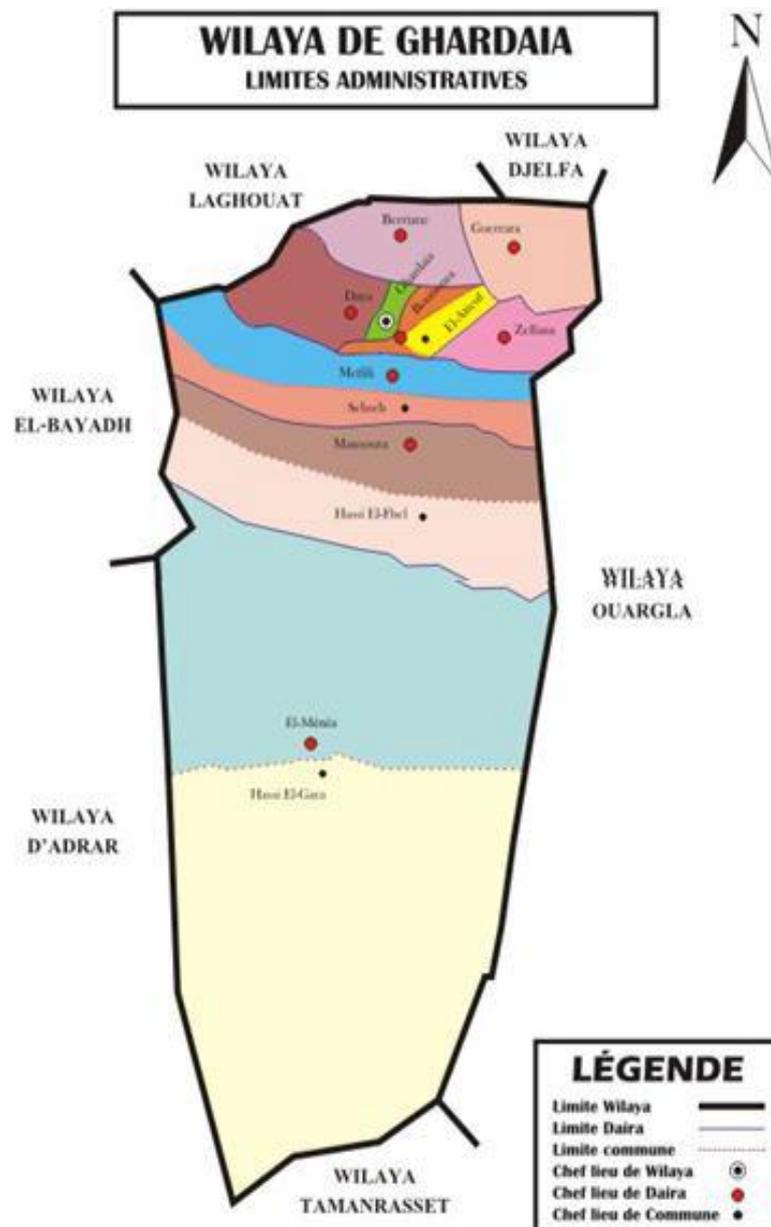


Figure N°11 : Situation de la région de Metlili (DSA, 2014).

2. Caractéristiques climatiques

La wilaya d'Adrar comprend 02 zones climatiques distinctes :

- Une zone semi- aride qui s'étend de Timimoune jusqu'à Béchar.
- Une zone aride qui part de Timimoune à Timiouaouine

Le climat d'Adrar obéit aux caractéristiques générales du climat saharien à savoir un hiver froid et un été chaud, avec une sécheresse permanente.

De même que le climat de la Wilaya de Ghardaïa et la région de Metlili dont elle fait partie est de type saharien.

2.1. Températures

C'est le facteur le plus dominant dans les zones sahariennes. Elle joue le rôle le plus important de tous les facteurs climatiques (**DREUX, 1980**).

La région d'Adrar se caractérise par des moyennes de températures très élevées. Le mois de Janvier est le plus froid avec des températures moyennes allant de 4,86 °C à 20,75 °C, cependant le mois le plus chaud est Juillet avec des températures oscillant entre 28,4 °C et 45,5 °C.

Dans la région de Metlili, le mois le plus chaud est juillet, avec une température moyenne de 34,97°C. Le mois le plus froid est Janvier avec une moyenne égale à 6,76°C (**Tableau N°02**).

Tableau N°02 : Températures mensuelles dans les régions d'Adrar et de Metlili.

	Mois	J	F	M	A	M	J	JJ	A	S	O	N	D
Adrar (1981- 2010)	Tmin	4,86	8,2	12,05	16,19	20,82	25,85	28,4	28	24,69	18,17	11,86	6,5
	Tmoy	12,77	16,44	20,85	25,59	30	35,76	38,26	37,24	33,57	26,38	19,18	14,08
	Tmax	20,75	24,2	28,68	32,98	36,9	43,02	45,55	44,48	40,79	34,03	27,25	21,9
Metlili (2004- 2014)	T.moy	6,76	15,81	17,18	21,4	25,73	30,93	34,97	32,88	29,08	23,78	17,06	12,70

Source : www.tutiempo.net et (**O.N.M Ghardaïa, 2015**).

2.2. Précipitation

La région d'Arar est caractérisée par la rareté des précipitations, oscillant entre 0,28 à 17,67 mm, ce qui rend les sols de la région sans cohésion, avec une mal consistance et sans couvert végétal. Cette quantité d'eau est insuffisante pour répondre aux besoins des végétaux, donc le recours à l'irrigation est obligatoire. (**Tableau N°03**).

Chapitre III : Présentation de région d'étude

Selon le tableau 03, le mois le plus pluvieux est le mois de septembre avec 20,57 mm avec une faible précipitation pendant le mois février 1,62 mm, et elles sont très faibles ou même nulles pendant le reste de l'année.

Tableau N°03: Pluviométrie mensuelle moyenne dans les régions d'Adrar et de Metlili.

	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Adrar (1981-2010)	Pluies (mm)	2,18	1,18	3,55	7,89	17,67	3,77	3,64	0,28	0,54	1,41	1,35	0,59
Metlili (2004-2014)		14,56	1,62	8,06	8,29	3,1	3,39	2,76	3,74	20,57	10,27	7,21	5,79

Source : www.tutiempo.net et (O.N.M Ghardaïa, 2015).

2.3. Humidité moyenne de l'air

Selon le tableau 04, l'humidité atmosphérique maximale est celle de l'hiver atteignant 40,17 % en Décembre, cependant elle est minimale en été avec 12,65 % en juillet.

Au niveau de la région de Ghardaïa, l'atmosphère présente en quasi permanence un déficit hygrométrique. Le maximum se situe en mois de décembre avec 51,4%. Le minimum s'observe aux mois de juillet et Août où elle est respectivement 22 et 25,2% (**Tableau N°04**).

Tableau N°04 : Humidité moyenne de l'air dans les régions d'Adrar et de Metlili.

	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Adrar (1981-2010)	H%	37,68	29,72	23,73	20,65	18,67	14,97	12,65	15,17	20,33	28,03	34,87	40,17
Metlili (2004-2014)		53,4	43,8	39,6	36,4	29,4	26,2	22	25,2	37,6	47,8	47,8	51,4

Source : www.tutiempo.net et (O.N.M Ghardaïa, 2015).

2.4. Vents

Le vent est l'un des facteurs les plus importants du climat, car il a une influence directe sur les températures, l'humidité et active l'évaporation. Les plantations doivent être protégées par des brise-vents. Les vents dominants se caractérisent par une vitesse moyenne variante entre 19,5 Km/h et 24,25 Km/h, le printemps (Mars, Avril, Mai) est une période du vent à grande vitesse de l'année provoquant l'arrachement de plants et le transport de sable engendre le phénomène de l'érosion éolienne (**Tableau N°05**).

Chapitre III : Présentation de région d'étude

Ils sont deux types : les vents de sables en automne, printemps et hiver de direction nord-ouest et les vents chauds (Sirocco) dominant en été, de direction sud-nord ; sont très secs et entraînent une forte évapotranspiration. La plus forte vitesse de vents est enregistrée à Ghardaïa (2004-2014) en mois Juin (4,06 Km/h).

Tableau N°05 : Vitesse moyenne du vent dans les régions d'Adrar et de Metlili.

	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Adrar (1981-2010)	V (km/h)	21,61	21,95	24,28	24,26	24,15	22,85	24,27	23,96	22,08	21,36	19,67	20,2
Metlili (2004-2014)		3,12	2,26	3,15	3,32	3,22	4,06	2,53	2,35	2,66	2,6	2,23	2,51

Source : www.tutiempo.net et (O.N.M Ghardaïa, 2015).

2.5. Insolation

L'insolation est considérable dans les deux régions durant toute l'année, avec un maximum 338,27 heure (juillet) et un minimum de 244,55 heures (février) pour Adrar (www.tutiempo.net) et un maximum de 347,67 heures en juillet, et un minimum de 233,89 heures en décembre pour Metlili (O.N.M Ghardaïa, 2015).

2.6. Synthèses climatiques des régions

2.6.1. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Les températures et les précipitations représentent les facteurs les plus importants pour caractériser le climat d'une région. Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN permet de définir la période sèche (**Figure N°12 et 13**). Un mois est considéré sec lorsque les précipitations mensuelles correspondantes exprimées en millimètres sont égales ou inférieures au double de la température exprimée en degré Celsius.

- En abscisses sont représentés les mois de l'année.
- En ordonnées sont portées les précipitations en mm et les températures moyennes en °C.

❖ Une échelle de $P = 2T$

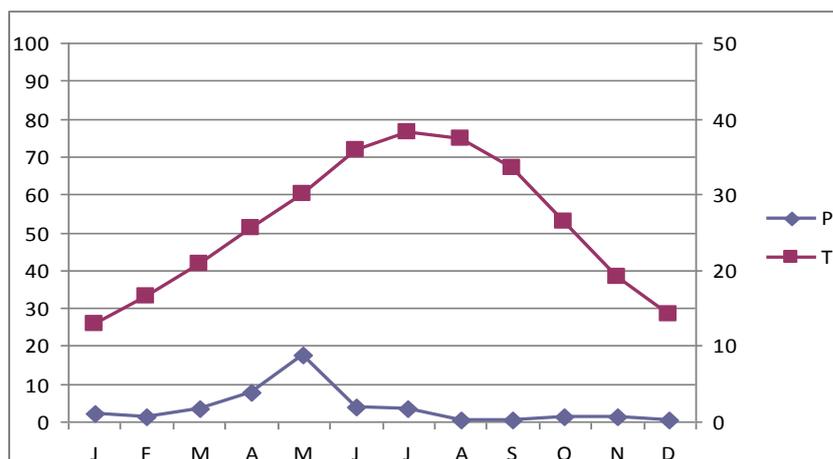


Figure N°12 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région d'Adrar 1981-2010.

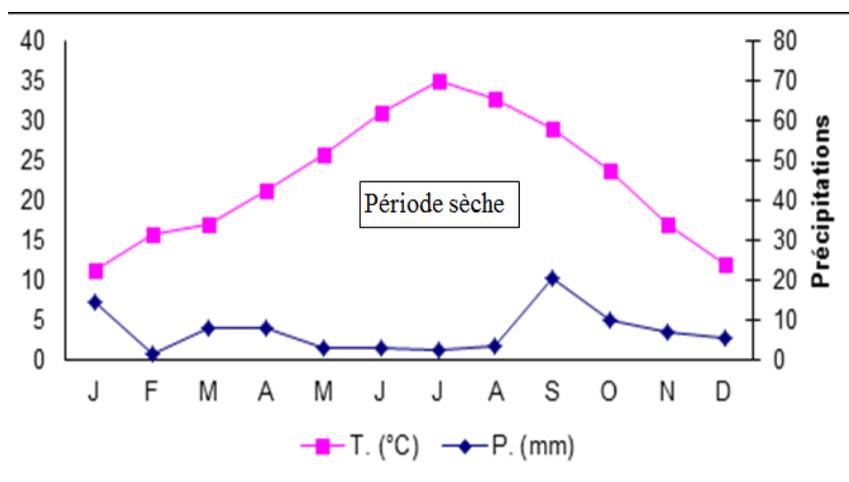


Figure N° 13 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Ghardaïa (2004 à 2014) (O.N.M. Ghardaïa, 2015).

D'après le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN, nous remarquons que la région d'Adrar et Ghardaïa se caractérise par une période sèche qui s'étale sur toute l'année.

3. Hydrologie

L'hydrogéologie du Touat, Gourara et Tidikelt est caractérisée par la nappe continentale intercalaire appelée aussi albiennaise présente dans tout le Sahara septentrional. Elle couvre 600000 Km² avec des réserves de 60 000 000 de milliards de m³. Les réserves exploitables sont de l'ordre de 2000 m³/s. Cette nappe possède des exutoires naturels et artificiels qui sont les foggaras, les forages et les puits (HAMMOUDI, 2001).

Les chiffres donnés par la DSA montrent qu'ont est passé de 909 Foggaras au début du siècle dernier à 700 foggaras actuellement vivantes. Celles-ci totalisent un réseau de 1500 Km avec un débit de 100 à 110 millions m³/an soit 3,68 m³/s. Quant aux puits ordinaires, on en compte 3417 avec un débit de 3400 l/s. Le nombre de forages créés est de 535 sur l'ensemble de la wilaya d'Adrar avec un débit de 22.500 l/s (**HAMMOUDI, 2001**).

D'une manière générale, les vallées des oueds de la région de Metlili sont le siège des nappes phréatiques. L'eau captée par des puits traditionnels d'une vingtaine de mètres de profondeur en moyenne mais qui peuvent atteindre 50m et plus, permet l'irrigation des cultures. L'alimentation et le comportement hydrologique sont liés étroitement à la pluviométrie. (**A.N.R.H., 2007**).

La nappe du Continental Intercalaire draine, d'une façon générale, les formations gréseuses et gréseau-argileuses du Barrémien et de l'Albien. Selon la région, la profondeur varie de 250 à 1000 m. Localement, l'écoulement des eaux se fait de l'Ouest à l'Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien. (**A.N.R.H., 2007**).

4. Pédologie

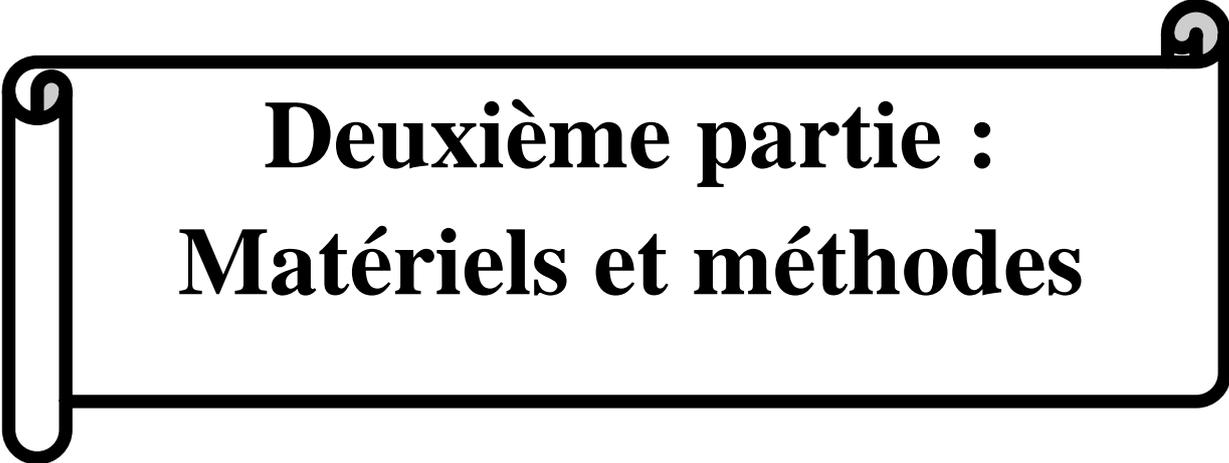
Les terres sahariennes sont généralement réputées pauvres aussi bien en matière organique que minérale. Ces sols sont connus par leur forte teneur en calcaire (pH > 8) ce qui représente un obstacle pour l'assimilation de certains éléments par la plante tel que le phosphore. Concernant les teneurs du sol en potassium, les analyses agro pédologiques montrent une bonne teneur en K.

Pour les oligo-éléments, les conditions du sol présentent une multitude d'entraves pour une assimilation normale des oligo-éléments par la plante (**HAMMOUDI, 2001**).

La région du M'zab est caractérisée par des sols peu évolués, meubles, profonds, peu salés et sablo-limoneux. Elle possède une texture assez constante qui permet un drainage naturel suffisant. (**BENZAYET, 2010**).

5. Production des dattes de la région

Selon DSA d'Adrar (2009), le nombre de palmier dattier total est de 4 647 915 dont 2 875 006 productifs avec une production de 70 522,4 tonnes. Dans la région de Metlili, le patrimoine phoenicicole totalise 126 818 couvrant 1086 ha et produisant 67 642 Qx de dattes (**D.S.A, 2014**).



Deuxième partie :
Matériels et méthodes

1. Matériels

1.1. Sols

1.1.1. Origine des sols

L'étude a porté sur 2 sols de palmeraies, le premier est situé au sein de la station INRA d'Adrar et l'autre à dans la zone d'Ouled Brahim, le prélèvement a été effectué à une profondeur de 20 cm dans la rhizosphère des racines secondaires et tertiaires de palmiers.

Un troisième prélèvement témoin est effectué dans les mêmes conditions dans la rhizosphère d'un palmier sain à la station d'Adrar.

Le quatrième est effectué dans la palmeraie de la zone de Souareg à Metlili, 2 prélèvements dans la rhizosphère d'un palmier bayoudé (exploitation de M. Nouacer) et un autre prélèvement témoin dans la rhizosphère d'un palmier sain (exploitation de M. El Fatmi).

1.1.2. Stations d'étude

La station d'INRAA d'Adrar est créée depuis l'époque coloniale, en 1951 en vue de prendre en charge les travaux d'aménagement et d'irrigation. Elle est située à 5 km au sud-ouest de la ville d'Adrar (chef-lieu de la wilaya) et s'étend sur une superficie de 69 ha.

La station d'Ouled Brahim est située à environ 1km au sud de la station de l'INRAA d'Adrar, elle couvre 1,5 ha. (**Figure 15**)

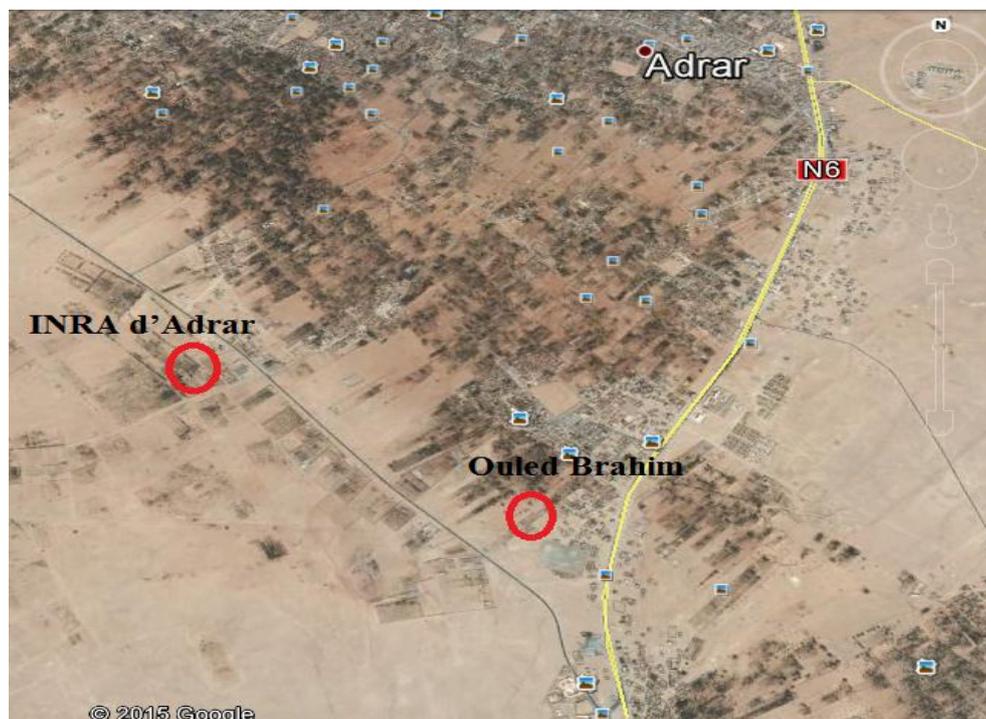


Figure N°15 : Stations d'étude dans la région d'Adrar (**Google earth, 2015**).

On a choisie deux palmeraies dans la région de Metlili (Souareg), la première Nouacer créée depuis 27 ans et de surface de 2 ha, elle est située à 5 Km à l'Est du centre-ville et l'autre de 2 ha est celle d'EL Fatmi située à 4 Km à l'Est et créée en 2008. (**Figure 16**)



Figure N°16 : Stations d'étude dans la région Metlili (**Google earth, 2015**).

1.2. Matériel fongique : Rachis de palmier dattier

Le Rachis de palmier dattier a été prélevé à partir de la couronne moyenne d'une variété très sensible au Bayoud appelée *Tegaza* au sein de la station INRAA d'Adrar et Deglet Nour et Ghars à Metlili.

1.3. Milieu de culture

On a utilisé le milieu de culture P.D.A. (Potato-Glucose-Agar) [*Fluka*] en infusion dont la composition est comme suit à raison de 39 g par litre d'eau distillée stérile à pH 5,6 :

- Potato extract: 4g
- Dextrose: 20 g
- Agar: 15 g.

2. Méthodes

2.1. Préparation des sols

Le sol prélevé de la palmeraie a subi dès son acheminement vers la station d'Adrar (laboratoire de pathologie végétale) un dessèchement à l'air libre. Il est ensuite tamisé à l'aide d'un tamis inox dont les mailles sont de 2 mm de diamètre. **(Photo N°04)**



Photo N°04 : Tamisage des échantillons du sol **(original, 2015)**.

2.2. Caractéristiques des sols

Le sol est de texture grossière de type sablo-limoneuse. Les analyses chimiques indiquent qu'il présente un déficit en matière organique (<1%). L'azote total se trouve en très faible quantité (taux < 0.05%). Le pH tend vers une légère alcalinité. Des taux moyens de 0.74 Meq/100 gr et 19 ppm caractérisent respectivement, le potassium (k assimilable) et le phosphore (P₂O₅). Le taux de calcaire total moyen est de 8 % **(Tableau N° 06)**.

Tableau N° 06 : Caractéristiques physico-chimiques du sol. **(CHABOUNI, 2014)**.

Paramètre Profondeur	pH	Conductivité Electrique (mmhos /cm)	Calcaire Total CaCO ₃ (%)	K assimilable (Meq/100 gr)	P ₂ O ₅ assimilable (ppm)	Azote total (%)	Carbone Organique (%)	Granulométrie (%)		
								argile	limon	Sable
0 – 20 cm	7.4	7.3	6.97	0.8	20.0	0.04	0.20	8.25	10.34	79.01
0 – 40 cm	7.8	3.4	8.90	0.68	18.0	0.045	0.26	4.35	7.87	70.87

2.3. Isolement des micro-organismes par la technique des suspension- dilutions

Des échantillons d'un gramme de sol de la rhizosphère sont mis en suspension dans 45 ml d'eau permutée stérile (**BOUDEFFEUR, 1989**). Des dilutions décimales de la suspension-mère peuvent être éventuellement utilisées. Un ml de chaque dilution est alors incorporé dans 10 ml d'un milieu PDA, maintenu en surfusion (45°C), puis l'ensemble est homogénéisé dans des divers sens géométriques. Deux boîtes de Pétri ont été utilisées par niveau de dilution.

La deuxième méthode, consiste à introduire stérilement un gramme de sol dans un tube contenant 9 ml d'eau distillé stérile, c'est la dilution 10^{-1} . Ensuite 1ml de la première dilution est prélevé est mis dans 9 ml, on obtient la dilution 10^{-2} . En prélevant toujours ce même volume, on prépare ainsi des dilutions successives jusqu'à 10^{-10} . Puis on prélève 0.1ml par micropipette pour chaque dilution pour les incorporer dans les boîtes de Pétri (**RAPILLY, 1968**).

Les boîtes ainsi préparées sont incubées dans une étuve à 27°C pendant 24 heures. Au-delà de cette période, les boîtes sont mises à la température ambiante du laboratoire sous une lumière fluorescente. Les observations des unités formant colonies (UFC) débutent à partir de 48 heures d'incubation.

Cette technique nous a permis de recenser la flore totale existante au sein de chaque type de sol et reconnaître à la fois l'ensemble des microorganismes hébergés dans les échantillons des sols collectés.

2.4. Repiquage des souches

Une purification des souches a été réalisée au préalable en effectuant plusieurs repiquages. Ces dernières peuvent avoir une variation du pouvoir pathogène et des caractéristiques culturelles de ces souches, d'où on a recours à la purification des souches par la technique de la culture monospore (**SEDRA et DJERBI, 1985**).

2.5. Conservation des souches

La technique de conservation des souches vise en particulier l'augmentation de leur longévité et d'atténuer les risques des variations morphologiques et du pouvoir pathogène. Pour cela, un implant est prélevé avec un cylindre stérile dans des conditions aseptiques à partir d'une culture monospore, est mis dans un tube à essai préalablement passé à l'autoclave à 120°C pendant 20 mn. Une petite quantité d'huile de vaseline est coulée dans ce tube à essai. Ces derniers contenant les implants des cultures monospores sont ensuite conservés dans un réfrigérateur à + 4°C jusqu'à leur utilisation ultérieure.

2.6. Mesures de la croissance radiale des différents micro-organismes

Les implants dont le diamètre est de l'ordre de 0,5 cm sont prélevés à l'aide d'une pipette pasteur stérile et issus des différents microorganismes ont été réalisés sur un milieu P.D.A. Ces rondelles sont déposées au centre de la boîte de Pétri. Les boîtes ont été mises à incuber dans une étuve en 27°C ; puis à la température ambiante du laboratoire sous la lumière fluorescente.

Les mesures de la croissance radiale de chaque souche ont été effectuées deux fois par jour à savoir au début et en fin de journée.

2.7. Test *in vitro*

2.7.1. Etude compétitive des différentes souches telluriques vis-à-vis du *F.o.a*

Tous les microorganismes ayant fait l'objet d'isolement et purification ont subi un test de leur pouvoir antagoniste vis-à-vis du *F.o.a* sur milieu P.D.A. Ces derniers ont été choisis pour leur vitesse de croissance et/ou leur faculté de compétition.

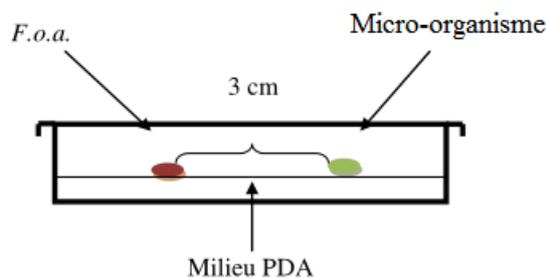


Figure N°17 : Confrontation de *F.o.a* avec un micro-organisme par contact direct sur P.D.A. (GHOMARI, 2009).

2.8. Technique d'isolement du *F.o.a*

2.8.1. A partir d'un rachis

L'isolement est effectué dans des conditions aseptiques sous une hotte à flux laminaire de type vertical (Flufrance). Pour cela, les rachis prélevés sont défoliés et désinfectés avec un coton imbibé d'alcool. Ils sont rapidement passés à la flamme afin d'éliminer les parasites de surface tels que les *Aspergillus*, *Rhizopus*. Ils sont ensuite découpés en petits fragments de 3 à 4 mm de longueur à l'aide d'un sécateur stérilisé puis déposés dans des boîtes de Pétri contenant un milieu de culture P.D.A.

L'ensemble est mis dans une étuve d'incubation de type « Memmert » réglée à 27°C pendant 24 heures. Au-delà de cette durée, les boîtes sont mises en incubation à la température ambiante du laboratoire sous une lumière fluorescente.

La lecture finale intervient après une semaine d'incubation.

2.8.2. A partir d'une culture âgée

Un fragment de mycélium est prélevé dans des conditions aseptiques de laboratoire et ce à partir d'une culture âgée de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* préalablement réalisée, puis transférée aseptiquement sur de nouvelles boîtes de Pétri contenant un milieu P.D.A.

L'incubation s'effectue analogiquement comme décrite précédemment.

2.9. Purification

A partir d'une culture âgée, issue préalablement d'un fragment de rachis atteinte de Bayoud, une extrémité d'hyphe est prélevée puis mise dans un tube à essai contenant 10 ml d'eau distillée stérile.

Afin de libérer les conidies, le tube est ensuite agité à l'aide d'un vortex. La suspension ainsi obtenue est diluée progressivement jusqu'à l'obtention d'une concentration de 1 à 10 conidies/ml.

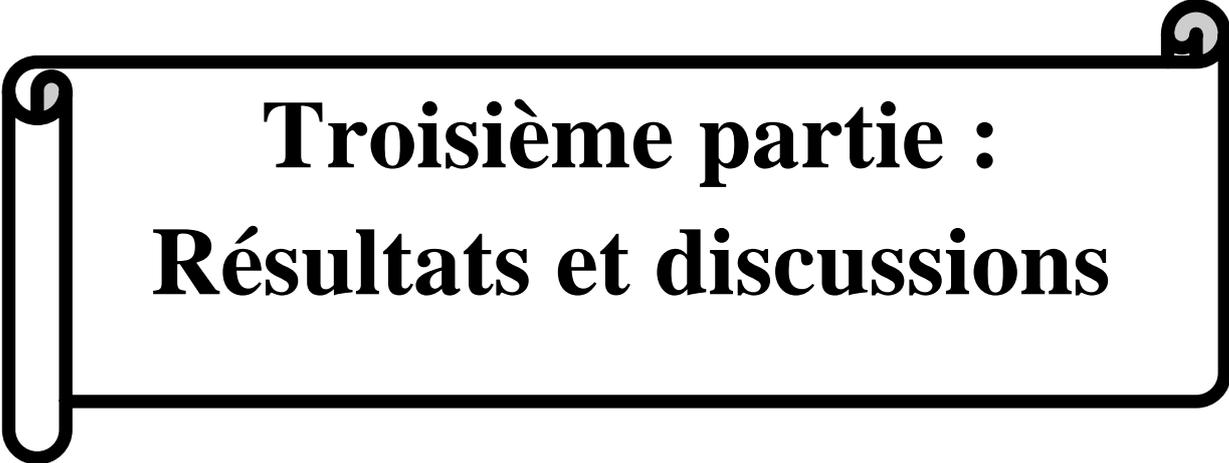
Un millilitre de cette dernière est coulé dans une boîte de Pétri contenant un milieu à base d'eau gélosée à 2%. Les cultures sont incubées pendant 24 h. à la température de 27°C et sous une lumière artificielle continue. Les conidies ayant germés ont été repérées à l'aide d'un stéréo microscope; puis prélevées à l'aide d'une aiguille fine et repiquées aseptiquement dans des boîtes de Pétri contenant un milieu de culture PDA.

Les boîtes sont ensuite mises en incubation pendant sept jours à la température ambiante et sous une lumière artificielle continue (**BOUDEFFEUR, 1989**).

3. Milieu de culture

3.1. Préparation du milieu de culture

Trente-neuf grammes de PDA en poudre déjà préparés par *Fluca* sont mis dans un Erlenmeyer, puis homogénéisés dans un litre d'eau distillée sur un agitateur électrique de type pingpong pendant 5 mn. Le contenu est ensuite bien scellé par du coton et du papier aluminium puis stérilisé dans un autoclave pendant 45 mn à 120°C.



Troisième partie :
Résultats et discussions

Résultats et discussions

1. Mesure de la croissance radiale des bactéries et des champignons :

Le diamètre des colonies pour les bactéries et champignons a été mesuré sur milieu PDA à des intervalles de temps définis.

Les mesures sont représentées sur les figures 18 à 30.

Une régression linéaire du diamètre des colonies de type $y = ax + b$, en fonction du temps a été calculée. Les valeurs de R^2 (le coefficient de détermination) indiquent que l'équation explique environ de 75 à 99% de la régression pour chacune des souches de bactérie, et de 97% pour le *F.o.a*.

Donc, on peut comparer les coefficients directeurs de ces pentes. Ce coefficient correspond à la vitesse de développement des colonies bactériennes et l'allongement mycélien de la souche de *F.o.a* en milieu P.D.A.

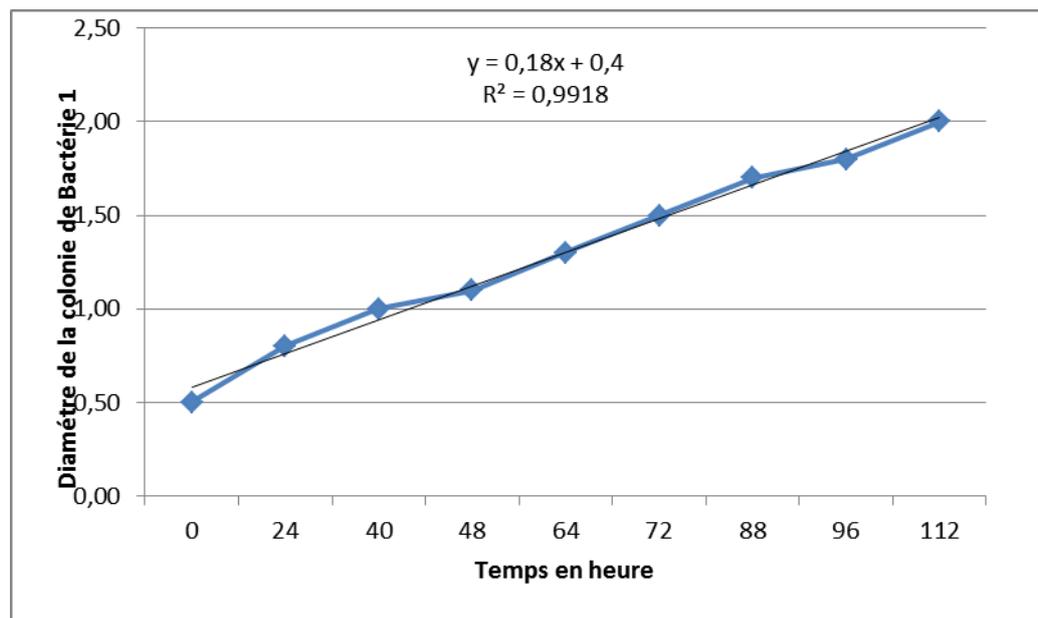


Figure N°18 : Développement de la colonie de bactéries B₁ en fonction du temps.

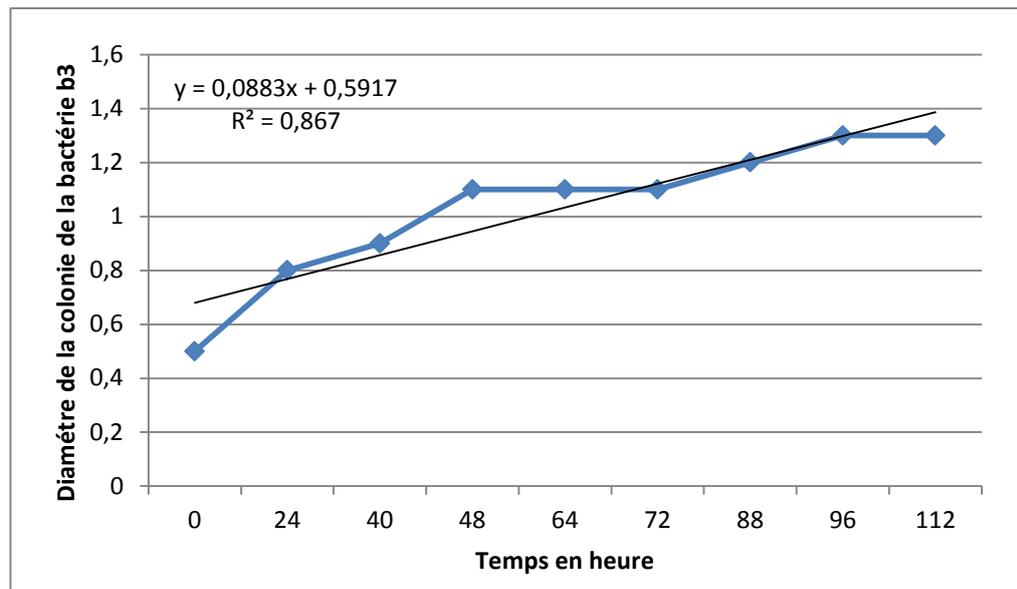


Figure N°19 : Développement de la colonie de bactéries B₃ en fonction du temps.

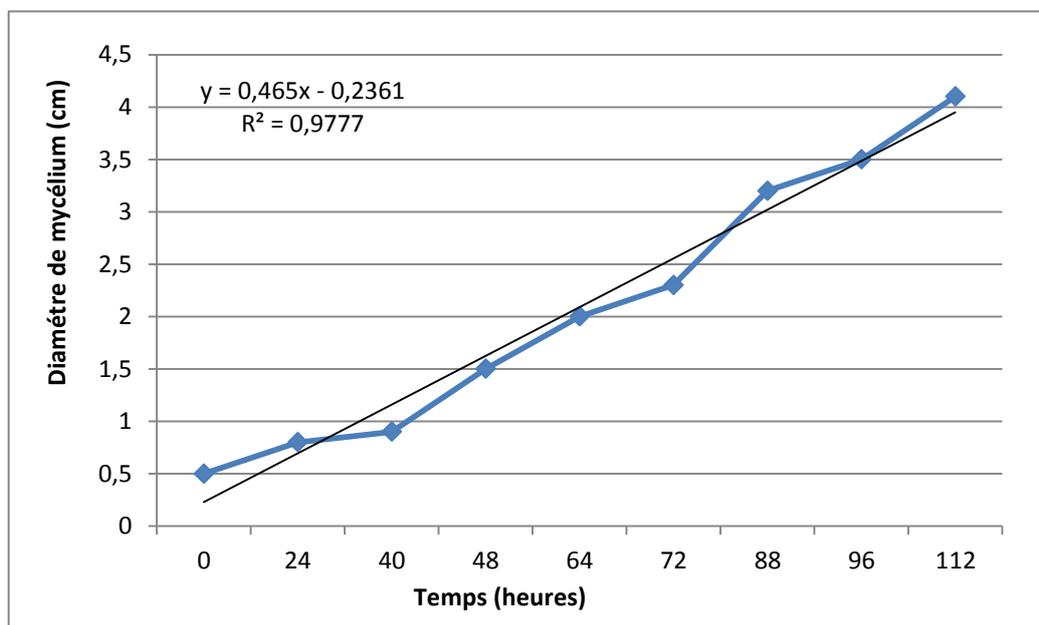


Figure N°20 : Développement du mycélium de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*.

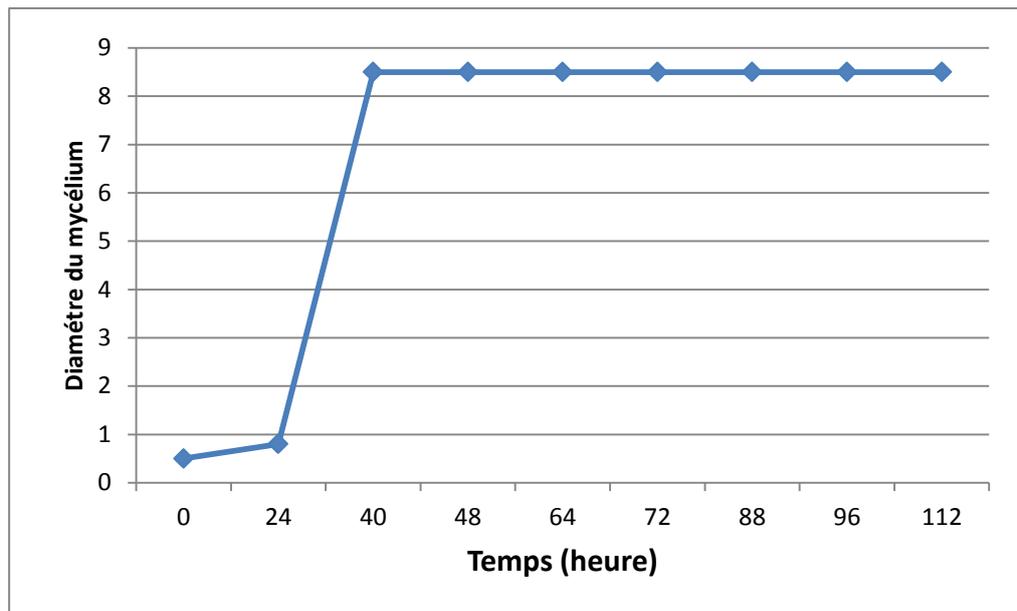


Figure N°21: Développement du mycélium d'*Aspergillus niger*.

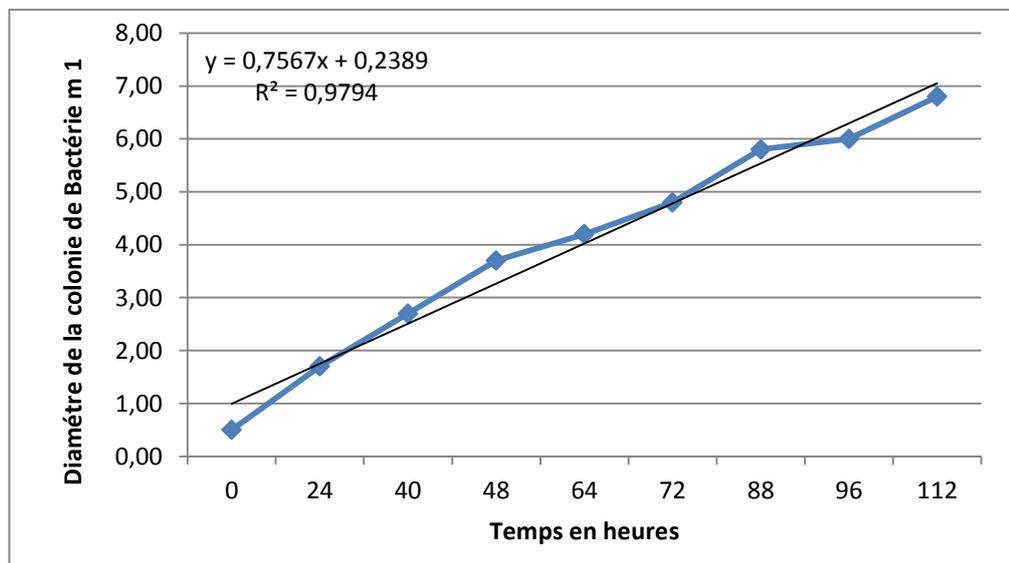


Figure N°22 : Développement de la colonie de bactéries Bm1 en fonction du temps.

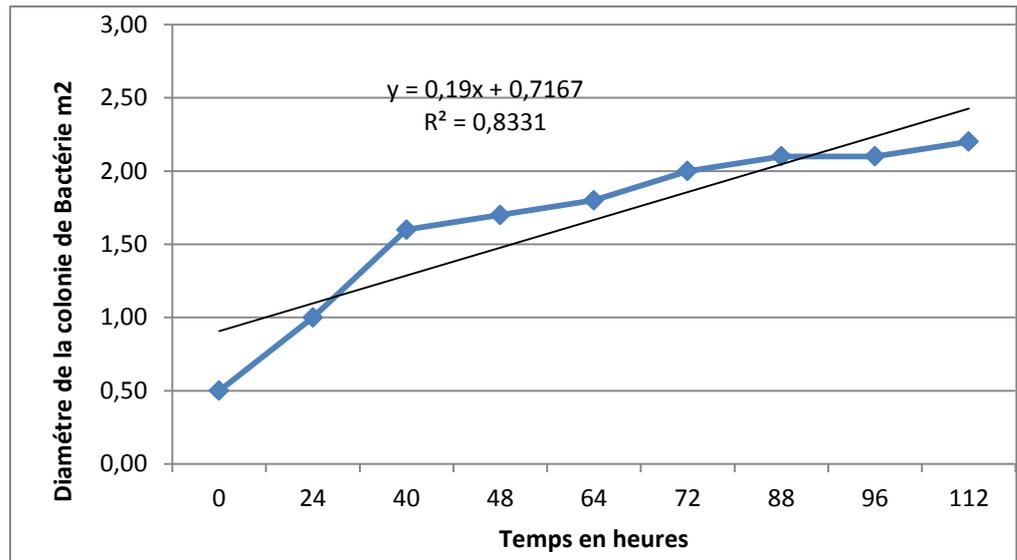


Figure N°23 : Développement de la colonie de bactéries Bm2 en fonction du temps.

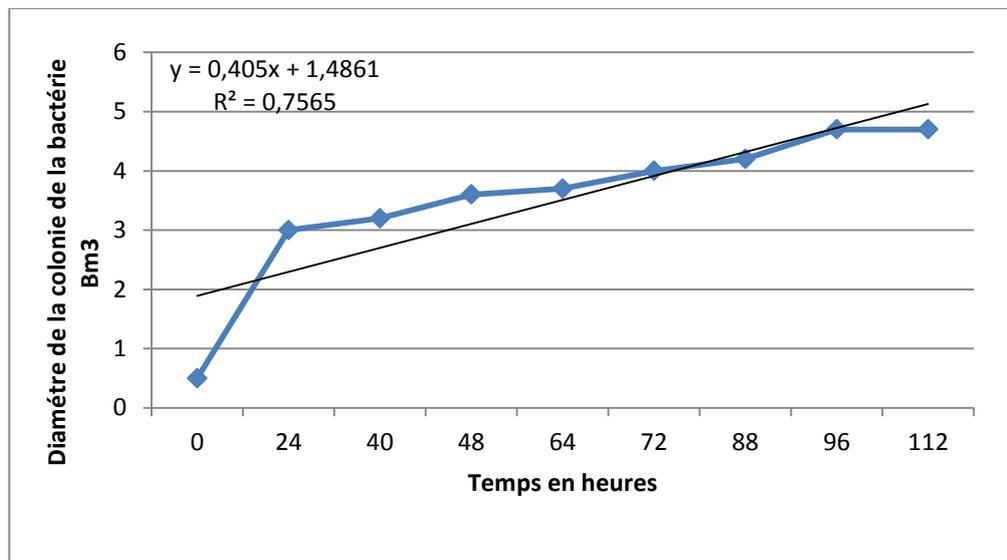


Figure N°24 : Développement de la colonie de bactéries Bm3 en fonction du temps.

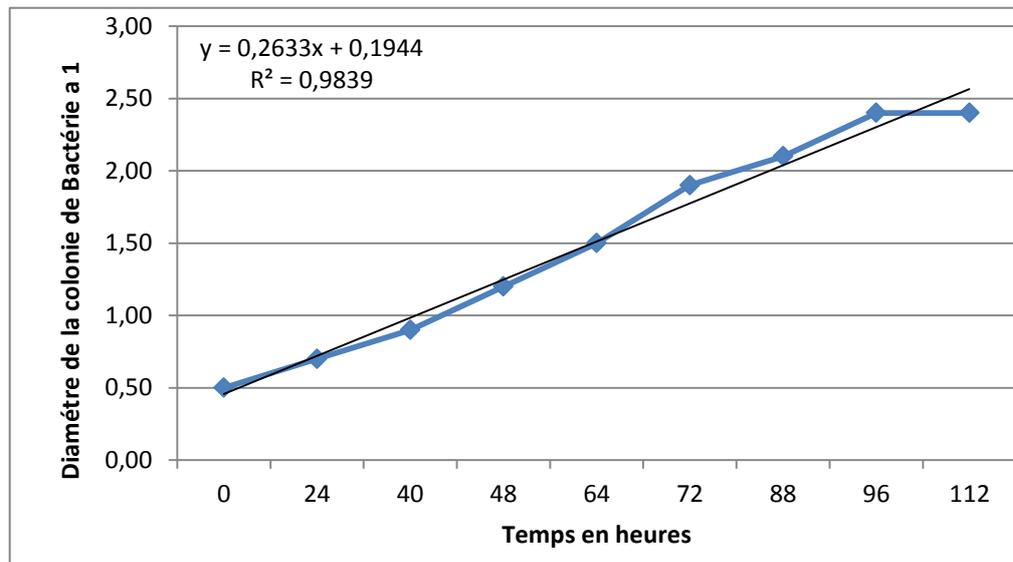


Figure N°25 : Développement de la colonie de bactéries Ba1 en fonction du temps.

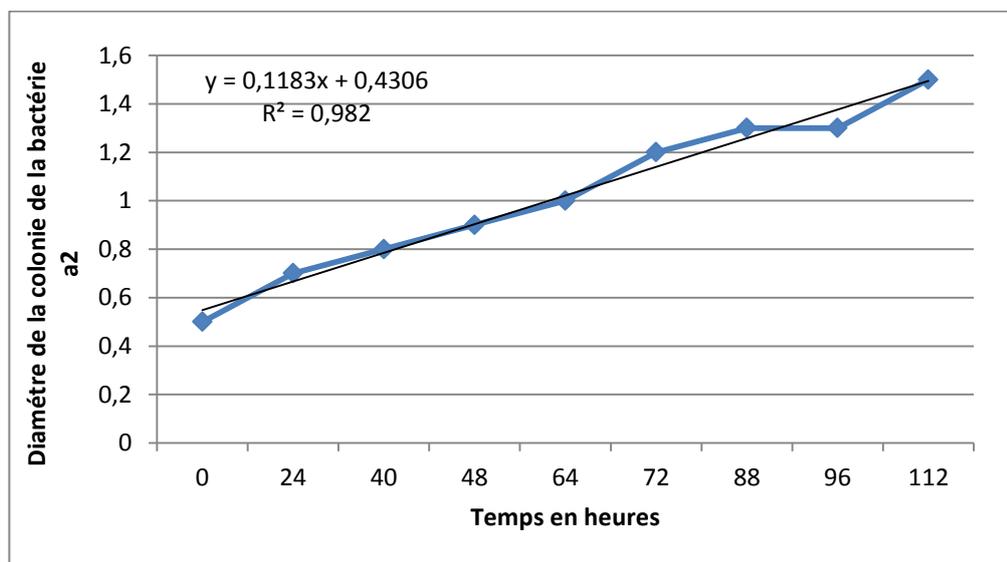


Figure N°26 : Développement de la colonie de bactéries Ba2 en fonction du temps.

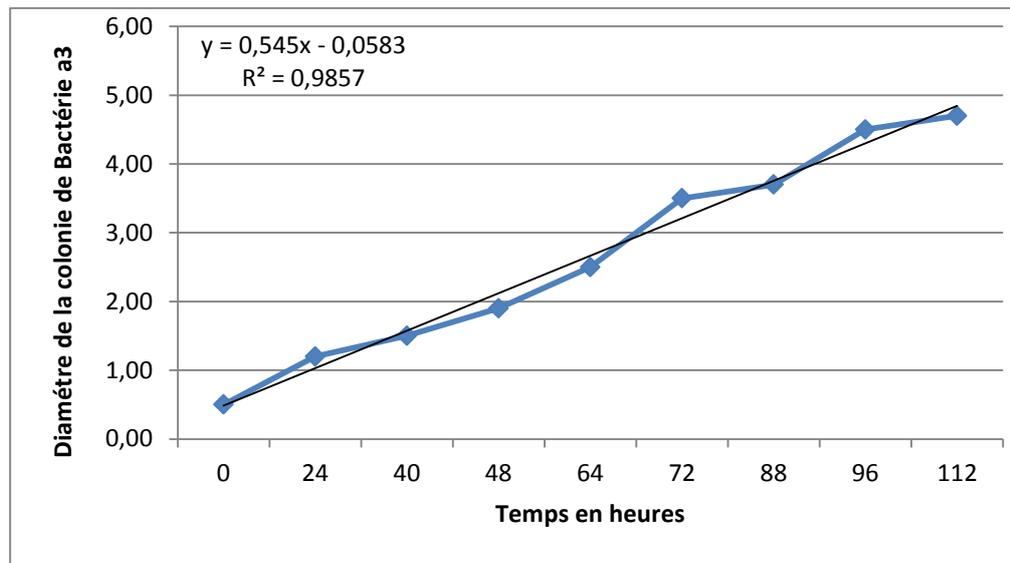


Figure N°27 : Développement de la colonie de bactéries Ba3 en fonction du temps.

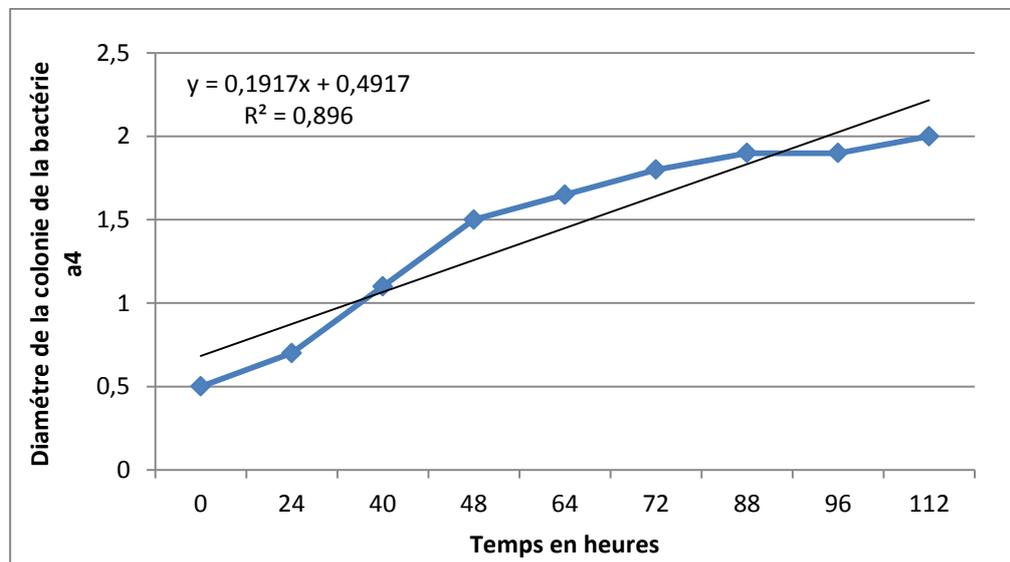


Figure N°28 : Développement de la colonie de bactéries Ba4 en fonction du temps.

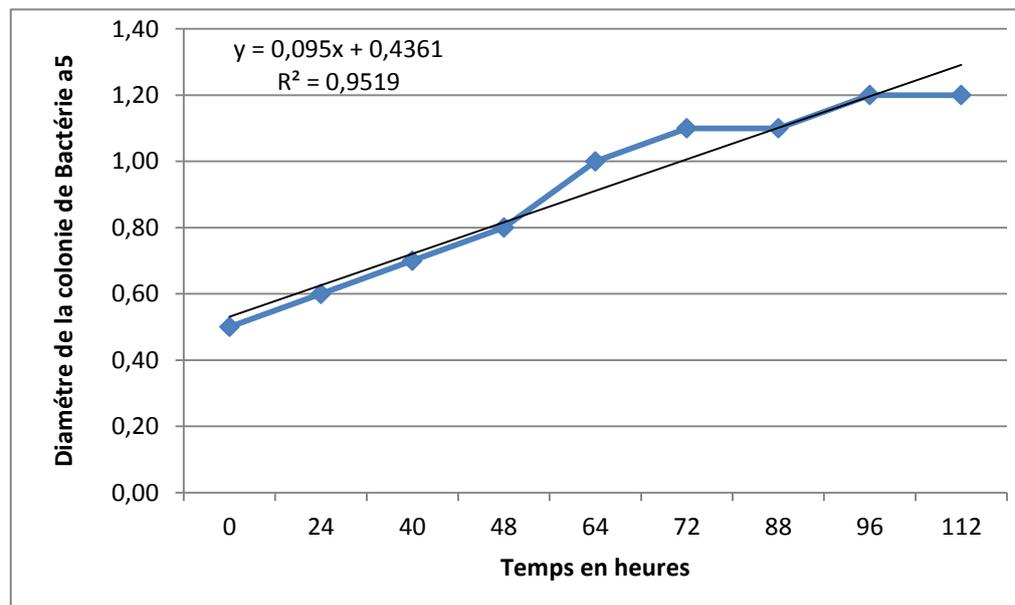


Figure N°29 : Développement de la colonie de bactéries Ba4 en fonction du temps.

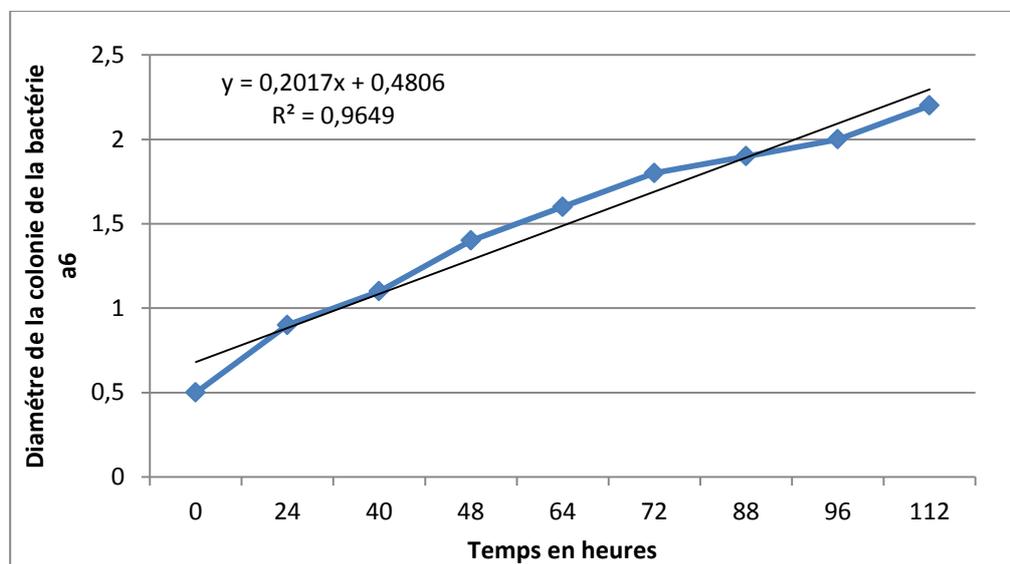


Figure N°30 : Développement de la colonie de bactéries Ba6 en fonction du temps.

Selon les figures 18 à 30 :

Tableau N°7 : La vitesse moyenne de développement des colonies bactériennes.

Bactérie	B ₁	B ₃	Bm1	Bm2	Bm3	Ba1	Ba2	Ba3	Ba4	Ba5	Ba6
Vitesse moyenne (mm/h)	0,18	0,08	0.75	0.19	0.4	0.26	0.11	0.54	0.19	0.09	0.2

De même, l'allongement mycélien de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* est de 0,46 mm/h.

Nous remarquons que ce dernier arrive à coloniser la surface de la boîte de Pétri dans le temps à une période record par rapport aux autres bactéries à l'exception des bactéries Bm1 de vitesse 0,75 mm/h et Ba3 de vitesse 0,54 mm/h qui peuvent avoir un effet d'antagonisme vis-à-vis du *F.o.a.*

La vitesse d'élongation mycélienne était un paramètre intéressant à tester puisque d'une part les champignons colonisent leur milieu par allongement mycélien (**DIX et WEBSTER, 1995**) et d'autre part le diamètre moyen de la colonie mycélienne du champignon permet de connaître la vitesse de colonisation de milieu (**GHOMARI, 2010**).

En définitive, nous avons retrouvé le champignon *Aspergillus niger* dans les différents milieux P.D.A. utilisés car c'est un parasite non pathogène et dont la croissance et la sporulation sont assez importantes.

Tableau N°08 : Classement des bactéries selon la région d'origine des sols et la méthode d'isolement utilisée.

Région	Méthode d'isolement utilisée	La bactérie	Le genre
Adrar	Méthode 1	B ₁	<i>Pseudomonas</i>
		B ₃	<i>Pseudomonas</i>
	Méthode 2	Ba4	<i>Bacillus</i>
		Ba5	<i>Pseudomonas</i>
		Ba6	<i>Pseudomonas</i>
	Metlili	Méthode 1	Bm1
Bm2			<i>Micrococcus</i>
Bm3			<i>Micrococcus</i>
Méthode 2		Ba1	<i>Pseudomonas</i>
		Ba2	<i>Micrococcus</i>
		Ba3	<i>Micrococcus</i>

2. Evaluation du test d'antagonisme de différentes souches vis-à-vis du *F.o.a.*

Les résultats obtenus (**Figure N°31 et 32**) montrent que les souches utilisées pour le test d'antagonisme vis-à-vis du *F.o.a.* se comportent de la même manière sur le milieu P.D.A.

La vitesse de croissance de *F.o.a.* est assez importante et a atteint jusqu'à 4,2 cm. Néanmoins, la bactérie (B₁) n'a pas pu aller au-delà de 1.2 cm, tandis que la bactérie(B₃) a franchi une limite de 1,6 cm mais les bactéries Bm1 a atteint à 4,8 cm.

Selon la Figure N°32 la vitesse de croissance de Ba3 est importante 3.8 cm par rapport la bactérie Ba2 qui atteint à 1.6 cm.

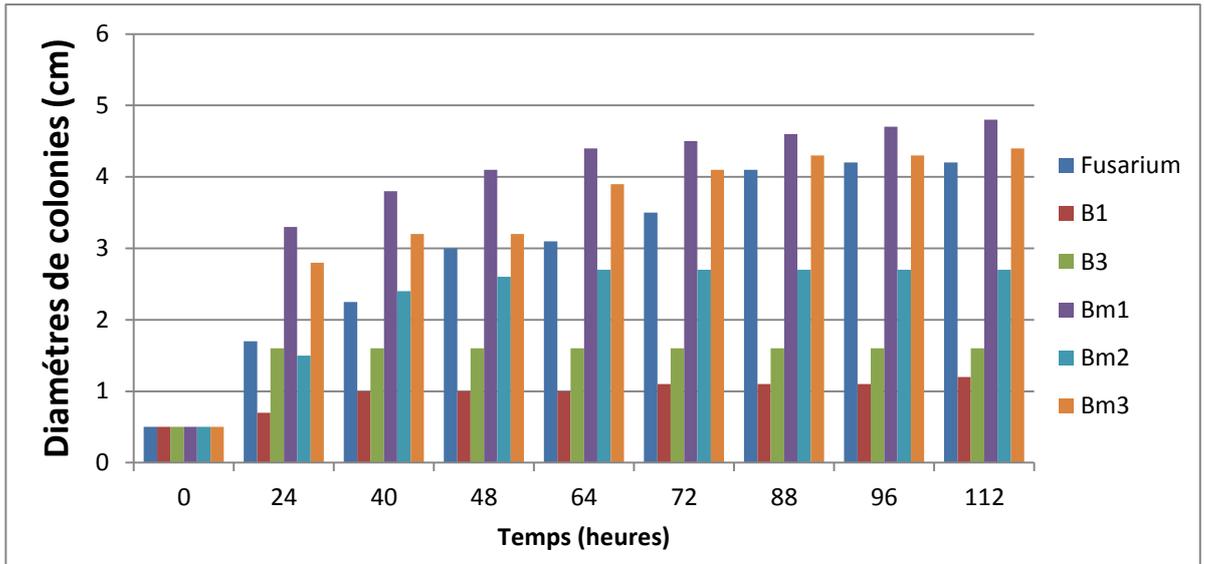


Figure N°31: Développement du *F.O.A.* par rapport aux bactéries (B₁, B₃, Bm₁, Bm₂ et Bm₃).

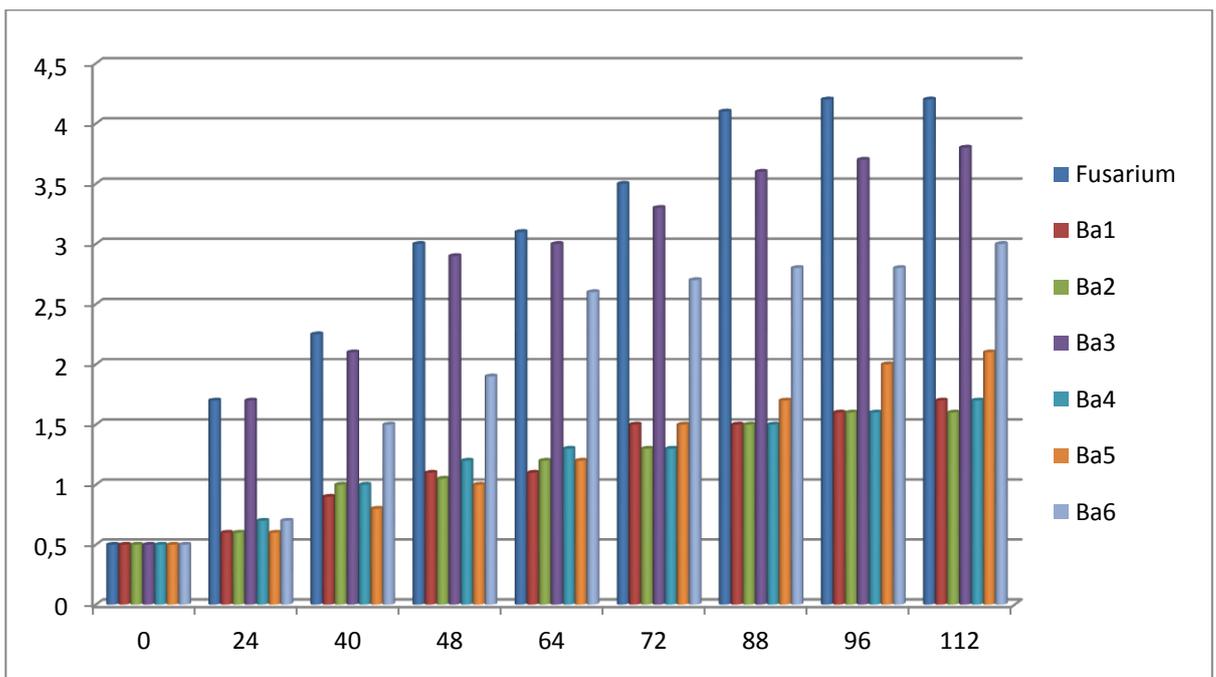


Figure N°32: Développement du *F.O.A.* par rapport aux bactéries (Ba₁, Ba₂, Ba₃, Ba₄, Ba₅ et Ba₆).

Compte tenu de ces résultats et constatations, nous n'avons pu relever *in vitro* un effet d'antagonisme entre le *F.o.a.* et les bactéries (B₁, B₃, Bm₃, Ba₁, Ba₂, Ba₃, Ba₄, Ba₅, Ba₆) préalablement isolées des sols.

Les bactéries (Bm1 est *Bacillus* et Ba3 est *Micrococcus*) qui ont été isolées à partir de sol sain de la région de Metlili ont manifesté *in vitro* un effet d'antagonisme vis-à-vis de *F.o.a.* et présence un Hyalo sous forme d'une zone vide entre le *F.o.a.* et ces bactéries. Alors ces deux souches inhibent la croissance de mycélium de *F.o.a.*

Dans des études précédentes, **SEDRA et MASLOUHY (1995)** isolent six des microorganismes utilisés sont des antagonistes isolés de sols résistants de la palmeraie de Marrakech : 4 isolats de *Pseudomonas fluorescents*, un champignon *Stachybolrys* sp. et un actinomycète non identifié.

L'utilisation de quelques souches de *Pseudomonas fluorescents*, isolées de palmeraies algériennes, présentent des profils métaboliques et antagonistes (**BENCHABANE et al., 2006**).

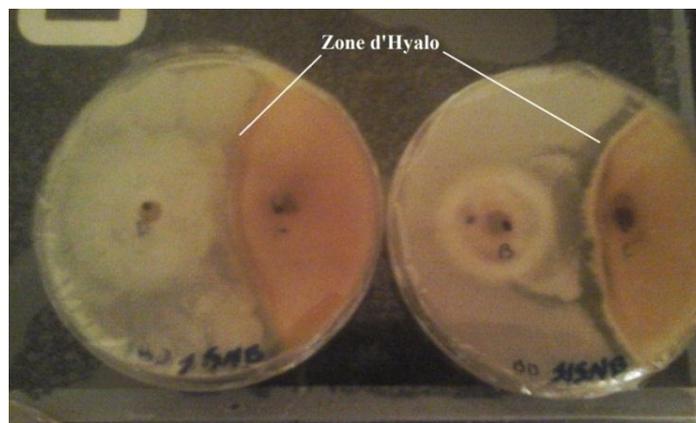


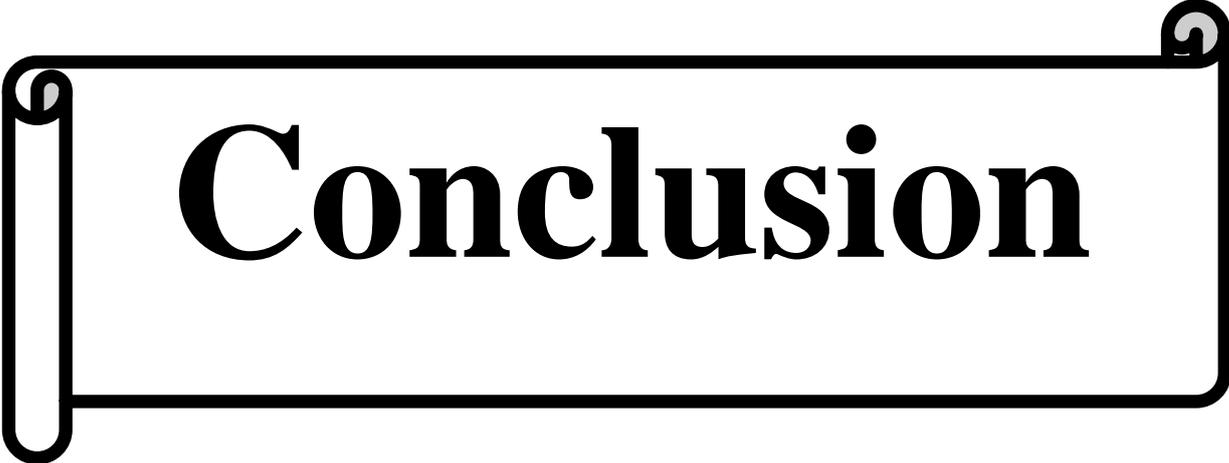
Photo N°05 : Test d'antagonisme entre le *F.o.a.* et la bactérie Bm1.



Photo N°06 : Test d'antagonisme entre le *F.o.a.* et la bactérie Ba3.

Tableau N°09 : Grille de détermination des genres des souches bactériennes probables.

Bactérie	Morphologie		Coloration de gram	Genre
	macro morphologie (colonie)	micro Morphologie		
Ba1	Lisse, jaune et grande colonie	coccobacille	négative	<i>Pseudomonas</i>
Ba2	Lisse, blanc et petite colonie	sphérique	positive	<i>Micrococcus</i>
Ba3	Lisse, blanc et grande colonie	sphérique	positive	<i>Micrococcus</i>
Ba4	Lisse, blanc et grande colonie	bacille	positive	<i>Bacillus</i>
Ba5	Lisse, jaune et petite colonie	coccobacille	négative	<i>Pseudomonas</i>
Ba6	Lisse, jaune et grand colonie	coccobacille	négative	<i>Pseudomonas</i>
Bm1	Lisse, jaune et grand colonie	bacille	positive	<i>Bacillus</i>
Bm2	Lisse, jaune et grand colonie	bacille	positive	<i>Bacillus</i>
Bm3	Lisse, jaune et grand colonie	sphérique	positive	<i>Micrococcus</i>
B3	Lisse, jaune et grand colonie	coccobacille	négative	<i>Pseudomonas</i>



Conclusion

Conclusion

La lutte par les méthodes conventionnelles contre le Bayoud, qui demeure la trachéomyose la plus menaçante sur les palmeraies du Maghreb, n'a pas assuré une efficacité relative permettant le contrôle de cette maladie et peut provoquer le phénomène de résistance chez le champignon en cas de lutte chimique.

Pour cela les études tournent vers les micro-organismes telluriques pour la lutte contre l'agent causal *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* qui sont isolés à partir des sols résistants au Bayoud dans la rhizosphère des palmiers dattiers.

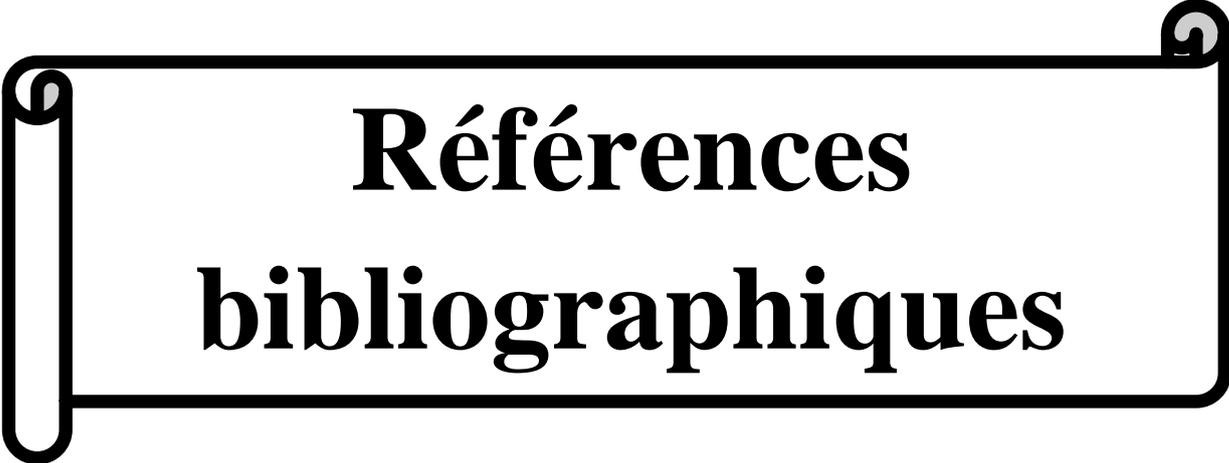
La mise en évidence de ces antagonistes peut contribuer à la compréhension des mécanismes biologiques impliqués dans la résistance de certains sols aux fusarioses vasculaires. Leur exploitation pour un éventuel contrôle biologique du Bayoud pourrait constituer une approche complémentaire pour lutter contre cette maladie (**SEDRA et ELIDRISSI, 1993**).

Dans le présent travail, on a isolé 12 micro-organismes à partir des sols des palmeraies dans les régions d'Adrar et de Metlili : un champignon *Aspergillus niger*, parasite non pathogène et 11 souches bactériennes : 5 souches du Genre *Pseudomonas*, 3 souches *Micrococcus* et 3 souches *Bacillus*.

Après les tests d'antagonismes vis-à-vis de *F.o.a.*, 2 souches bactériennes isolées de sol sain de la région de Metlili se sont avérées ayant un effet antagoniste avec une vitesse de croissance 0.75 mm/h chez *Bacillus* et 0.54 mm/h chez *Micrococcus* supérieures à celle du *F.o.a.* qui est de 0.46 mm/h.

Ces résultats ont été obtenus par des tests *in vitro* c'est à dire en l'absence de plusieurs paramètres comme la plante (variété, âge...), conditions édaphiques de terrain, conditions climatiques ...etc.

On propose pour les travaux futurs les prélèvements dans d'autres palmeraies surtout au niveau des sols comportant des palmiers sains dans des foyers reconnus de Bayoud.



**Références
bibliographiques**

Référence bibliographique

- A.N.R.H., 2007** : Inventaire et enquête sur le débit extrait de la wilaya de Ghardaïa E.d. A.N.R.H., 18p.
- BAAZIZ.M ,2003** : Contraintes biotiques et abiotiques de la culture du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*). Exemples relatifs aux pays du Maghreb. Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc. 5p.
- BEN ABDALLAH A., 1990**: La phoeniciculture. Options Méditerranéennes, Série A 1 n° 11: Les systèmes agricoles oasiens. pp 106-120.
- BENCHABANE M., TOUA D., ABEDELMOUMEN A. et FADIL D., 2006** : Valorisation de souches de *Pseudomonas fluorescens* isolées de palmeraies dans la lutte microbiologique contre le Bayoud. Revue des Régions Arides -Numéro spécial- Actes du séminaire international : Gestion des ressources et applications biotechnologiques en aridoculture et cultures oasiennes : Perspectives pour la valorisation des potentialités du Sahara.pp1177-1183.
- BENZAYET B, 2010**: Evaluation hydro-chimique des eaux souterraine dans la vallée du M'Zab : Cas de Oued labiod. Mém. Ing. Ecole Nationale Supérieur Agronomique. Alger 78p.
- BOTES A. et ZAID A., 2002**: The economic importance of date production and international trade In: Zaid A, ed. Date palm cultivation. FAO Plant Production and Protection Paper no. 156. Rome: Food and Agriculture Organisation of the United Nations, 45p.
- BOUDEFFEUR S., 1989**: Etude de la réceptivité de quelque sols de palmeraies Algériennes aux fusarioses vasculaires. Mémo d'Ing. INA El-Harrach. Alger.75p.
- BOUDEFFEUR S., 2010** : Etude histologique de la pénétration de *Fusarium oxysporum f.sp. albedinis* (Hansen et Snyder) Gordon à travers les racines de palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*). Mémo. de magister. E. N. S. A. D'EL-HARRACH (ALGER).87p.
- BOUDEFFEUR S., 2013**: New varieties of date palm (*Phoenix dactylifera*) no resist to Bayoud (*F.o.a*) en Algeria. Communications hyuj. Biotetion and conserrat of species from arid regions. Mascot. Oman.
- BOUGUEDOURA, 1991** : Connaissance de la morphogenèse du palmier dattier. Etude in situ et in vitro du développement morphogénétique des appareils végétatifs et reproducteurs, mémo, thèse de doctorat, U. S. T. H. B. Alger, 201p.
- BOUNAGA N. 1970** : Quelques aspects de la physiologie d'une souche de *Fusarium oxysporum f.sp.albedinis*, agent de la maladie du Bayoud. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 60: pp137-183.

- BOUNAGA N., DJERBI M., 1990** : Pathologie du palmier dattier. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 11.p 127- 132.
- BRAC de la PERRIÈRE R.A. et BENKHALIFA A., 1991** : Progression de la fusariose du palmier dattier en Algérie. Synthèse Sècheresse n°2, Vol.2, U.R.Z.A., Alger, Algérie. pp119-129.
- CHABOUNI A., 2014** : Comportement de quelques populations oasiennes de luzerne pérenne (*Medicago sativa* L.) dans la région d'Adrar. These Master. Université Khemis miliana.70p.
- D.P.A.T., 2009** : Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa, direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire, 14ème édition, volume I, 84 P.
- DIHAZI A., JAITI F., TAKTAK W., KILANI-FEKI O., JAOUA S., DRIOUICH A., BAAZIZ M., DAAY F. et SERGHINI M A., 2012**: Use of two bacteria for biological control of Bayoud disease caused by *Fusarium oxysporum* in date palm (*Phoenix dactylifera* L) seedlings. Elsevier, Plant Physiology and Biochemistry 55. pp7-15.
- DIX et WEBSTER. 1995** : Fungal Ecology. Chaman & Hall eds. Cambridge university press. 499p.
- DJERBI M. 1988** : Les maladies du palmier dattier. Projet régional de lutte contre le Bayoud. FAO, (Rab/84/0/8), Alger. 127 p.
- DJERBI M., 1994**: Précis de phoeniculture. FAO. Rome. 191p.
- DREUX P., 1980** : Précis d'écologie. Ed. Presses universitaires de France, Paris, 231 p.
- DUBOST D. et KADA A. 1974** : Etude expérimentale de l'inoculation de jeunes plantes de palmier dattier par *Fusarium oxysporum*. Bull. Agro. Saharien. Vol, 1 n° 2. pp 21-37.
- ELHACHMI A., 2014** : cartes de situation géographique des wilayas. Découpage administratif de l'Algérie et monographie. 48p.
- ELHADRAMI I, RAMOS T, ELBELLAI M, ELIDRISSI-TOURANE A, MACHEIX J., 1997** : A sinapic derivative as induced defense compound of date palm against *Fusarium oxysporum* f. sp. abledinis, the agent causing Bayoud disease. J Phytopathol, 145.pp329-333.
- ELHADRAMI I., 2002** : Infections racinaires localisées et rôle des dérivés hydroxicinnamiques dans la résistance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) au *Fusarium oxysporum* f. sp. aledinis, agent causal du Bayoud. Polyhenols Actualités, 22.pp19-26.
- ERSKINE, W., MOUSTAFA, A.T., OSMAN, A.E., LASHINE, Z. NEJATIAN, A., BADAWI T. et RAGY, S.M. 2003**: Date palm in the GCC countries of the Arabian Peninsula ICARDA, 07p.

- FERNANDEZ D., LOURD M., OUINTEN M., TANTAOU A. et GEIG J-P., 1995** : Le Bayoud du palmier dattier une maladie qui menace la phoeniculture. Phytoma - La Défense des végétaux – N°469. Pp36-39.
- GHOMARI F.N., 2009** : Moyens de luttés chimique et biologique contre *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis* agent causal du Bayoud chez le palmier dattier *Phoenix dactylifera*. Mémo. de magister. Université d’Oran ES-SENIA.114p.
- HAKKOU .A, CHAFOUNF.K, SOUNA P. et BOUAKK M et al., 2012** : La fusariose vasculaire du palmier dattier (Bayoud) : Méthodes de lutte. Université Mohammed Premier, Oujda, Maroc. AP/301-34-2010 d’AECID. 39 p.
- HAMMOUDI A., 2001** : Comparaison de colonisation et d’agressivité de souches de *Fusarium oxysporum f. sp. Albedinis* (Killian et Maire) GORDON collectées au niveau de sud- ouest vis-à-vis des plantules de palmier dattier (*phoenix dactylifira L.*). Mémoire d’ingénieur. Université d’Ouargla. 98p.
- INPV, 2011** : Bulletin d’informations phytosanitaires N° 23. ISSN 1112-2536. El Harrach, ALGER.p4.
- KHENE B., 2013** : Dynamique des systèmes de production phoenicocoles et promotion de la filière « dattes » : perspectives de développement - Cas de la région de Ghardaïa – Thèse de doctorat. Université Kasdi Merbah.243p.
- MADR, 2013** : Statistiques agricoles 2012, Série B. Ministère de l’agriculture et du développement rural. Alger.
- MATALLAH, 2004**:Contribution à l’étude de la conservation des dattes de la variété isotherme d’adsorption et de désorption, mémoire de fin d’étude, institut National Agronomique, El Harrach- Alger. 83p.
- MATHERON B. et BENBADIS A. 1995** : Etude des premières phases de l’infection de palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) par deux formes spéciales de *Fusarium oxysporum f.sp. albedinis* (agent du Bayoud) et la f.sp. melonis. Bull. Soc. Bot. Fr. 3.pp203-212.
- MUNIER P., 1973**: Le palmier-dattier, Paris, G.P. Maisonneuve et Larose, Coll. Techniques Agricoles et Productions Tropicales n° XXIV, 221 p.
- O.N.M., 2015** : Données météorologiques (période 2004-2014). Station régionale de Ghardaïa.3p.
- OEPP/EPPO, 2003** : Diagnostic protocols for regulated pests. Protocoles de diagnostic pour les organismes réglementés. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 33, 1, rue Le Nôtre, 75016 Paris, France .pp245–247.

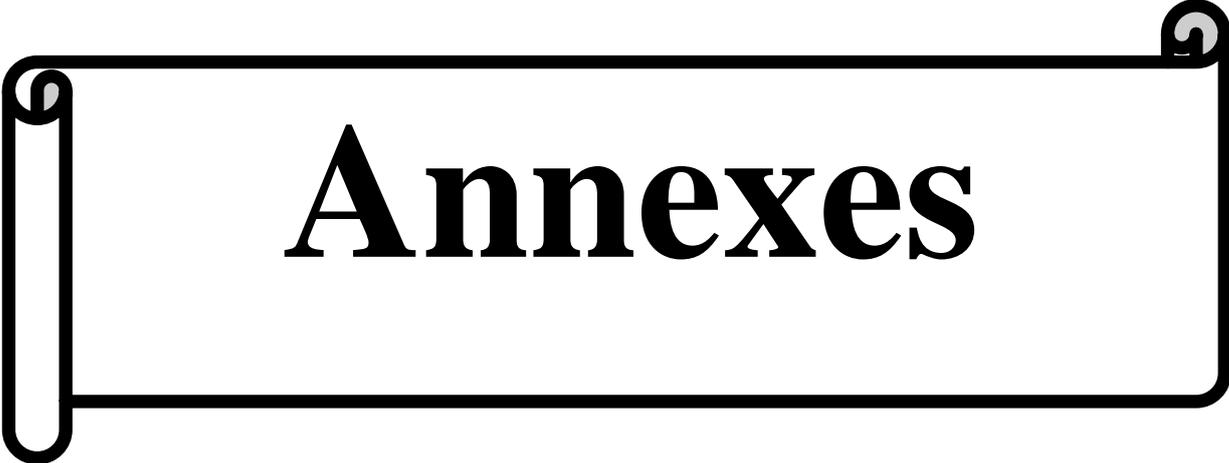
- OEPP/EPPPO, 2006:** *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis*. EPPO: A2 list, EU: Annex II/A1. 2p.
- OIHABI, A. 1991:** Effect of vesicular arbuscular Mycorrhizae on Bayoud disease and date palm nutrition. PhD thesis at the University of Marrakech; 199p.
- RAHMANIA F. 1982 :** Contribution à la connaissance de palmier dattier *Phoenix dactylifera L.* et l'agent causal de la maladie de Bayoud *Fusarium oxysporum f.sp albedinis* (killian et Maire) Gordon – aspects ultra structuraux de relation hôteparasite. Doc 3eme cycle USTHB Alger. 122 p.
- RAPILLY F., 1968 :** Techniques de mycologie en pathologie végétale. *Ann. Epiphy.*, 19, numéro hors-série. INRA. Paris. 102p.
- SEDRA M.H. et DJERBI M. 1985:** Résistance to *Fusarium oxysporum f.sp albedinis*. in *Phoenix dactylifera L.*; Evaluation of new screening method and performance of American high quality backcrossed males. Second symposium on date palm, Saudia Arabia, 3-6 march 1985. pp 367-373.
- SEDRA My H, 1993 :** La fusariose vasculaire du palmier dattier: Possibilités d'identification du *Fusarium oxysporum f.sp. Albedinis* sur la base de ses caractéristiques morphologiques et culturelles en relation avec son pouvoir pathogène. *Al Awamia* N°82. pp71-88.
- SEDRA My H., 1995 :** Résistance de quelques sols de palmeraies marocaines au Bayoud: nature, caractérisation et perspectives. Journées Internationales sur le palmier dattier et l'Agriculture oasienne des pays Méditerranées. 25-26 Avril ; Elche. Espagne.
- SEDRA My H., 2003 :** Le Bayoud du palmier dattier en Afrique du Nord, FAO, RNE/SNEA Tunis. Editions FAO sur la protection des plantes. Imprimerie Signes, Tunis, Tunisie. 125 p.
- SEDRA My H., 2005a:** La maladie du Bayoud du palmier dattier en Afrique du Nord : Diagnostic et caractérisation. Actes du Symposium International sur le Développement Durable des Systèmes Oasiens du 08 au 10 mars 2005 Erfoud, Maroc. pp26-34.
- SEDRA My H., 2005b:** Caractérisation des clones sélectionnés du palmier dattier et prometteurs pour combattre la maladie du Bayoud. Actes du Symposium International sur le Développement Durable des Systèmes Oasiens du 08 au 10 mars 2005 Erfoud, Maroc. pp 73-79.
- SEDRA My.H. et ELIDRISSI My.A., 1993 :** Isolement de microorganismes antagonistes au *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis* à partir de deux sols de palmeraies résistants et sensibles au Bayoud. : CIHEAM Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 28. pp 217-222.

ZIOTI A, ELMODAFAR C, ELMANDIL A, ELBOUSTANI E, MACHEIX J., 1996 : Identification des acides caféoylshikimiques des racines du palmier dattier, principaux composés fongitoxiques vis-à-vis de *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis*. J. Phytopathol, 114.pp197-202.

سدرة م.ا. 2006 : مرض البياض على نخيل التمر. المنظمة العربية للتنمية الزراعية. الخرطوم - جمهورية السودان. 77ص.

<http://www.tutiempo.net>.

Google earth, 2015.



Annexes



Photo N°07 : Prélèvement d'échantillon.



Photo N°08 : Palmeraie saine dans la station de l'INRAA d'Adrar.



Photo N°09: Palmeraie contaminée par *F.o.a.* dans la station de l'INRAA Adrar.



Photo N°10: Palmeraie saine Metlili.



Photo N°11 : Palmeraie contaminée par F.o.a Metlili.



Photo N°12 : Hotte à flux laminaire de type vertical



Photo N°13 : Mycélium de *F.o.a.* sur milieu PDA à partir du rachis de palmier dattier.



Photo N°14: Autoclave.

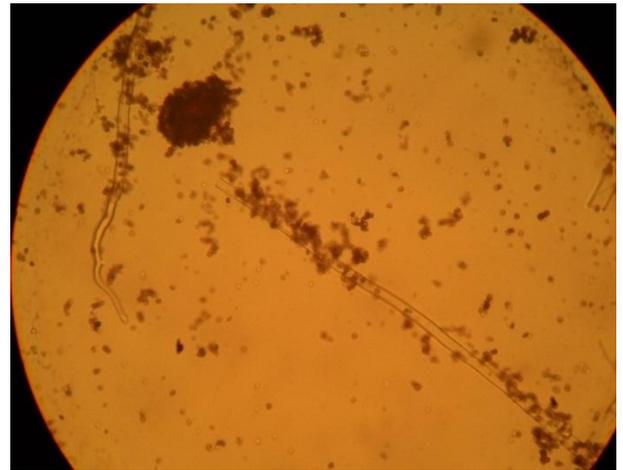


Photo N°15 : Mycélium de *F.o.a.* (Gx400).

Photo N°16: Champignon *Aspergillus niger* (Gx400).



Photo N°17 : Croissance de *F.o.a.* sur le milieu P.D.A.



Photo N°18 : Croissance du champignon d'*Aspergillus niger*.

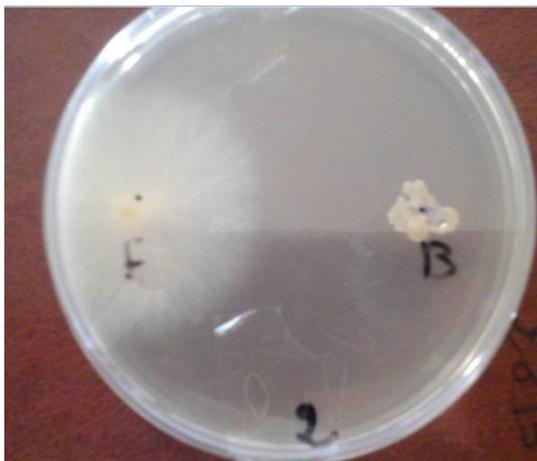


Photo N° 19: Test d'antagonisme entre *F.o.a.* et B₁.



Photo N°20 : Test d'antagonisme entre *F.o.a.* et B₃.



Photo N°21 : Croissance radiale de la bactérie B₁.



Photo N°22 : Croissance radiale de la bactérie B₃.



Photo N°23 : Croissance radiale de la bactérie Ba₃.



Photo N°24 : Croissance radiale de la bactérie Bm₁.



Photo N°25 : Croissance radiale de la bactérie Ba2.



Photo N°26: Test d'antagonisme entre le *F.o.a.* et Ba2.



Photo N°27 : Croissance radiale de la bactérie Bm2.



Photo N°28 : Test d'antagonisme entre le *F.o.a.* et Bm2.



Photo N°29 : Croissance radiale de la bactérie Ba1.



Photo N°30: Test d'antagonisme entre la *F.o.a.* et Ba1.



Photo N°31 : Croissance radiale de la bactérie Ba4.



Photo N°32: Test d'antagonisme entre le *F.o.a.* et Ba4.

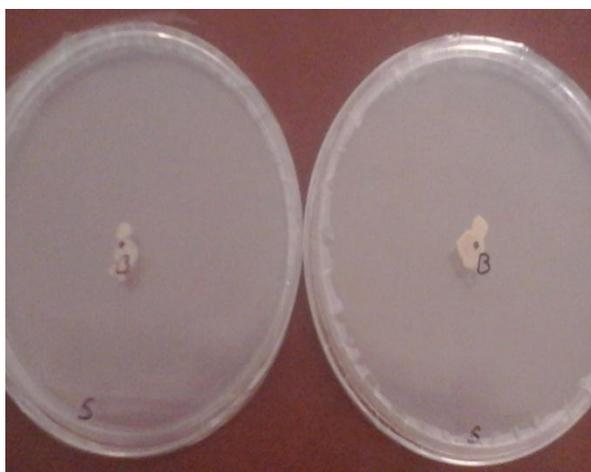


Photo N°33 : Croissance radiale de la bactérie Ba5.



Photo N°34 : Test d'antagonisme entre le *F.o.a.* et Ba5.



Photo N°35 : Croissance radiale de la bactérie Ba6.

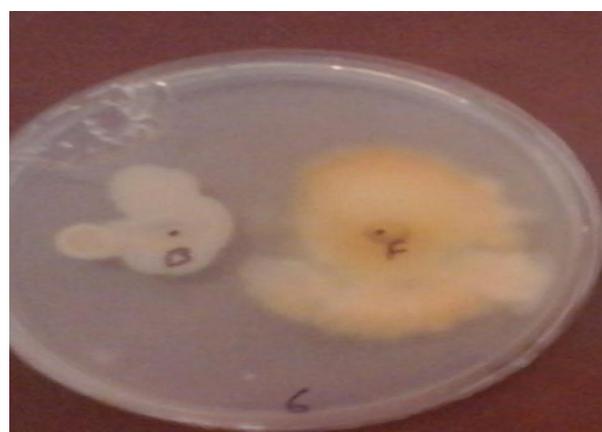


Photo N°36 : Test d'antagonisme entre le *F.o.a.* et Ba6.