

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Centre Universitaire - Salhi Ahmed - Nâama

Institut des Sciences et de Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Laboratoire de recherche :

Gestion durable des ressources naturelles dans les zones arides et
semi-aride

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER Académique

En Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Présenté Par :

Agha Ilham

Bamoussa Marwa

Thème

Etude morphologique et la proposition d'un
moyen de lutte biologique vis-à-vis
Fusarium oxysporum f.sp. *albedinis*

Soutenu le : 13-07-2022

Devant le jury :

Président : M^f Amrouche A.

M.C.A Centre Universitaire de Naama

Examineur : M^f Kibdani M.

M.C.B Centre Universitaire de Naama

Encadreur : M^{me} Yakoubi M.

M.C.B Centre Universitaire de Naama

Année universitaire 2021/2022



Remerciements

Avant tout nous remercions le bon Dieu « **ALLAH** », le tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et la patience pour réaliser ce travail.

Nous voulons aussi adresser tous nos remerciements aux personnes avec lesquelles nous avons pu échanger et qui nous ont aidés pour la rédaction de ce mémoire.

A le président de jury Monsieur **Amrouche. A** Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de mémoire fin d'étude Pour votre enseignement au Centre universitaire Salhi Ahmed de Naama et les connaissances que vous nos permises
D'acquérir.

A Monsieur **Kebdani. M** Pour avoir fait l'honneur d'être membre de mon jury Pour vos précieux conseils, votre enseignement.

Nous voudrions adresser grandement nos remerciements les plus chaleureux et les plus sincères Madame **Yakoubi. M.**, d'avoir accepté de nous encadrer, pour la confiance qui nous a accordé et nous a confié ce travail, son chaleureux accueil et ses précieux conseils.

Nous sommes ravis d'avoir été ses étudiantes.

Nos remerciements vont également à Monsieur **Gherib. M.**, Professeur au centre universitaire Naâma pour sa participation et sa disponibilité active à la réussite de ce travail.

Nos remerciements s'étendent également à nos enseignants durant les années d'étude et à tous les membres de l'équipe de laboratoires pour leur accueil ainsi que leurs idées constructives.

En terminant, on souhaite démontrer notre plus sincère gratitude à toutes les personnes ayant participé de près ou de loin à la réussite de ce travail.

Marwa et Ilham

Dédicace

" وَأَخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنْ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ "

Dieu soit loué, seul par sa grâce que les faits et les bonnes actions sont accomplis.
Merci à dieu seul par sa bénédiction son serviteur peut accomplir ses taches et surmonter les obstacles ; Grace à dieu j'ai pu terminer ce modeste travail que je dédie avec mes sentiments

A mes chers parents : Abdellah et Nebia

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer le profondeur des sentiments, d'estime et de respect que je vous porte, pour l'amour que vous m'avez toujours comblé, l'éducation et le bien être que vous m'assurez, pour votre soutien, vos sacrifices et vos prières. Que dieu vous garde en bonne santé.

Mes adorables frères : Riyad et Ilyas

Cette dédicace soit le meilleur cadeau que je puisse vous offrir. Que dieu vous protégés

A mes grands-parents :

Allah les bénisse avec une bonne santé et mon adorable grand-père, qu'Allah pait à son âme.

A Toutes les familles :

Bamouusa et kabouia

A mes chères sœurs

khawla , Amina ,Abir, Rania, Faiza,Wiam, Sabrina et Imane, qui je souhaite plus de succès

A Ilham

Mon binôme, Pour son soutien sa patience et sa compréhension, tout au long de ce travail.

A Mme Yakoubi Meryem

La plus belle professeure du monde que dieu te garde en bonne santé

A Naziha Benamara

Merci pour ta confiance et ta présence

A mes amies

Les gens qui sont à côté de moi

Je vous adore

Marwa

Dédicace

A Ma chère mère, qui m'a soutenue et encouragée pendant ces années d'études , souhaite que Dieu la guérisse et lui donne une bonne santé.

A Mon cher père qui a sacrifié leur vie, pour ma réussite.

À mes frères Bachir, Mohamed, Fayçal, Toufik.

A ma chère sœur Dalal et sa fille Amira pour leur soutien moral et leurs précieux conseils tout au long de mon étude.

A tout ma famille Que dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

A tous les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant. Merci pour leurs Amours et leurs encouragements.

À mon binôme Marwa, pour son entente et sa sympathie, je souhaite beaucoup de succès dans sa vie.

Ilham

Résumé

La maladie du bayoud ou la fusariose vasculaire, est causée par un champignon phytopathogène *Fusarium oxysporum* f.sp. *Albidinis* qui provoque une menace, pour la culture des palmiers dattiers (*Phoenix dactylifera* L) en Algérie.

Ce travail c'est basé sur isolement et identification du *Fusarium oxysporum* à partir des rachis, des palmes et des rhizosphères des palmiers dattiers infectés par la fusariose de la région de Béchar. L'identification morphologique de sept (07) isolats a révélé leur appartenance à *Fusarium oxysporum*. Les isolats ont présenté une diversité morphologique avec dominance de la couleur rosâtre et le morphotype cotonneux.

L'extraction des HEs a été effectuée par hydrodistillation, et a donné un rendement en huile essentielle de l'ordre de 0.91% pour *Rosmarinus officinalis* et de 0.30% pour *Eucalyptus globulus*.

Les résultats de l'activité antifongique obtenues montre que les deux HEs des deux plantes *R. officinalis* et *E. globulus* ont un effet inhibiteur intéressant à des concentrations différentes selon la plante étudiées. Le test *in vitro* de l'activité antifongique des deux HEs sur la croissance mycélienne et la germination des spores des 04 isolats du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albidinis*, a montré une inhibition totale (100%) de la croissance mycélienne de tous les isolats à la concentration de 19µL/mL en HE de *E. globulus*, et de 26.5µL/ml en HE *R. officinalis*. Également, l'HE d'*E. globulus* a montré une inhibition totale sur la germination des spores de la souche B2 à la concentration 19µL/mL. Également, l'HE du *R. officinalis* a montré une inhibition totale pour la souche F1(4) d'une concentration 26.5µL/mL.

Mots clés : *Fusarium oxysporum* f.sp. *albidinis*, palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.), la fusariose vasculaire (bayoud), *Rosmarinus officinalis* L, *Eucalyptus globulus* L.

Abstract

Bayoud disease or vascular fusariosis is caused by a phytopathogenic fungus *Fusarium oxysporum* f.sp. *Albidinis* which poses a threat to date palm (*Phoenix dactylifera* L) cultivation in Algeria.

This work is based on the isolation, identification of *Fusarium oxysporum* from the rachis, palms and rhizospheres of date palms infected by *Fusarium* in the Bechar region. Morphological identification of seven (07) isolates revealed their belonging to *Fusarium oxysporum*. The isolates presented a morphological diversity with dominance of pinkish color and cottony morphotype.

The extraction of the EOs was carried out by hydrodistillation, and gave a yield in essential oil of about 0.91% for *Rosmarinus officinalis* and 0.30% for *Eucalyptus globulus*.

The results of the antifungal activity obtained show that the two EOs of the two plants *R. officinalis* and *E. globulus* have an interesting inhibitory effect at different concentrations depending on the plant studied. The *in vitro* test of the antifungal activity of the two EOs on the mycelial growth and spore germination of the 04 isolates of *Fusarium oxysporum* f.sp. *albidinis*, showed a total inhibition (100%) on the mycelial growth of all isolates at the concentration of 19 μ L/mL in *E. globulus* EO, and 26.5 μ L/mL in *R. officinalis* EO. Also, *E. globulus* EO showed a total inhibition on spore germination for strain B2 at the concentration 19 μ L/mL. Also, *R. officinalis* EO showed total inhibition for strain F1(4) at concentration 26.5 μ L/mL .

Keywords: *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, Date palm (*Phoenix dactylifera* L), Fusarium wilt (bayoud), *Rosmarinus officinalis* L; *Eucalyptus globulus* L.

ملخص

مرض البيوض أو مرض الذبول الوعائي الناجم عن الفطر الممرض *Fusarium oxysporum f.sp. albidinis* الذي يشكل تهديداً لزراعة نخيل التمر في الجزائر.

تهدف هذه الدراسة على عزل وتحديد و الفطر *Fusarium oxysporum* الذي تم عزله من أوراق، جذور و تراب المحيط بالنخيل المصابة في منطقة بشار؛ كشفت هذه الدراسة عن عزل سبعة 07 عينات والتي تم تحديدها عن طريق خصائصها المرفولوجية والتي تتمثل في الوصف العياني الذي يتعلق بمظهر غشاء ونمو الفطر. النتائج المتحصل عليها سمحت بإظهار تنوع في العينات المدروسة وهذا بهيمنة اللون الوردي والخصائص القطنية للفطر. وكذا على تأثير الزيوت الأساسية التي تستخدم كمضاد للفطريات التي تم استخراجها من النباتين العطريين والطبيين *Rosmarinus officinalis* و *Eucalyptus globulus* L (E.globulus).

تم استخراج الزيوت الأساسية عن طريق التقطير المائي، وأعطى إنتاج زيت عطري حوالي 0.91% للنبات *Rosmarinus officinalis* و 0.30% من *Eucalyptus globulus*.

أظهرت نتائج النشاط المضاد للفطريات التي تم الحصول عليها أن النباتين (*R. officinalis* و *E. globulus*) لهما تأثير على نشاط 04 عينات من *Fusarium oxysporum f.sp. albidinis*. أظهر هذان النوعان تثبيطاً كلياً (100%) على النمو الفطري لجميع العينات بتركيز 19 ميكرو لتر / مل في *E. globulus* و 26.5 ميكرو لتر / مل في *R. officinalis*.

الكلمات المفتاحية: نخيل التمر (*Phoenix dactylifera*.L) ؛ *Fusarium oxysporum f.sp. albidinis* ؛ ذبول الفيوزاريوم (بيوض)؛ *Rosmarinus officinalis* L ؛ *E.globulus* ؛

SOMMAIRE

Remerciements	II
Dédicace.....	III
Dédicace.....	IV
Résumé.....	V
Abstract	VI
ملخص	VII
Liste des abréviations	XI
Liste des figures.....	XII
Liste des tableaux	XIV
Introduction Générale	

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I. Le palmier dattier (généralité sur l'hôte) :	4
1. Taxonomie :.....	4
2. Morphologie :.....	5
3. Production et Importance économique dans le monde et en Algérie :.....	7
4. Les maladies du palmier dattier :.....	7
II. L'agent pathogène : <i>Fusarium axysporum</i> f.sp. <i>albedinis</i>	9
1. Origine et historique :.....	9
2. Taxonomie :.....	9
3. Caractères physiologique :	10
4. Caractéristique morphologique :.....	10
5. Forme de reproduction :	11
6. Cycle de vie :	13
7. Principales toxines et enzymes produites par le parasite :	14
III. Le BAYOUD (trachéomycose)	16
1. Historique :	16
2. Symptômes :	17

3.	Importance des dégâts causés par le Bayoud :.....	18
4.	La dissémination :	19
IV.	Moyens de lutte :	20
1.	Généralité sur les huiles essentielles	20
2.	La composition chimique des huiles essentielles :	21
2.1.	Terpènes et Terpénoides.....	21
2.2.	Composés aromatique :	21
3.	Action antifongique des HEs :	22
4.	Méthodes d'extraction :	23
5.	Présentation des plantes étudiées :	24
1.	Rosmarinus officinalis :	24
1.1.	Description botanique :	25
1.2.	Systematique :	25
1.3.	Composition chimique de l'huile essentielle du romarin :	26
1.4.	Propriétés thérapeutiques :	26
2.	Eucalyptus globulus :	26
2.1.	Description botanique de la plante :	27
2.2.	Systematique:	28
2.3.	Composition chimique des huiles essentielles de l'eucalyptus :	28
2.4.	Propriétés thérapeutiques :	29

Chapitre II

Materiels Et methodes

I.	L'agent pathogène :	31
1.	Échantillonnage :	31
2.	Isolement à partir des plantes :	32
3.	Isolement de la flore fongique à partir de la rhizosphère proche de la plante :	32
4.	Purification :	34
II.	Identification morphologique :	35
1.	Etude macroscopique :	35
2.	Etude microscopique :	35

III.	L'essai <i>in vitro</i> de la lutte biologique par les huiles essentielles :	37
1.	Matériel végétal :	37
2.	L'effet des huiles essentielles sur la croissance mycélien :	38
3.	L'effet de l'huile essentielle sur la germination des spores :	39

Chapitre III

Résultats et discussions

I.	Isolement de champignons :	41
2.	Echantillonnage :	41
3.	Culture monospores :	43
II.	Identification morphologique:	43
1.	Caractéristique macroscopiques :	43
2.	Caractéristiques microscopiques :	46
III .	L'essai <i>in vitro</i> de la lutte biologique par les huiles essentielles :	48
1.	Rendement et caractérisation des deux huiles essentiels	48
2.	Evaluation <i>in vitro</i> de l'activité antifongique des huiles essentielles :	49
	Conclusion	61
	Références Bibliographiques	63
	Annexes	79

Liste des abréviations

FOA : *Fusarium oxysporum* f.sp. *Albidinis*.

HE : Huile Essentielle.

E.globulus : *Eucalyptus globulus*.

R.officinalis : *Rosmarinus officinalis*.

f.sp : forme spéciale.

ATB : antibiotique.

CLA : carnation leaf agar.

EDS : eau distillée stérile.

PDA : pomme de terre Dextrose Agar.

CMI : concentration minimale inhibitrice.

TI : Taux d'inhibition

Liste des figures

Figure 01 : Présentation schématique du palmier dattier	06
Figure 02 : Caractéristiques morphologiques de <i>Fusarium oxysporum</i>	12
Figure 03 : Cycle de vie du <i>Fusarium oxysporum</i> .	14
Figure 04 : Répartition du Bayoud en Algérie et en Afrique du Nord.	17
Figure 05 : Les symptômes externes du bayoud.	18
Figure 06 : L'hydrodistillateur de type Clevenger	24
Figure 07 : <i>Rosmarinus officinalis</i>	25
Figure 08 : <i>Eucalyptus globulus</i>	27
Figure 09 : Rachis et palme présentant les symptômes du bayoud.	31
Figure 10 : Isolement à partir des parties de palmier dattier infecté.	32
Figure 11 : La méthode directe d'isolement à partir de la rhizosphère proche de la plante.	33
Figure 12 : Le principe de la culture monospores.	34
Figure 13 : La méthode de CLA.	36
Figure 14 : Isolement de champignons à partir des rachis infecter.	41
Figure 15 : Isolement des champignons à partir de la rhizosphère (méthode direct).	42
Figure 16 : Isolement des champignons à partir de la rhizosphère (méthode indirect).	42
Figure 17 : La culture pure.	43
Figure 18 : Les variabilités des isolats du <i>fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>albidinis</i> .	44
Figure 19 : L'observation microscopique de <i>Fusarium oxysporum</i> .	47
Figure 20 : HE d' <i>Eucalyptus globulus</i> .	48
Figure 21 : HE de <i>Rosmarinus officinalis</i> .	48
Figure 22 : Représentation graphique d'effet d'HE <i>E. globulus</i> sur la croissance mycélienne.	49
Figure 23 : Effet de l'HE d' <i>E. globulus</i> sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>albidinis</i> après 10 jours d'incubation.	50
Figure 24 : Représentation graphique d'effet d'HE <i>Rosmarinus officinalis</i> sur la croissance mycélienne.	51
Figure 25 : Effet de l'HE de <i>R.officinalis</i> s sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>albidinis</i> après 10 jours d'incubation.	52
Figure 26 : Lyse au niveau du mycélium de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>albidinis</i> en présence d'huile essentielle <i>R.officinalis</i> (X100).	53

Figure 27 : Lyse au niveau du mycélium de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>albidinis</i> en présence d'huile essentielle de <i>E.globulus</i> (X100).	54
Figure 28 : Représentation graphique l'effet d'HE <i>E.globulus</i> sur la germination des spores.	55
Figure 29 : Représentation graphique l'effet d'HE de <i>R. officinalis</i> sur la germination des spores.	56
Figure 30 : Les spores germées de FOA dans le témoin non traité (X10).	57
Figure 31 : Les spores germés et non germés en présence de l'HE d' <i>Eucalyptus globulus</i> à la concentration de 17.5µL/mL (X10).	57
Figure 32 : Microconidies germés(X40).	58
Figure 33 : Les spores non germés en présence de l'HE <i>Rosmarinus officinalis</i> à la concentration de 26.5µL/mL (X10).	58

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les principales maladies des Palmiers dattiers.	08
Tableau 02 : Les différents morphotypes chez <i>fusarium</i> .	11
Tableau 03 : La composition chimique du <i>Rosmarinus officinalis</i> L.	26
Tableau04 : La composition chimique du d' <i>Eucalyptus globulus</i> L.	29
Tableau 05 : Origine et dates de prélèvements des échantillons.	41
Tableau 06 : Caractérisation macroscopiques des isolats de <i>fusarium oxysporum</i> .	43

Introduction Générale

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L) prédomine les écosystèmes saharien et prés saharien, et joue un rôle très important dans la protection contre les rayons solaires et dans l'alimentation, grâce à leur production des dattes.

L'Algérie est l'un des pays productrice des datte assurant 12.83% de la production mondiale notamment la deglette Nour qui se trouve dans les régions saharien Bechar , Adrar , Ghardaïa, Wargla

La production mondiale des dattes est estimée à 8526218 tonnes en 2018. Distribuer sur les cinq continents, mais les pays les plus producteurs se trouvent au Moyen-Orient et en Afrique du Nord (**Gros-Balthazard et al., 2013**).

Les palmiers dattier comme toutes les plantes peuvent être attaqué par différents agents phytophathogènes tels que, les bactéries, les champignons, les parasites ou virus, qui peuvent leurs causer des dégâts.

L'une des maladies qui affecte le palmier dattier est le Bayoud causé par *Fusarium oxysporum* f.sp.*albidinis*, est le parasite le plus majeur sur cette espèce fruitières (**Benlarbi, 2019**).

En Algérie le Bayoud est présent dans plusieurs régions productrices des dattes. Cette maladie se manifeste par le blanchissement et dessèchement des palmes, la mort de l'arbre se manifeste en générale six à vingt-quatre mois après l'apparition de premiers symptômes, mais cette durée peut être plus ou moins longue selon les variétés de palmier et les conditions de culture (**Mahdi, 2011**). .

Il existe différentes méthodes de lutte contre la fusariose vasculaire telle que la lutte chimique la plus utilisé, mais grâce à ses inconvénients ; plusieurs recherches essayent de trouver des solutions alternatives telles que la lutte biologique qui permettront de lutter contre les parasites phytopathogènes sans provoquer de graves conséquences sur l'environnement et la santé humaine.

La lutte biologique permet d'utiliser des agents ou des produits naturels contre ces ravageurs pathogènes. Notre étude se base sur l'utilisation de deux huiles essentielles des plantes aromatiques et médicinales, présentant un large spectre d'activités biologique sur les champignons pathogènes.

➤ Le manuscrit est organisé selon le plan suivant :

- ✓ La première partie est une synthèse bibliographique (chapitre I) qui fait l'objet d'étudier la plante hôte du palmier dattier, puis l'agent pathogène *fusarium oxysporum* f.sp. *albidinis*, la maladie de fusariose vasculaire (bayoud) et par la suite les différentes méthodes de lutte contre cette maladie tel que la lutte biologique.
- ✓ La deuxième partie représente la partie expérimental (chapitre II) qui consiste à l'isolement ; la purification et l'identification morphologique des isolats de *fusarium oxysporum* f.sp. *albidinis* ; l'extraction des huiles essentiels du *Eucalyptus globulus* et *Rosmarinus Officinalis* et l'étude *in vitro* de leur activité antifongique sur la croissance mycélienne et la germination des spores de *fusarium oxysporum* f.sp. *albidinis*.
- ✓ La troisième partie (chapitre III) est consacrée à la présentation des résultats obtenus et leurs discussions.
- ✓ Enfin, notre travail est clôturé par une conclusion générale qui reprend l'essentiel de cette étude et où des perspectives ont été proposées.

Chapitre I :

Synthèse bibliographique

I. Le palmier dattier (généralité sur l'hôte) :

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est une plante dioïque, monocotylédone, appartenant à la famille des Arecaceae, anciennement appelées *Palmaceae*, comprenant 200 genres et plus de 2500 espèces (Dransfield *et al.*, 2008b; Salem *et al.*, 2001). Cette plante est cultivée depuis plus de 4000 ans, est répartie dans les régions désertiques, tropicales et régions subtropicales mondiales (Moussouni *et al.*, 2013 ; (Gros-Balthazard, 2013) ; Al Antary *et al.*, 2015 ; Elkinany *et al.* , 2017 ; Bentradi *et al.*, 2017) . *Phoenix dactylifera* L a été attribué par le botaniste linné en 1753 sous la description du palmier dattier (Munier, 1973). Les palmiers dattiers et leur fruits constitues le pivot central du système oasien, elles sont essentielles pour régler beaucoup de problèmes nutritionnels, pharmaceutiques industriels, soit par l'usage directe ou après sa valorisation, elles sont contribuées également à renforcer le côté touristique et ainsi développer l'activité économique du pays.

1. Taxonomie :

La classification botanique du palmier dattier selon (Al-Khalifah *et al.*, 2013) :

- Règne :** Végétal.
- Sous- règne :** Tracheobionta (plante vasculaire).
- Division :** Magnoliophyta (angiosperme).
- Classe :** Liliopsida (monocotylédone).
- Sous-classe :** Arecidae.
- Ordre :** Arecales.
- Famille :** Arecaceae.
- Genre :** *Phoenix*.
- Espèce :** *Phoenix dactylifera* L.

2. Morphologie :

Le palmier dattier étant une monocotylédone arborescente et dioïque, son stipe apparemment monopodique, mesure de 15 à 30 mètres, et contient de nombreux faisceaux libéro-ligneux, très enchevêtrés et dont on ne peut suivre le parcours (**Arib, 1998**).

a. Le Système racinaire :

Le système racinaire du palmier dattier est fasciculaire, les racines ne se ramifient pas. un bulbe ou plateau racinal est volumineux et émerge en partie au-dessus du niveau du sol (**figure 01**).

b. Le Système végétatif : (figure 01)

- **Le Tronc :**

Généralement cylindrique, son élongation s'effectue dans sa partie coronaire par le bourgeon terminal ou phyllophore (**Munier, 1973**).

- **La Couronne :**

Nommer aussi frondaison est un ensemble des palmes vertes qui forment la Couronne du palmier dattier. On dénombre de 50 à 200 palmes chez un palmier dattier adulte. La durée de vie chez les palmer varie de trois à sept ans selon les variétés et le mode de culture. Elles sont émises par le bourgeon terminal ou « phyllophore », pour cela, on distingue : la couronne basale, la couronne centrale et les palmes du cœur (**Peyron, 2000**).

- **La Palme (ou La feuille) :**

Ou « Djérid » est une feuille pennée dont les folioles sont inclinées disposées en position oblique le long du rachis. Les segments inférieurs sont transformés en épines, plus ou moins nombreuses, et plus ou moins longues.

- **Le fruit :**

Fruit du palmier dattier, les dattes sont des baies qui contiennent une seule graine, Souvent appelé noyau. Les dattes sont constituées d'un mésocarpe charnu protégé par un fin épicarpe, le noyau enferme d'un endocarpe parcheminé, allongé, plus ou moins volumineux, lisse ou avec des protubérances latérales sur les bords ou les nageoires, avec des sillons ventraux ; les embryons sont dorsaux et ses la consistance est ferme et cornée. (**Bounaga, 1991**).

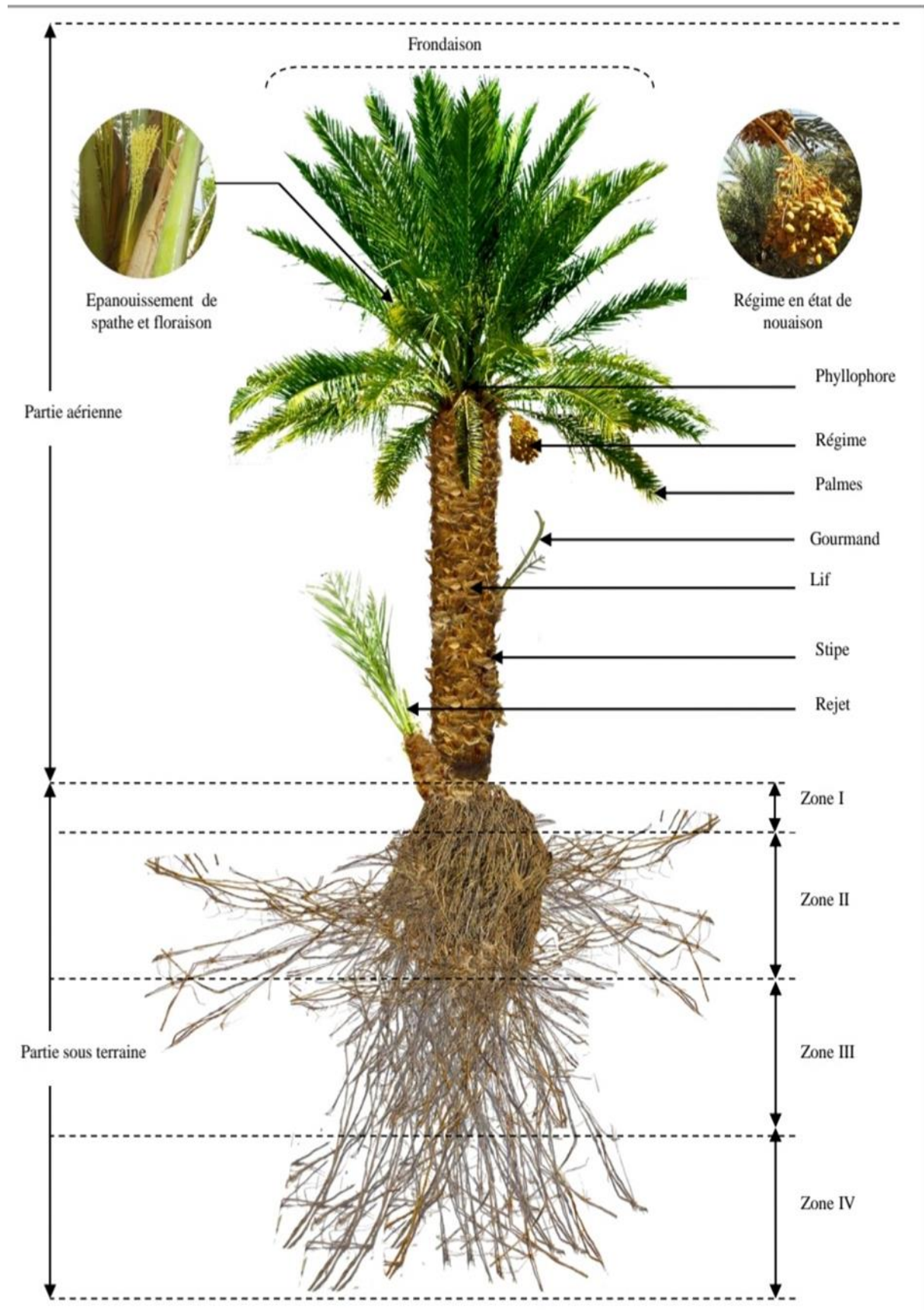


Figure 01 : Présentation schématique du palmier dattier (Boulanouar, 2015).

3. Production et Importance économique dans le monde et en Algérie :

Le palmier fait partie de la famille des *Arecaceae* l'une des trois familles les plus utilisées par l'homme après les *Poaceae* et *Fabaceae* (Aberlenc-Bertossi, 2010), et constituent une composante importante des écosystèmes oasiens des régions sahariennes et présahariennes (Chakroune *et al.*, 2005).

Dans le monde, les principaux pays producteurs sont l'Égypte, l'Arabie Saoudite, l'Iran, l'Algérie et l'Iraq. L'exportation de dattes est importante vers la communauté européenne, l'Inde, l'Amérique du Nord, l'Australie et la Russie, etc. la production mondiale des dattes était de 8526218 tonnes en 2018 (FAOSTAT, 2020). L'Algérie, avec une production de 1094700 tonnes, s'est classée parmi les plus importants pays producteurs des dattes. La culture du palmier dattier est majoritairement localisée dans les wilayets sahariennes et présahariennes surtout dans l'Est du pays (Chehema et Longo, 2001). Zone de Ziban : (Biskra, Tolga ou pied de l'Aurès(Nemamcha).) ; Zone de l'Oued Righ : (Touggourt, Temacine, M'raier, Djamaa) ; Zone de l'Oued souf : (El-oued, Gueggar) ; Zone d'Ouargla ; Zone de M'zab (Ghardaïa, Guerrara, Metlili, El Menia) ; Zone d'El-Goléa, du Tidikelt : (Ain Salah, Foggara, Aoulef, Reggan) ; Zone du Hoggar : (Tassili, Tamanrasset, Djanet) ; Zone de l'Atlas et de la Saoura : (Beni-ounif, Béchar, Taghit, Béni-abbès) ; Zone de Touat : Adrar, Gouerrara (Timimoun).

4. Les maladies du palmier dattier :

Comme tous les plantes les palmiers peut être attaquer par différents maladies causes par des phytophathogènes (champignons ; bactéries ; virus). Les palmiers dattiers sont exposés à des ravageurs acclimatés à ces conditions, ces parasites provoquent des dégâts redoutables .le tableau suivant présent les différentes maladies et leurs agents causals en l'Algérie.

Tableau 01 : Les principales maladies des Palmiers dattiers.

La maladie	Agent causal	Symptômes	Référence
Khamedj (Pourriture des inflorescences).	- <i>Mauginiella scaetiae</i> - <i>Fusarium moniliforme</i> - <i>Thielaviopsis paradoxa</i>	pourritures incomplet ou totales des inflorescences de couleurs différentes. *blanche à crème causée par <i>Mauginiella scaetiae</i> . * rosâtre causée par <i>Fusarium moniliforme</i> . * sèche de couleur marron-brune du par <i>Thielaviopsis paradoxa</i> .	(Sedra, 2003) (Munier, 1973) (Djerbi, 1994).
La pourriture du bourgeon ou Belâat	<i>Phytophthora</i> sp.	*blanchissement des palmes. *pourriture humide à progression rapide.	(Bounaga et Djerbi, 2009).
La pourriture du cœur à <i>Thielaviopsis</i> (Ou le dessèchement noir des palmes)	<i>Thielaviopsis paradoxa</i>	*Dessèchement noir des feuilles. *Pourriture des inflorescences. *Pourriture du cœur et du stipe. *Pourriture du bourgeon terminal.	(Bounaga et Djerbi, 2009).
La fusariose (Bayoud)	<i>Fusarium oxysporum</i> .f.sp. <i>albedinis</i>	*Dessèchement et blanchissement des palmes *les palmes prends l'aspect d'une plume mouillée.	(Djerbi, 1988).

II. L'agent pathogène : *Fusarium oxysporum* f.sp. *alb Edwinii*

1. Origine et historique :

Fusarium est un champignon microscopique filamenteux largement répandu dans l'environnement. Ce genre a été décrit en 1809 (Nilson *et al.*, 1981). Il a été isolé pour la première fois en 1921, mais identifié seulement en 1934 par Malincon. Il est économiquement important, rassemblant de nombreux agents phytopathogènes de plus de 100 espèces, qui contaminent les céréales, les légumes, les arbres fruitiers et provoque une maladie appelée la fusariose. Souvent associée à la pourriture des racines, des tiges et des fruits, et la dégénérescence du système vasculaire (Leslie et Summerell, 2006).

2. Taxonomie :

Le *Fusarium oxysporum* est l'espèce la plus commune et la plus importante de la forme phytopathogène de la microflore fongique des sols arables ; car elle représente 80 à 90 % de la flore fusarienne de la rhizosphère (Correl *et al.*, 1986).

Fusarium fait partie du phylum des Deutéromycètes (champignons imparfait), car chez la plupart des espèces qui ont été initialement décrites, aucune reproduction sexuée n'a été observée. Les formes imparfaites sont caractérisées par un mycélium cloisonné ou septé et la production des conidies hyalines généralement unicellulaires sur des conidiophores libres ; elles sont classées dans le groupe des Moniliales. (Lepoivres, 2003) De plus, *Fusarium* produit des macroconidies constituées de deux à plusieurs cellules. Leur forme typique avec des cellules plus ou moins pointues est l'un des critères d'identification représentatifs de ce genre. Chez de nombreuses espèces, il existe une cellule basale en forme de pied (Seifert, 2001). La production de métabolites secondaires, en particulier les toxines ; est courante chez le *Fusarium*, et les profils de ces composés peuvent être utilisés pour la classification des espèces (Thrane, 2001). Selon la classification actuelle le *Fusarium oxysporum* fait partie de la classe des Ascomycètes, la famille de Nectriaceae. Au sein de ce genre plus de 120 formes spécialisées peuvent être distinguées en fonction de leur pathogénicité pour la plante hôte (Ramírez-Suero, 2009).

- Selon Schoch CL *et al.*, 2020. La nouvelle classification de *Fusarium oxysporum* basée sur la phylogénie moléculaire est la suivante :

Règne :	Fungi.
Division :	Ascomycota.
Classe :	Sordariomycetes.
Sous-classe :	Hypocreomycetidae.
Ordre :	Hypocreales.
Famille :	Nectriaceae.
Genre :	<i>Fusarium</i> .
Espèce :	<i>Fusarium oxysporum</i> .

3. Caractères physiologique :

Ce champignon se développe bien sur la gélose à base de pomme de terre – Potato Dextrose Agar – (PDA) (**Bouhot et Billotte ,1964**). La croissance commence à 7°C, reste faible à 12°C, devient rapide entre 21°C et 27,5°C, et se développe rapidement à 37°C (**Malençon, 1947**). La meilleure croissance du champignon *in vitro* est obtenue à 28°C, tandis que la meilleure température de germination des microconidies est de 27°C (**Bounaga, 1975**). Les auteurs montrent une croissance plus faible entre pH 8,5 - 9,7 et une croissance plus rapide à pH 5 à 6. Les meilleures sources de carbone métabolisées par ce champignon sont la pectine, le mannose et le glucose. Les sources d'azote organique sont plus disponibles que l'azote minéral (**Arib ,1998**).

4. Caractéristique morphologique :

Fusarium oxysporum est caractérisé par un mycélium aérien généralement blanchâtre ou rosâtre. Il peut prendre d'autres pigmentations (beige ; mauve ; orange ou violette), (**Messaoudi et al., 1989**) ,les pigments diffusent souvent dans la gélose. Les différents morphotypes existent chez Les souches de *Fusarium oxysporum* selon (**Henni et al., 1994**).

Tableau 02 : Les différents morphotypes chez *Fusarium*.

Morphotype	Caractéristiques
Type duveteux	Présente un mycélium aérien assez court mais dense, portant de nombreuses microconidies. Les macroconidies et les Chlamydo-spores se forment tardivement.
Type sporodochial	Caractérisé par la présence de macrosporodochies massives ; disposées plus ou moins en grand nombre dans un mycélium, aérien assez court mais dense et d'aspect duveteux.
Type Sclérotal	Le même aspect que le type précédant mais les sporodochies sont remplacées par les sclérotés plus ou moins volumineux d'une pigmentation beige violacé à rosâtre.
Type Pionnotal	Présente un aspect luisant et humide ou crémeux, sans mycélium aérien. La couche superficielle est constituée de nombreuses microconidies. Les macroconidies sont formées en nappes sur phialides non ramifiées. Présent un aspect luisant et humide ou crémeux, sans mycélium aérien. La couche superficielle est constituée de nombreuses microconidies. Les macroconidies sont formées en nappes sur phialides non ramifiées.
Type Cotonneux	Présente un mycélium aérien très abondant, épais et très peu sporidie.
Types Muqueux	Ne présente pas un mycélium aérien. Les microconidies sont abondantes, les macroconidies rares et les Chlamydo-spores abondantes mais tardives.
Type Ras Sénéscent	Il est caractérisé par un mycélium aérien extrêmement ras ; clairseme. peu visqueux et par une vitesse de croissance très faible.

5. Forme de reproduction :

Fusarium oxysporum produit trois types de spores asexuées (microconidie, macroconidie, chlamydo-spores) et des spores sexuées (ascospore), des sclérotés rares peuvent être produits par ce champignon.

- **Microconidies** : Il s'agit d'une microspore (3-5 x 10-15 µm), généralement ovale, unicellulaire, parfois bicellulaire. Il est formé de monohyphes ou de polyhyphes sur le mycélium aérien. Le monophialide c'est un phialide ne représentant qu'une unique spore par lequel sont produites la ou les conidies (**Cirad et Gret, 2002**).
- **Macroconidies** : macrospores fusiformes et espacées (5-10 x 25-35 µm) dans le sporophyte, constituées de spores uniques, de forme typique de taille uniforme ; chez les polyphialides, elles ont une forme et une taille variables (**Cirad et Gret, 2002**).
- **Chlamydospores** : C'est une spore résistante entourée de parois épaisses, parfois Ornementé. Elle est sphérique ou ovale, (6 x 30µm) de diamètre, les chlamydospores sont des spores intercalaires ou terminales.
- **Ascospore** qui se forme dans l'asque dans des conditions optimales. Typiquement, un seul asque contiendra huit ascospores (ou octad). Les huit spores sont produites par la méiose suivie d'une division mitotique.
- **Sclérotés rares** : bleu foncé à noir, 1-2mm de diamètres, réparties à la surface des hyphes ou en groupes.

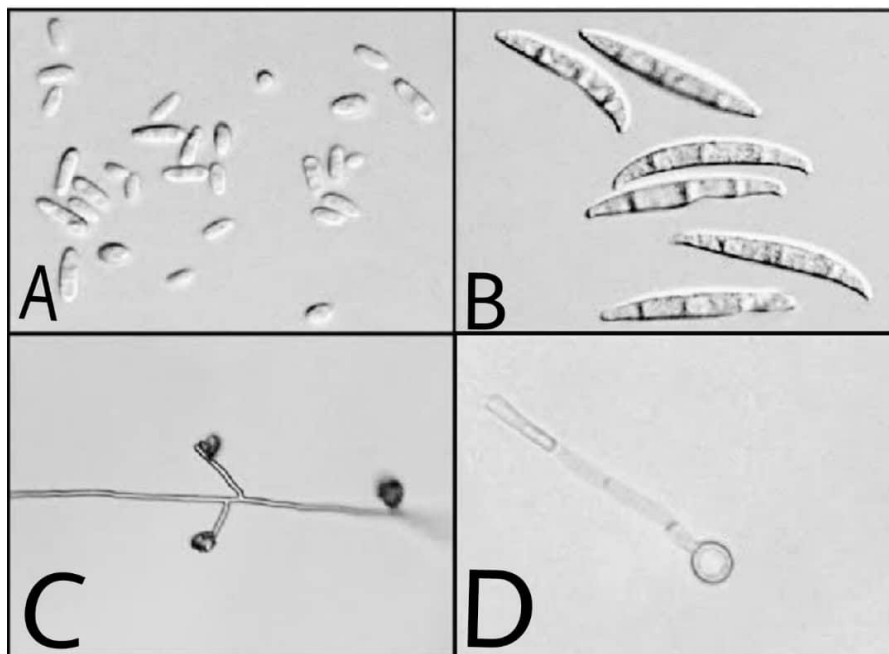


Figure02 : Caractéristiques morphologiques de *Fusarium oxysporum*. (A) Microconidies ovales ;(B) macroconidies en forme faucille ; (C) Miroconidies produites dans les fausses têtes de monophialides courts ; et (D) une seule chlamydospores terminale. (**Fourie et al ., 2011**).

6. Cycle de vie :

Le cycle de vie est divisé en deux phases la colonisation et le parasitisme. Le champignon existe généralement dans le sol sous forme de chlamydospores qui sont des spores résistantes, à parois épaisses qui entrent dans une phase de dormance (**Lemanceau et Alabouvette, 1993**). Au contact de l'hôte, les spores se fixent à la racine de la plante et germent à l'extérieur, et une partie du mycélium pénètre dans la racine et les rameaux au niveau des cellules épidermiques). Ce germe est capable de franchir la barrière formée par la paroi rigide de la cellule hôte. Pour cela, il a employé des moyens enzymatiques et mécaniques. Arrivé au niveau du cylindre central, le parasite s'installe dans le contenant de xylème (tissu conducteur), d'où il va se propager dans la tige par des petites conidies transportées par la sève montante .Ils forment des fructifications à la surface des feuilles appelées sporophytes et forment des macroconidies. La mort de l'arbre intervient lorsque le champignon atteint avec ses toxines et ces enzymes le bourgeon terminal. Au cours de sa progression, le *fusarium* s'échappe du xylème et colonise le parenchyme environnant par un mycélium, c'est ce qui donne plus tard la coloration brune rougeâtre caractéristique des arbres malades (Figure 03). Après la mort de l'arbre, le mycélium continue à se développer dans les tissus morts et forme de nombreuses chlamydospores dans les cellules du sclérenchyme (**Louvet, 1977 ; Nelson, 1981**). A l'extérieur, se forment des organes fructifères à la surface des feuilles appelées sporodochies et développent des macroconidies qui à leur tour contaminent d'autres plantes, lorsqu'elles sont transportées par le vent, l'érosion du bien par les insectes (**Jones et Woltz, 1981**).

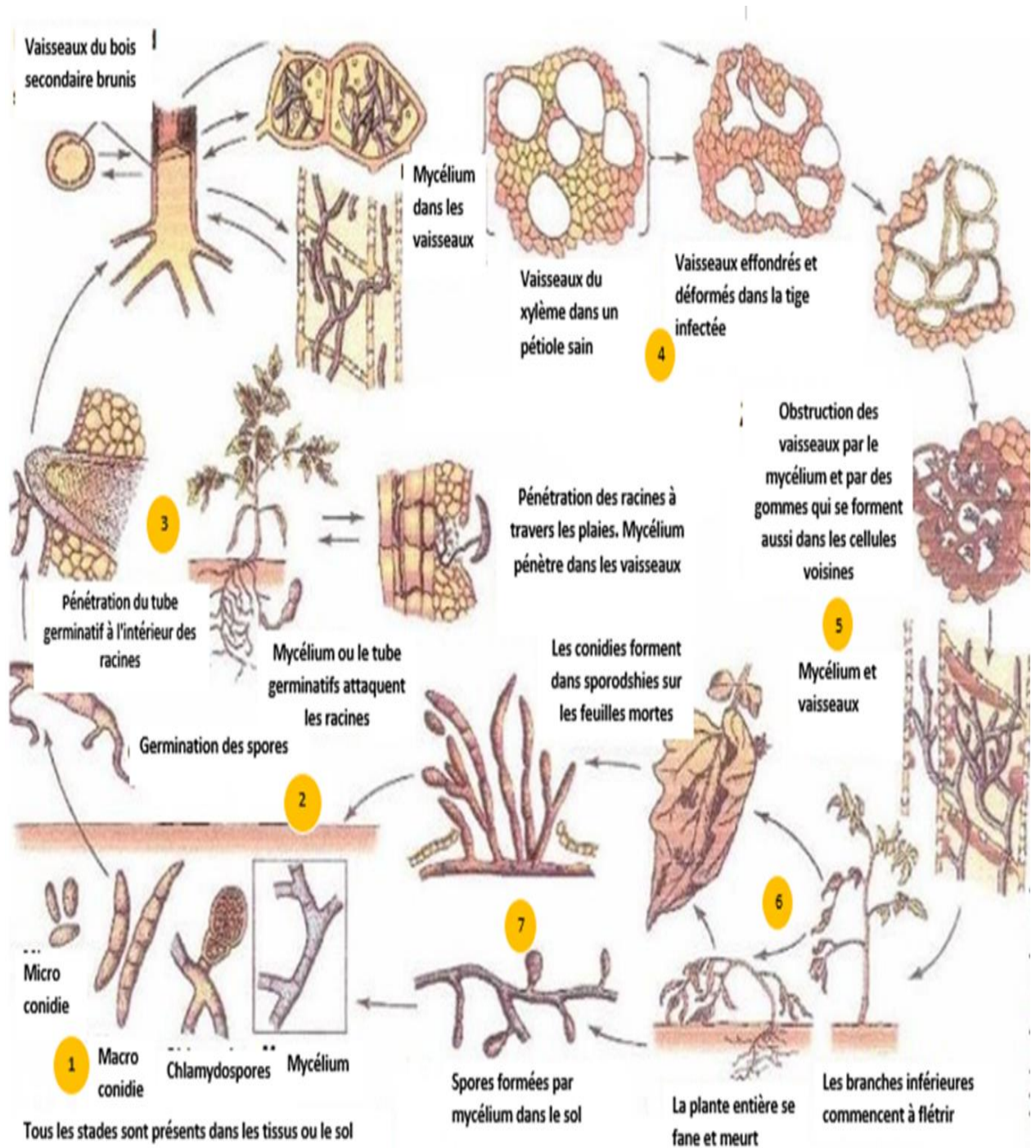


Figure 03 : Cycle de vie de *fusarium oxysporum* (Agrios, 2005).

7. Principales toxines et enzymes produites par le parasite :

Plusieurs études ont démontré que des extraits bruts de filtrats de FOA contiennent une quarantaine de produits différents (Moukhliiss, 1987), tels que : Enniatine, Beauvericines, Fusaproliferine et autres .Cependant *Fusarium oxysporum* produit un nombre limité de toxines dont les plus connues est l'acide fusarique et ses dérivés . Selon Sedra (2013), il y a le dérivé de l'acide fusarique (5 - n - butyle - 2 - pyridine acide carboxylique). C'est une

toxine non spécifique, produite par différentes espèces pathogènes et non pathogènes de *Fusarium*. Elle peut provoquer de nombreux changements telles que, l'altération de la perméabilité membranaire (Gäumann E, 1957), la modification du potentiel membranaire, la diminution du taux d'ATP (D'alton A. et Etherton B, 1984) , la réduction de l'activité respiratoire (Paquin R. et Waygood E. R, 1957) et l'altération de la croissance cellulaire (Matysiak B, Samyn , 1996). Aussi Lycomarasmine : c'est un dipeptide qui provoque une perturbation de l'équilibre en eau chez certains végétaux atteints (Gäumann, 1957).

- Les enzymes hydrolytiques : permet au pathogène de pénétrer la paroi rigide des cellules de la plante hôte, principalement formée de substances pecto- cellulosiques. L'agent pathogène sécrète une séries d'enzymes hydrolytiques au niveau des vaisseaux conducteurs de sève brute , telles que la pectine méthyle estérase (PME) , polygalacturonase (PG) et la pectine lyase (PL) ce qui conduit à l'hydrolyse de la pectine en acide pectique formant ainsi une masse gluante qui bouche les vaisseaux et bloque la circulation de la sève.

- **Pectinestérases (PE) ou pectine - méthylestérases (PME)** : hydrolyse des liaisons esters méthyliques des pectines hautement méthyle , entraînant la libération de méthanol et la formation d'acide polygalacturonique .

- **la polygalacturonase (PG) et la pectine méthylgalacturonase (PMG)** : les PG, sont des enzymes pectinolytiques qui catalysent l'hydrolyse des liaisons glycosidiques α -(1-4) des pectines acides (acide polygalacturonique). Ces enzymes sont spécifiques des substances pectiques non ou partiellement estérifiées par du méthanol. Elles sont les plus étudiées parmi la famille des enzymes pectinolytiques. Les PG impliquées dans l'hydrolyse des substances pectiques sont des endo-PG (EC 3.2.1.15) et des exo-PG (EC 3.2.1.67) (Jayani *et al.*, 2005).

- **Transéliminase pectinolytique (PTE)** : la PTE brise la liaison 1,4 et enlève l'hydrogène en 5 (=pectine lyase), coupe donc la chaîne. Les deux principaux mécanismes sont :

- l'hydrolyse, avec coupure du substrat et fixation des fragments sur les constituants de l'eau, par les hydrolases.
- le mécanisme d'élimination par des lyases avec coupure du substrat et formation d'une double liaison en position 4,5.

- Les préfixes endo- et exo- signifient respectivement rupture au hasard dans la chaîne et rupture à l'extrémité. Les bactéries et champignons produisant des enzymes

pectinolytiques sont nombreux, tant chez les pathogènes que les non pathogènes. Les enzymes dégradant la cellulose sont classées en quatre catégories, dénommées β -glucosidase. La grande chaîne est coupée en plus petites, puis en cellobiose, puis en glucose (**Corbaz, 1990**).

III. Le BAYOUD (trachéomyose)

1. Historique :

Le Bayoud ou la Fusariose vasculaire du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) l'une des maladies des plantes les plus répandues et dont les incidences sur les cultures sont les plus graves (**Nelson et al., 1981**). Elle est causée par un champignon d'origine tellurique nommé *Fusarium oxysporum* f.sp.*albidinis* (FOA) (**Benkhalifa, 2007**). Le bayoud n'est présent qu'en Afrique du Nord, dans toutes les grandes palmeraies du Maroc (sauf Ouarzazate et Marrakech) et dans la majeure partie du centre, de l'ouest et du sud-ouest de l'Algérie (**Fernandez et al., 1995**). Cette maladie a été introduite en Algérie en 1898 par les oasis frontalières de Béni Ounif et Figuig. Béchar et Béni Abbès ont été atteinte par cette maladie en 1908. La progression de Bayoud du sud-ouest au sud a constitué une menace pour les oasis des Zibans (Biskra, Touggourt), Metlili et la frontière tunisienne (**Amir et al., 1996**). Entre 1920 et 1950, Ghardaïa en 1965. Et El-Goléa qui a été éradiquée en 1978. (**Bunrabi, 2019**). La maladie a infecté les palmeraies du sud algérien, puis entre 1960-1978 elle s'est propagée aux palmeraies du centre-sud algérien (**Djerbi, 1994 ; Benlarbi, 2009**). La maladie a été découverte aussi dans les palmeraies mauritaniennes à Adrar et à Tagant, respectivement en 1995 et 2002 (**Sedra, 2003**). Les derniers foyers déclarés au Maroc en 1996 sont situés dans la Vallée de Ait Mansour (région de Tafraoute) (**Sedra, 2004**).

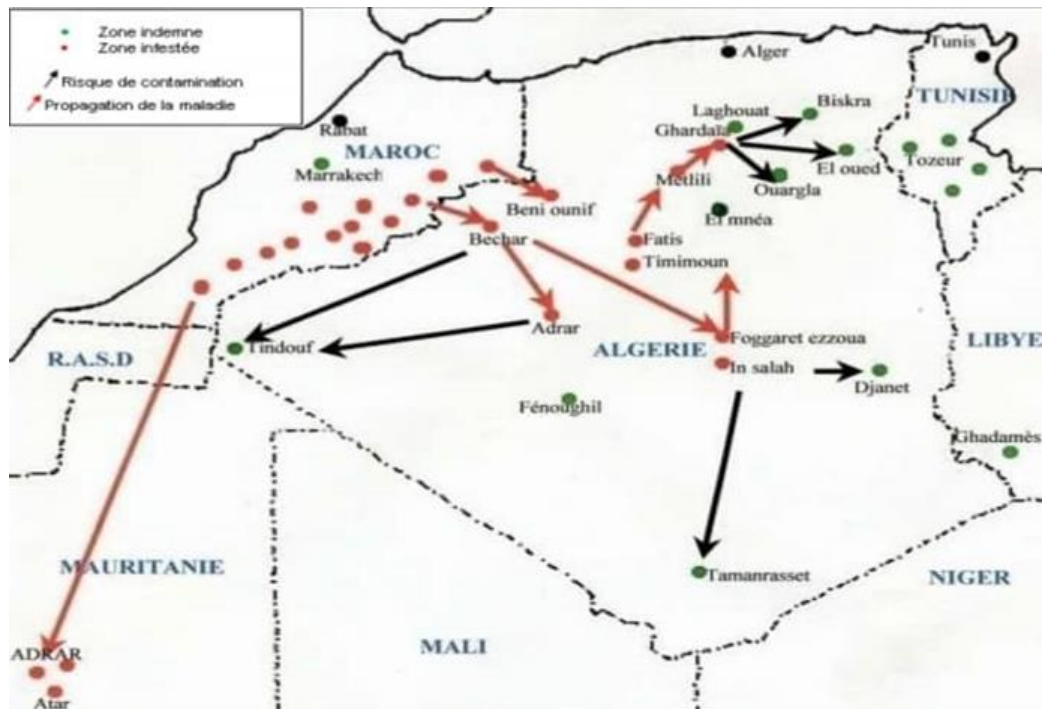


Figure 04 : Répartition du Bayoud en Algérie et en Afrique du Nord (Tirichine, 2006).

2. Symptômes :

a. Externe :

La fusariose provoque la perte d'eau et de métabolites nécessaires à la survie des cellules végétales, détruisant ainsi les composants de base de la cellule (Agris, 2005). Le bayoud affecte à la fois les palmiers jeunes et adultes et leurs rejets basaux. Les premiers symptômes externes de la maladie, visibles par un œil averti, font leur apparition sur une ou plusieurs feuilles de la couronne moyenne. Les feuilles atteintes prennent une teinte plombée (gris cendré) ensuite se flétrissent d'une manière spécifique : La feuille commence à blanchir et la maladie progresse de la base vers l'extrémité. Lorsque tout le côté est atteint, le flétrissement commence de l'autre côté, cette fois dans le sens opposé, de l'extrémité de la feuille vers sa base jusqu'à la feuille meure, au cours du processus de décoloration et de dépérissement du pavillon, une décoloration brune qui apparaît longitudinalement sur la face dorsale du rachis. Elle correspond au passage du mycélium dans le faisceau vasculaire spinal. Les feuilles vont alors se cambrer, comme des feuilles mouillées, et pendre le long du tronc. Ce processus peut durer de quelques jours à quelques semaines. Les mêmes symptômes peuvent alors apparaître sur des feuilles adjacentes ou opposées. (Djerbi, 1983 ; IMI, 1994).



Figure 05 : Les symptômes externes du bayoud

b. internes :

Si un palmier malade est déraciné, on ne verra qu'un petit nombre de racines malades et rougeâtres, disproportionné par rapport aux dégâts observés sur l'arbre. Ces racines malades correspondent à des ensembles de faisceaux vasculaires sur le stipe, qui sont brun rougeâtre, des vaisseaux conducteurs, les taches sont grandes et nombreuses. Au fur et à mesure qu'ils grimpaient sur l'arbre, les faisceaux vasculaires colorés se séparaient et leurs chemins tortueux dans les tissus sains pouvaient être tracés. (OEPP, 1994).

3. Importance des dégâts causés par le Bayoud :

Le Bayoud est la maladie la plus dévastatrice et la plus menaçante du pays maghrébin. En effet, la maladie a détruit plus de 10 millions de palmiers au Maroc et plus de 3 millions en Algérie, dont des variétés particulièrement vigoureuses à haut rendement et des cultivars dont les dattes se sont révélées d'une grande valeur commerciale. En effet, l'impact dévastateur de cette menace au Maroc a provoqué la diminution du nombre de la variété "Mejhoul" de 1/10

et la disparition de deux variétés, Idrar et Bemi, depuis environ 50 ans. De plus, le Bayoud a non seulement provoqué l'érosion génétique de la population locale, mais aussi accéléré le phénomène de désertification et l'exode des cultivateurs de dattiers ruraux vers les grands centres urbains. Face à cette propagation alarmante de la maladie et au niveau de dévastation qu'elle provoque, Bayoud apparaît comme le principal ennemi mondial de la culture du palmier dattier. (**Sedra, 2013**).

4. La dissémination :

La dissémination de la maladie s'effectue par contact entre les racines saines et celles infectées. L'étendue de cette dispersion dépend des pratiques culturales (fertilisation, irrigation, etc.) et des conditions climatiques favorables au développement de la maladie. En général, les conditions favorables à une croissance rapide du palmier dattier favorisent aussi le développement de la maladie. Les semences et les fruits ne semblent pas intervenir dans la dissémination de ce pathogène (Louvet et Toutain , 1973 ; Sedra , 2003).

IV. Moyens de lutte :

Les palmiers dattiers sont exposés au Bayoud ; qui provoque une réduction de leurs productivités des dattes aussi, induit un déséquilibre de l'écosystème des oasis. Il existe plusieurs méthodes pour lutter contre les dégâts de cette maladie, parmi ces méthodes il y a :

- Lutte génétique
- Lutte biologique
- Lutte chimique

La lutte chimique basée sur l'utilisation des pesticides chimiques, plusieurs chercheurs montre des solutions alternatives pour éviter leurs inconvénients, tels que l'utilisation des huiles essentielles extraites à partir des plantes aromatiques et médicinales.

- **La lutte biologique :**

La lutte biologique est définie comme l'utilisation d'un agent ou d'un produit nocif pour les phyto-ravageurs ou les micro-organismes phytophagés. (Souna *et al.*, 2012). Tel que l'utilisation des huiles essentielles extraite à partir des plantes médicinales, ces produits naturels peuvent remplacés les pesticides chimiques.

1. Généralité sur les huiles essentielles :

Les huiles essentiels sont des alternatifs biologique peuvent utiliser conter les maladies phytophagés.

L'huile Essentielle (essence végétale) est un liquide concentré et hydrophobe des composés aromatiques volatiles d'une plante aromatique ou médicinal. Son de composition chimique complexe. (Masson, 1981).

Les HEs sont localisées dans toutes les parties des plantes aromatique (fleur, feuilles, écorce, fruit, graine tige, racine ...). L'extraction des HEs se fait par plusieurs méthodes parmi eux on distingue l'hydro-distillation, c'est la technique la plus utiliser la plus efficace pour extraite les composés aromatique (Kulisic *et al.*, 2004).

Les HEs sont produites par la plante pour leur propre besoin, leur nutrition et joue un rôle de transmission des messagers internes avec un rôle de protection contre les ravageurs naturels

(Harrewijn *et al.*, 2001). Plusieurs chercheurs ont démontrés que les HEs possèdent des propriétés antifongiques et antimicrobiennes (Znini, 2011).

L'effet antifongique des HEs est représenté par l'inhibition de toutes les activités chez les champignons, leur croissance ainsi que leur sporulation.

2. La composition chimique des huiles essentielles :

Les HEs sont des métabolites secondaires produit par les plantes, sont composées généralement de deux groupes de composés volatiles. Le groupe le plus important est celui des terpènes et terpénoïdes, le deuxième groupe est représenté par les composés aromatiques.

1. Terpènes et Terpénoïdes

Les terpènes sont des composés volatiles d'une grande classe des hydrocarbures reconnue par les isopénique (C_5H_8). Ils sont synthétisé dans le cytoplasme des cellules végétales à partir d'acétyl COA, et sont généralement des monoterpènes ($C_{10}H_{16}$), des sesquiterpènes ($C_{15}H_{24}$) ; des diterpènes ($C_{20}H_{32}$), des triterpènes ($C_{30}H_{40}$), etc. Les principaux groupes des terpènes sont les monoterpènes et les sesquiterpènes, les monoterpènes représente 90% de la composition des HEs (Lopez-Reyes *et al.*, 2013 ;Nazzaro *et al.*, 2017). Ils renferment différents groupements fonctionnels organiques, y compris les hydrocarbures tels que le

p - cimène , le myrcène, α -Pinene et β -Pinene , des alcools tels que le linalool, des esters tels que l'acétate de linalyle et le menthyle.

Les terpénoïdes sont des composés liés aux terpènes avec une certaine fonctionnalité d'oxygène donc sont des terpènes oxygénée les terpénoïdes les plus distinguer sont Le thymol, le carvacrol, l'acétate de linalyle, le linalol, la pipéritoine, la citronnelle, le géraniol et le menthol.

2. Composés aromatique :

Les composés aromatiques sont des dérivés du composés phénylpropane (C_6-C_3) et sont beaucoup moins fréquents dans les huiles essentielles que les terpènes et terpénoïdes. Ils peuvent renfermer de l'alcool ; des aldéhydes ; des phénols. Leur présence à un effet plus fréquent dans les HEs d'Apiaceae (persil, anis). Et sont caractéristiques de celles du clou de girofle, la vanille (Scimeca, 2007 ; Bruneton, 2009).

Il est important de souligner que la composition chimique des huiles essentielles est variable. En effet, celle-ci dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- L'âge de la plante
- L'organe du végétal d'où l'on tire l'essence
- Les facteurs écologiques
- Les facteurs climatiques
- Les facteurs pédologiques
- Les effets de stockage (exposition à la lumière, à l'air, à une température élevée)

3. Action antifongique des HEs :

Les huiles essentielles peuvent représenter l'un des produits naturels les plus prometteurs pour l'inhibition fongique (Kalemba, D ; Kunicka, A, 2003). L'activité antifongique des HEs pourrait être causée par les propriétés des terpènes/terpénoïdes, les HEs peuvent inhiber le champignon en perturbant la structure et le fonctionnement des membranes ou des organites des cellules fongiques et/ou en inhibant la synthèse des matières nucléaires ou des protéines (Freisesleben, S.H; Jager, A.K, 2014).

- Certains des mécanismes des huiles essentielles et/ou de leurs composants sont décrits ci-dessous :

- **Dysfonctionnement des mitochondries fongiques :**

Certaines HEs peuvent affecter le fonctionnement des mitochondries par l'inhibition de l'activité des déshydrogénases mitochondriales, impliquées dans la biosynthèse de l'ATP ; comme La malate déshydrogénase, la lactate déshydrogénase et la succinate déshydrogénase (Nazzaro *et al.*, 2017).

- **Perturbation de la membrane cellulaire et l'inhibition de la paroi cellulaire :**

La paroi cellulaire fongique joue un rôle très important dans le développement et le maintien de l'intégrité structural des champignons. Elle est constituée de trois éléments nécessaires ; le glucane, la chitine et le mannane. La chitine est le constituant le plus important. Le dysfonctionnement et l'inhibition de la polymérisation de la chitine affecte la maturité de la

paroi fongique, la formation des septums ; en endommageant la division cellulaire et la croissance cellulaire (**Wu et al., 2008**).

La perturbation des membranes mycéliennes exposées aux huiles essentielles se traduit par une diminution des lipides et des acides gras saturés, une augmentation des acides gras insaturés et perte de Mg^{2+} , Ca^{2+} et K^{+} des cellules et des hyphes (**Sharma et Tripathi, 2006 ; Helal et al., 2006**).

L'ergostérol est un composé similaire au cholestérol, présent dans la membrane de la cellule fongique. Il est essentiel pour le maintien de l'intégrité cellulaire, la viabilité, le fonctionnement et la croissance normale des cellules (**Ghannoum et Rice, 1999**).

4. Méthodes d'extraction :

Selon Bruneton (1999), les huiles essentielles peuvent être extraites par diverses méthodes : l'hydro distillation et l'entraînement à la vapeur, l'expression, l'enfleurage, l'extraction par les solvants volatils, l'extraction par le dioxyde de carbone supercritique l'extraction au four à micro-ondes.

- **L'hydro-distillation :**

L'hydro-distillation est la méthode la plus standardisé pour l'extraction d'une HE. Il s'agit le procédé le plus habituellement employé pour l'extraction des HEs et elle est considérée comme étant la plus simple et la plus anciennement utilisée. Cette technique consiste à mettre directement le matériel végétal à traiter qu'il soit intact ou broyé dans un ballon rempli d'eau, Le tout est ensuite porté à ébullition, à une température inférieure à 100 °C sous pression atmosphérique normale (**Lucchesi, 2005**). La chaleur permet le déclenchement des cellules végétales provoquant la libération des molécules odorantes. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant pour la bonne séparation des HEs.

L'hydrodistillation peut prendre plusieurs heures selon le matériel végétal à traiter .la durée de distillation affecté non seulement sur le rendement mais aussi sur la composition du l'extrait (**BELKHIRI, 2015**), Le montage le plus utiliser dans laboratoire c'est le clevenger (**figure06**).

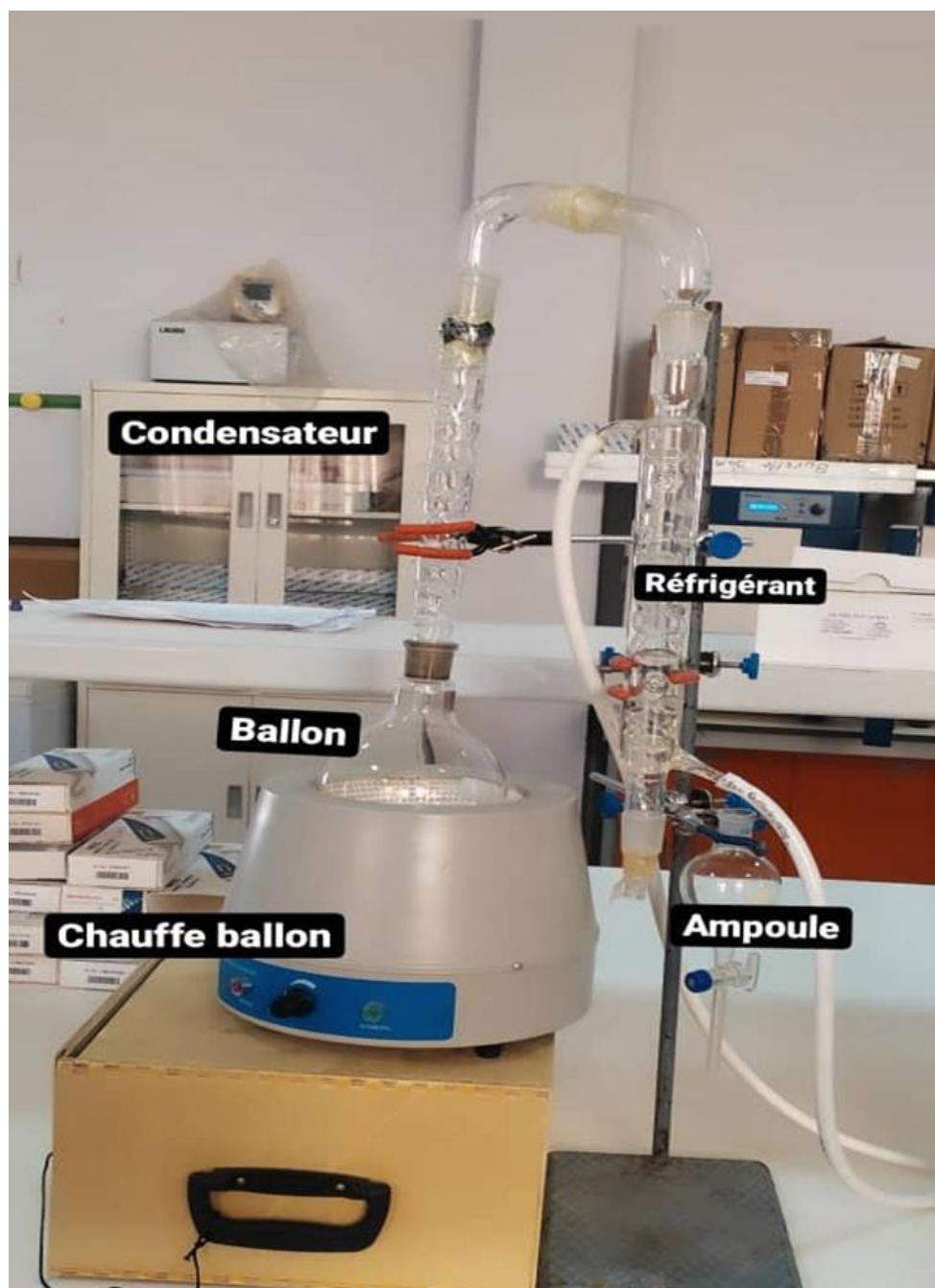


Figure06 :L'hydro-distillateur de type clevenger.

5. Présentation des plantes étudiées :

1. Rosmarinus officinalis :

Le romarin reconnu aussi par son nom scientifique *Rosmarinus officinalis* L. est une plante médicinale originaire du bassin méditerranéen qui pousse à l'état sauvage. Le romarin préfère les terrains calcaires et s'accommode très bien des contrées arides et rocailleuses. On le reconnaît aisément, toute l'année.

1.1 Description botanique :

Les feuilles sont étroitement lancéolées linéaires, faibles et coriaces, les fleurs d'une couleur bleue pâle, maculées intérieurement de violet sont disposées en courtes grappes denses (**Gonzalez-Trujano et al., 2007** et **Atik Bekkara et al., 2007**). Le romarin comme toutes les plantes aromatiques possède des d'excellentes propriétés antimicrobiennes et anti-oxydantes, grâce à sa composition chimique (**Jones, 1998 ; Thoresen, 2003**). Il peut être utilisé soit séché soit à l'état frais.

•Nom scientifique : *Rosmarinus officinalis* L.

•Nom arabe : الكليل الجبل



Figure : 07 : *Rosmarinus officinalis* L.

1.2 Systématique :

Leur systématique selon (**QUEZEL et SANTA, 1963**) :

Règne :	Végétal.
Sous règne :	Cormophytes.
Embranchement :	Spermaphytes.
Sous embranchement :	Angiospermes.
Classe :	Eudicots.
Sous classe :	Gamopétales.
Ordre :	Lamiales.
Famille :	Lamiacée.

Genre :	<i>Rosmarinus</i> .
Espèce :	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.

1.3 Composition chimique d'huile essentielle du romarin :

L'huile essentielle du Romarin contient : de l' α pinène (7 à 80%), de la verbénone (1 à 37%), du camphre (1 à 35%), de l'eucalyptol (1 à 35%), du bornéol (4 à 19%), de l'acétate de bornyle (jusqu'à 10%) et du camphène (**Belakhdar, 1997**).

Tableau 03 : La composition chimique du *Rosmarinus officinalis* L.

Composé	Pourcentage
α pinène	7 à 35 %
Verbénone	1 à 37 %
Camphre	1 à 35%
Eucalyptol (1.8cinéol)	1 à 35%
Bornéol	4 à 19%
acétate de bornyle	jusqu'à 10%

1.4 Propriétés thérapeutiques :

L'huile essentielle du *Rosmarinus officinalis* L. À un large spectre d'utilisation est cultivé à des fins commerciales. Mâcher des feuilles de romarin est recommandé si une personne souffre d'hypotension artérielle, de dépression, de fatigue chronique. Il fonctionne également bien dans les situations de mémoire faible. En règle générale, il doit tout de même être utilisé avec prudence car il peut entraîner une intoxication en cas de surdosage (**Kunkie et Lobmeyer, 2007**).

2. Eucalyptus globulus :

L'Eucalyptus globulus, appelé aussi Gommier bleu de Tasmanie, a été découvert en 1792 par le botaniste français Jacques-Julien. arbre pousse surtout dans les régions chaudes

(Boukhatem M.N., Ferhat ., kameli A. *et al.*,2017). il est cultivé de nos jours dans quelques régions subtropicales d’Afrique et d’Asie (Chine, Inde, Indonésie) (Wichtl M., Anton R, 2003), il est acclimaté également dans le bassin méditerranéen, en France méridionale, en Espagne, au Portugal, en Italie et en Amérique(Leicach SR *et al.*, 2012) (Brooker MIH., Kleinig DA ., 2004).

2.1 Description botanique de la plante :

Eucalyptus globulus pousse principalement dans les régions chaudes. Cependant, il a besoin beaucoup d'eau pour se développer. Les eucalyptus communs ou gommiers bleus sont des arbres à feuilles persistantes qui peuvent atteindre 30 à 55 m de haut. Les feuilles *d'eucalyptus globuleux*, persistantes, ont une particularité complètement différente, selon l'âge des branches qui les portent. Les feuilles des arbres matures sont alternées, étroites, vert foncé brillant. Elles sont riches en HE aux propriétés thérapeutiques. Les feuilles poussent sur des tiges cylindriques de 15 à 35 cm de long. Les bourgeons sont en forme de toupie, côtelée et recouverts d'un capuchon plat avec un bouton central. (Louppe D, 2008) ; (Goetz P, Ghedira K ,2012) ; (Boullard B ,2001) ; (Silvant C ,2015).

- En français : *Eucalyptus officinal* ; gommier bleu ; arbre à la fièvre ; arbre au koala (Ait Youssef, 2006).
- En Arabe : الكاليتوس



Figure 08 : Aspect morphologique de l'*Eucalyptus globulus*.

2.2 Systématique :

La classification botanique de l'espèce *Eucalyptus globulus* est comme suit (Goetz P, Ghedira K, 2012) :

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Sous-règne : Tracheobionta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Myrtales

Famille : Myrtaceae

Genre : *Eucalyptus*

Espèce : *Eucalyptus globulus* (Labill.)

2. 2.3 Composition chimique des huiles essentielles d'Eucalyptus :

Eucalyptus globulus est une espèce connue de la famille *myrtaceae*, l'analyse chimique d'*Eucalyptus globulus* révèle que cet espèce renferme environ 30 composés majoritairement son : 1-8 cineol (48.6%), alpha pinène (9.7%), globule (10.9%),trans-pinocarveol (10,7%) et α -terpineol (6,6%) (Ould si said, 2014).Grâce leur composition chimique, l'huile essentielle d'Eucalyptus peut se classer comme un agent qui contient à la fois des propriétés antibactériennes, antifongique et antivirales (Ghenaiet et Aouidet, 2016).

Tableau04 : La composition chimique du d'*Eucalyptus globulus* L.

Composé	pourcentage
1-8 cineol	48.6%
alpha pinène	9.7%
Globule	10.9%
trans-pinocarveol	10.7%
α -terpineol	6.6%

2.4 Propriétés thérapeutiques :

L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* L. Confère la propriété de décongestionner le nez en cas de rhume. Aussi joue un rôle d'un désinfectant des voies respiratoires, expectorant, analgésique (Kehrl *et al.*, 2004). L'*Eucalyptus* avait un usage interne et externe hypoglycémiant, une action détoxifiante des toxines diphtérique et tétanique, antimicrobien sur les bactéries Gram+, antifongique, anti-inflammatoire.

Chapitre II :

Matériels Et méthodes

Notre travail porte sur l'étude de la maladie de fusariose des palmiers dattiers et la mise en évidence des essais de lutte biologiques par l'étude de l'effet antifongique des huiles essentielles extraites à partir de deux plantes médicinales et aromatiques (*Rosmarinus officinalis* et *Eucalyptus globulus*). Pour cela il a été nécessaire d'identifier les espèces de *fusarium*, isolées à partir des palmiers atteintes de la fusariose, par caractérisation morphologiques pour faciliter leur classification.

I. L'agent pathogène :

1-Échantillonnage :

La collection du *fusarium* est réalisée à partir des palmes et rachis du palmier dattier infectés par le bayoud et de la rhizosphère proche de la plante. Les échantillons ont été collectés durant le mois de février 2022 à partir de différentes régions de la willaya de Béchar (oued –Béchar ; kenadsa).

Les prélèvements effectués au niveau des parties végétales (palmes, rachis) des palmiers dattiers sont réalisés à partir d'une faucille, on les met dans des sacs en papier stériles et étiquetés, D'autre part la recherche des champignons de sols a été réalisée au niveau des horizons de 30 à 40 cm d'épaisseur, les prélèvements ont été réalisés par une spatule stérile ; chaque échantillon est mis dans un sac en papier avec étiquetage qui porte les renseignements. (Davet et Rouxel, 1997).

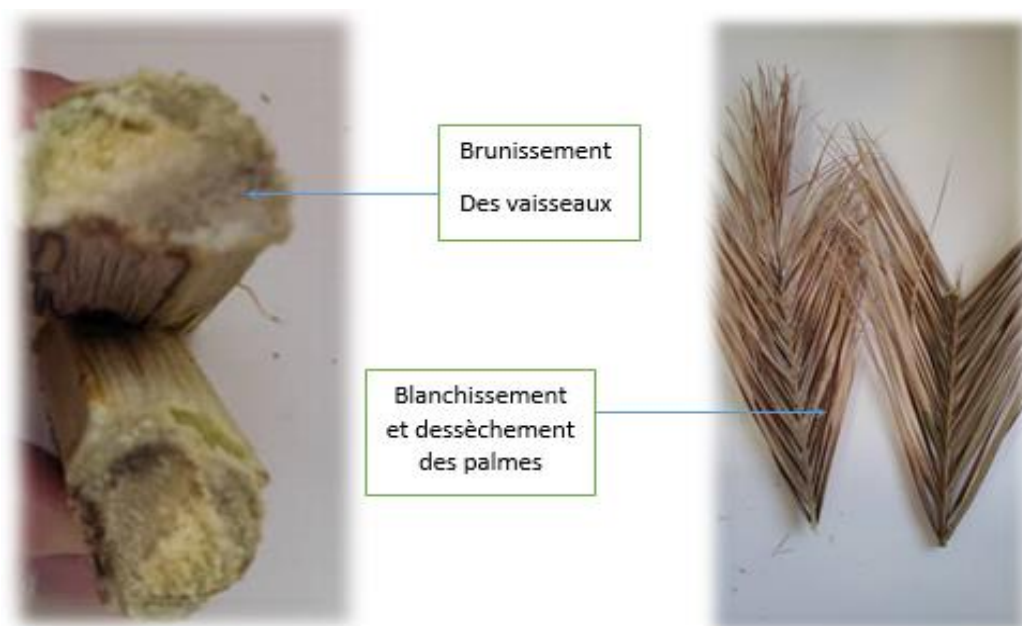


Figure 09 : Symptômes de la fusariose présentés sur les palmiers dattiers.

2. Isolement à partir des plantes :

La technique consiste à découper les rachis en petits fragments de 2 cm longitudinalement, puis ils sont désinfecter avec l'eau de javel 2% durant 3min pour une désinfection superficielle et éliminer les saprophytes, en suit les rincer d'une manière successive avec l'eau distillée stérile pour éliminer les traces d'eau de javel. . On déposer 3 fragments dans des boites pétrie contenant le milieu PDA + ATB (chloramphénicol 20 mg dans 100mL) ; enfin on les incubent à 28 C° pendant 7jours.



Figure 10 : Isolement à partir des parties de palmier dattier infecté.

3. Isolement de la flore fongique à partir de la rhizosphère proche de la plante :

Il existe deux méthodes permettant de détecter les champignons présents dans le sol et les isoler.

a. Méthode directe :

Le principe de cette technique consiste à intégrer le sol, qui a été déjà séché et homogénéisé, directement dans un milieu de culture pour l'isolement. Le milieu PDA en surfusion 45 C°, coulé sur les boites pétries ; une quantité de 5 à 15 mg de sol saupoudré et dispersée dans le milieu, en agitant délicatement jusqu'à leur solidification. Les boites sont incubées en 25 C° pendant 7 jours (Davet et Rouxel, 1997).

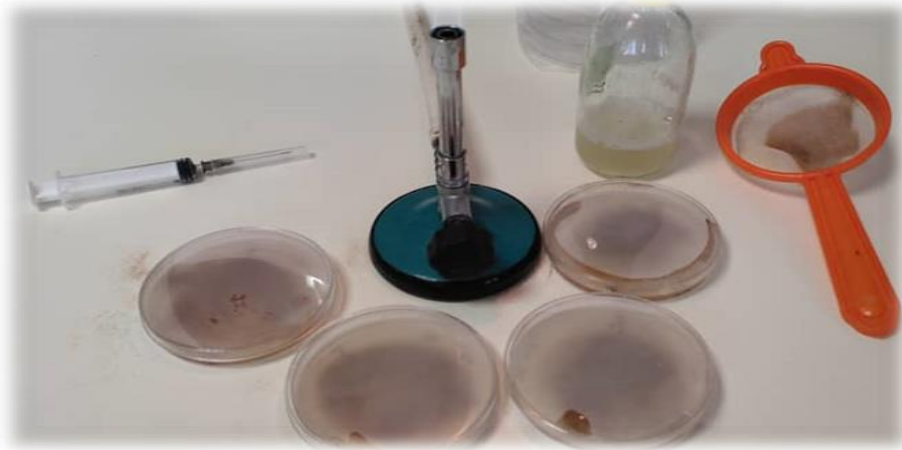


Figure 11 : La méthode directe de l'isolement à partir de la rhizosphère proche de la plante.

b. méthode indirecte :

Le principe consiste à mettre une quantité de sol en suspension dans de l'eau distillé stérile, puis à incorporer les différentes dilutions de cette suspension dans le milieu d'isolement.

La préparation des dilutions consiste premièrement à ajouter une quantité de 10 g du sol dans un erlenmeyer à essai contenant 90 mL d'eau distillé stérile, puis agiter pendant un temps donné (5 min) à l'aide d'un vortex, ce qui constitue la dilution 10^{-1} . Des prélèvements successifs de 10 mL dans cette suspension, puis dans les suivantes, ajoutés chaque fois à 90 mL d'eau distillé stérile ce qui constituer les dilutions 10^{-2} , 10^{-3} , ...Jusqu'à 10^{-6} . En rappelant que pour la réalisation de ces différents prélèvements, il est obligatoire d'utiliser des pipettes stériles qui sont changées à chaque dilution.

Au cour de l'expérience 10 mL de chaque dilution sont versés dans une fiole d'erlenmeyer contenant 90 ml de PDA en surfusion (45°C) additionné par un ATB (chloramphénicol). Il est important de grader à ce que la température ne soit pas trop élevée, ce qui aurait pour éliminer les champignons les plus thermosensibles. Le mélange de 100 mL sont disperser en 5 boites de pétries les boites sont incubé en 25°C pendant 7 jours. Après l'incubation les boites observer présentant un nombre de colonie suffisant. (Davet et Rouxel, 1997).

4. Purification :

Culture monospore :

La technique de la culture monospore permet d'obtenir un matériel fongique génétiquement homogène ; des cultures fongique sont alors purifiées par un repiquage successif. Dans un tube à 9mL d'EDS on ajoute des fragments qui sont prélevés à partir de la périphérie de la boîte, après agitation avec le vortex la suspension sporale est diluée jusqu'à 10^{-4} (10^{-1} - 10^{-2} - 10^{-3} - 10^{-4}). Les dilutions sont réalisées comme suite :

1mL de la suspension sporale est prélevée puis inclus dans un tube à essai de 9mL d'EDS, cette opération est répétée autant jusqu'à la dilution voulue. A partir des dilutions, on prélève 1mL par micropipette puis on étale sur un milieu Agar 2% à l'aide des pipettes pasteur. Les boîtes sont incubées pendant 48h à 25°C. Elles sont ensuite examinée sous microscope (x10) ; les cultures issus d'une seule spore sont transférées individuellement sur PDA + ATB puis incubées pendant 7 jours (**Rappily, 1968**).

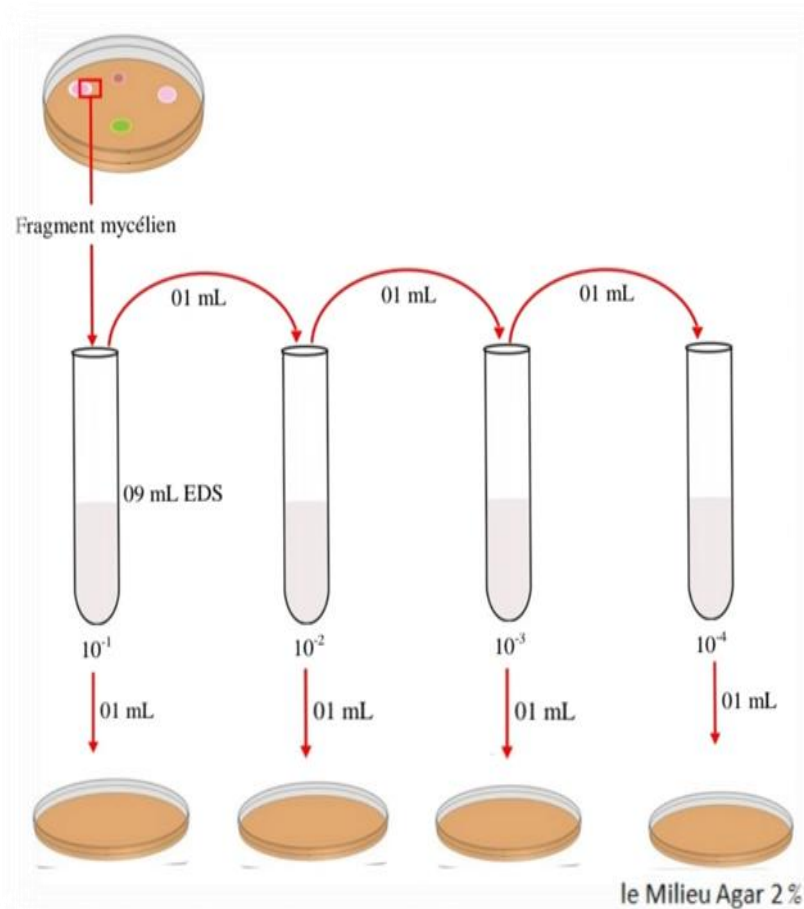


Figure12 : Le principe de la culture monospores.

5. Identification morphologique :

• Etude macroscopique :

L'étude macroscopique des isolats se fait à l'œil nu, elle est basé sur la description morphologique des colonies incubées pendant 7 jours sur milieu PDA à 25°C. Les caractères retenus pour la description des colonies sont : la couleur , la texture du thalle, le diamètre de la colonie, le contour et la couleur de l'envers de la colonie, pigment diffusible dans le milieu de culture.

• Etude microscopique :

Pour la caractérisation microscopique des espèces de *fusarium* ; les isolats ont été cultivés sur un milieu PDA et sont incubées en 25C° pendant 7 jours. L'observation microscopique est basée sur 2 méthodes.

- La préparation microscopique se fait à l'état frais entre lame et lamelle , la manipulation consiste à mettre sur une lame stérile des fragments mycéliennes avec des gouttes de bleu de méthylène, ensuite la recouvrir avec une lamelle pour réaliser l'observation des chlamydospores des microconidies et des macroconidies a été effectuer.
- Pour faciliter de voire la structure complète du champignon on passe par la culture sur un milieu CLA (Carnation Leaf-piece Agar) qui est un milieu à agar 2% contenant un morceau de la feuille d'œillet qui favorise la sporulation.

Les petits morceaux de feuilles d'œillets sont découpées en petits morceaux de 7mm² séchés à 70°C pendant 4 heures, puis stérilisés dans l'autoclave pendant 30min.Des fragments mycéliennes sont placées à côté de cette feuille d'œillet stérile, le tout dans une boîte de Pétri contenant le milieu agar 2% (Ce milieu est pauvre en sucre et favorable au développement des organes fructifier). Les boites sont incubées en 25C° pendant 10 jours. Après l'incubation on peut observer clairement, sous un microscope optique, les différentes structures fogiques (mycéliums septé, les microconidies et les macroconidies).

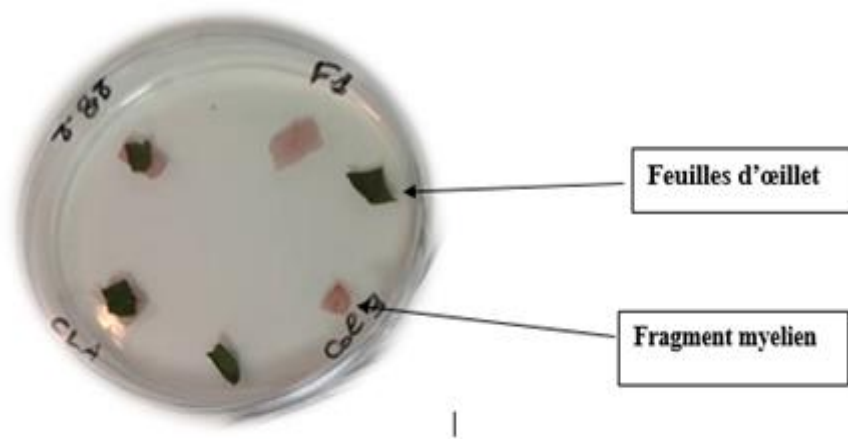


Figure 13 : Technique CLA

Les caractères morphologiques des isolats et les caractéristiques des conidies ont été examiné (Messaoudi *et al.*, 1989 ;Henni *et al.*, 1994).

- ✓ **Les microconidies** sont sphériques ou allongées, légèrement courbées, unicellulaires généralement, elles sont produites par des microphialides, enflées à la base et pointues à l'extrémité (Djerbi, 1983 ; IMI, 1994).
- ✓ **Les macroconidies** : sont peu nombreuses, à base pédiforme, et une extrémité pointue et courte. Elles possèdent trois cloisons, rarement 4 ou 5.
- ✓ **Les chlamydospores** : le *Fusarium oxysporum*. forme des chlamydospores, régulières, soit globuleuses de taille varie de 6 à 20 μm . Elles sont intercalaires ou terminales et sont isolées ou groupées. Elles se forment soit sur le mycélium, soit à partir des macroconidies (Bulletin OEPP/ EPPO, (2003)).

La caractéristiques macroscopique et microscopique des isolats sont comparées aux clés d'identification de Djerbi *et al.*, (1984) ., Sedra et Djerbi,(1984) ., Bulletin OEPP/ EPPO, (2003) ., Assigbetse, (1993).

II. L'essai *in vitro* de la lutte biologique par les huiles essentielles :

1. Matériel végétal :

Les plantes *Rosmarinus officinalis* et *Eucalyptus globulus* ont été collecté au niveau de la wilaya de Naâma (Mecheria Djebel Antar) En Mars 2022. Le matériel végétal a été identifié par le professeur Ghrib.M.

• Extraction des huiles essentielles :

Les huiles essentielles sont extraites à partir des parties aériennes séchées à l'air ambiant pendant 10 jours par hydro-distillation (distillation de l'eau) dans un montage de type Clevenger. Le principe de cette méthode est d'exploiter la volatilité des composants des huiles essentielles. Pour cela, 100g de matériel végétal est mise dans un ballon de 1 L avec suffisamment d'eau distillée. L'ensemble est porté à ébullition pendant 2 à 3 heures, et les composés volatils entraînés par la vapeur d'eau dégagée sont condensés dans le refroidisseur et recueillis dans l'erenmeyer (**Bettaieb et al., 2017**). Après décantation, les huiles essentielles ont été collectées et stockées dans des tubes à l'abri de la lumière et bien scellés à 4 ° C (**Msaada et al., 2012**).

• Calcul du rendement des huiles essentielles :

Le rendement est défini comme le rapport de la masse d'huile essentielle obtenue à la masse de matière végétale utilisée. Il est exprimé en pourcentage (%) et calculé selon la formule suivante (**Selvakumar et al., 2012**) :

$$\text{RHE (\%)} = (\text{Mh} / \text{Mv}) \times 100$$

RHE = Pourcentage (%) de production d'huiles essentielles.

Mh = masse d'huile essentielle récupérée en grammes (g).

Mv=masse d'essai de matériel végétal en grammes (g).

2. L'effet des huiles essentielles sur la croissance mycélienne :

L'activité antifongique des huiles essentielles a été analysée sur la croissance mycélienne des isolats, selon la méthode de contact directe sur gélose décrite par Fandoham (2004) ; différentes concentrations (14 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 17.5 $\mu\text{L}/\text{mL}$ et 19 $\mu\text{L}/\text{mL}$) en HE du *Eucalyptus* et (20 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 25 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 26.5 $\mu\text{L}/\text{mL}$) en HE du *Rosmarinus* sont obtenues par addition d'huile essentielle à 15 mL du milieu PDA en surfusion (45 ° C) contenant Tween 20 (Sigma 0,5 %, v / v). Le mélange (huile essentielle + PDA + Tween 20) est ensuite homogénéisé au vortex puis coulé dans des boîtes de pétries de 90 mm de diamètre.

Des disques mycéliennes de 6 mm de diamètre sont prélevés à partir de la périphérie des colonies fongiques âgées de 10 jours, sont déposés stérilement au centre des boîtes de pétries contenant le milieu PDA additionné à différentes concentrations d'huile essentielle avec trois répétitions pour chaque isolat et chaque concentration. Les boîtes de pétries témoins contiennent 15 mL de milieu PDA additionné au Tween 20 (sans huile essentielle). Les isolats testés sont ensuite incubés à 25 ± 2 ° C à l'obscurité pendant 10 jours. La lecture de la croissance mycélienne est effectuée chaque jour, à partir du 3ème jour jusqu'aux 10 ème jours d'incubation par mesure des deux diamètres perpendiculaires des colonies.

$$\text{Taux d'inhibition (\%)} = \frac{Dt - DO}{Dt} \times 100$$

Dt : diamètre de la colonie mycélienne du témoin (en cm).

DO : diamètre de la colonie mycélienne dans l'expérience (en cm).

T : taux d'inhibition de la croissance du mycélium en pourcentage.

3. L'effet des huiles essentielles sur la germination des spores :

Les suspensions sporales ont été préparées à partir de cultures âgées 10 jours cultivées sur le milieu PDA. Les colonies ont été recouvertes de 5 ml d'eau stérile distillée+ Tween 80 (0.1%). Les suspensions ont été obtenues par grattage de la surface avec une pipette pasteur, puis ont été filtrée et recueillie dans un tube stérile, ensuite mélanger par vortex pendant 1 min. Les suspensions sporales ont été ajuster à 10^6 spore /mL , à l'aide d'un spectrophotomètre. L'absorbance été déterminer par une densité optique de 530 nm (0.09-0.57) et transférés dans des boites pétris contenant un milieu PDA+ tween 20 additionné des différentes concentrations des HEs utilisées précédemment avec 2 répétitions. L'incubation a été faite à $25 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 24 heures à l'obscurité. Le comptage des spores, germées ou non a été déterminé sous microscope sur un total de 100 spores. Une spore germé ; si la longueur de tube germinatif est supérieur ou égal à son diamètre le plus petit (**Maouni et al. 2001**). Le pourcentage d'inhibition de la germination (Ig %) est déterminé par la formule suivante :

$$(\text{Ig \%}) = (\text{No} - \text{Nc}) / \text{No} \times 100$$

No : le nombre moyen de spores germées dans Témoin.

Nc : le nombre moyen de spores germées en présence d'HE.

Chapitre III :

Résultats et discussions

I. Isolement de champignons :

1. Echantillonnage :

L'échantillonnage réalisé à partir du sol et des palmiers dattier présentant les symptômes de fusariose, a permis l'isolement de 7 isolats de *Fusarium oxysporum* (tableau 05).

Tableau 05 : Origine et dates de prélèvements des échantillons

Code d'Isolats	date de prélèvement	Lieu de prélèvement	Parties d'isolement
F1(2)	11-02-2022	Béchar	Sol
F1(3)	11-02-2022	Béchar	Palme
F1(4)	11-02-2022	Béchar	Rachis
F1(5)	11-02-2022	Béchar	Rachis
F2(1)	11-02-2022	Kenadsa	Sol
F2(2)	11-02-2022	Kenadsa	Rachis
B2	11-02-2022	Kenadsa	Rachis

•Après 7jours d'incubation on a remarqué l'apparition des secteurs mycéliens aux extrémités des fragments isolés à partir des rachis et des rhizosphères comme il est indiqué sur les figures :



Figure 14: Isolement de champignons à partir des rachis infecter.



Figure 15 : Isolement des champignons à partir de la rhizosphère (méthode direct).

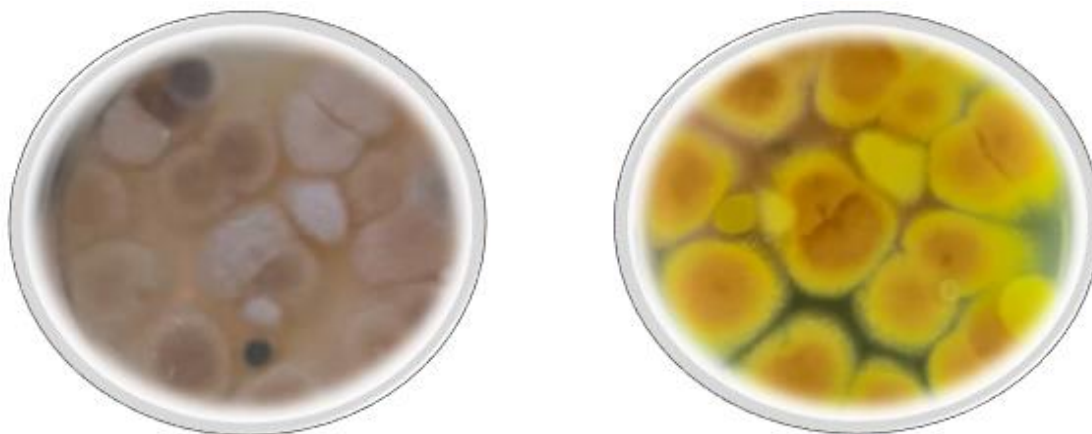


Figure 16 : Isolement des champignons à partir de la rhizosphère (méthode indirect).

2. Culture monospores :

Après 24h d'incubation à 25°C , à l'aide d'un microscope optique, nous avons détecté les spores germées. Trois conidies ont été prélevées et déposées dans une boîte de pétri contenant le milieu de PDA. Après incubation, des cultures pures sont obtenues .

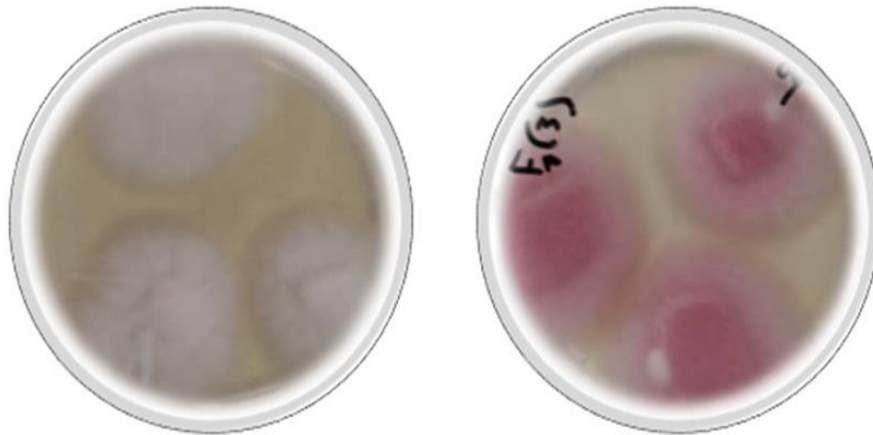


Figure17 : La culture pure après incubation de 7jours.

3. Caractéristique macroscopiques :

L'étude macroscopique des isolats purifiés a permis de distinguer deux morphotypes différents d'aspect cotonneux et duveteux avec une couleur de colonie qui varie entre le rose et le blanc (**tableau06, Figure18**).

- Les échantillons présents ont des symptômes macroscopiques caractéristiques de la maladie fusariose de plante palmier dattier. Ils ont été isolé de deux zones géographique de wilaya de Béchar (oued Béchar ; Kenadsa).

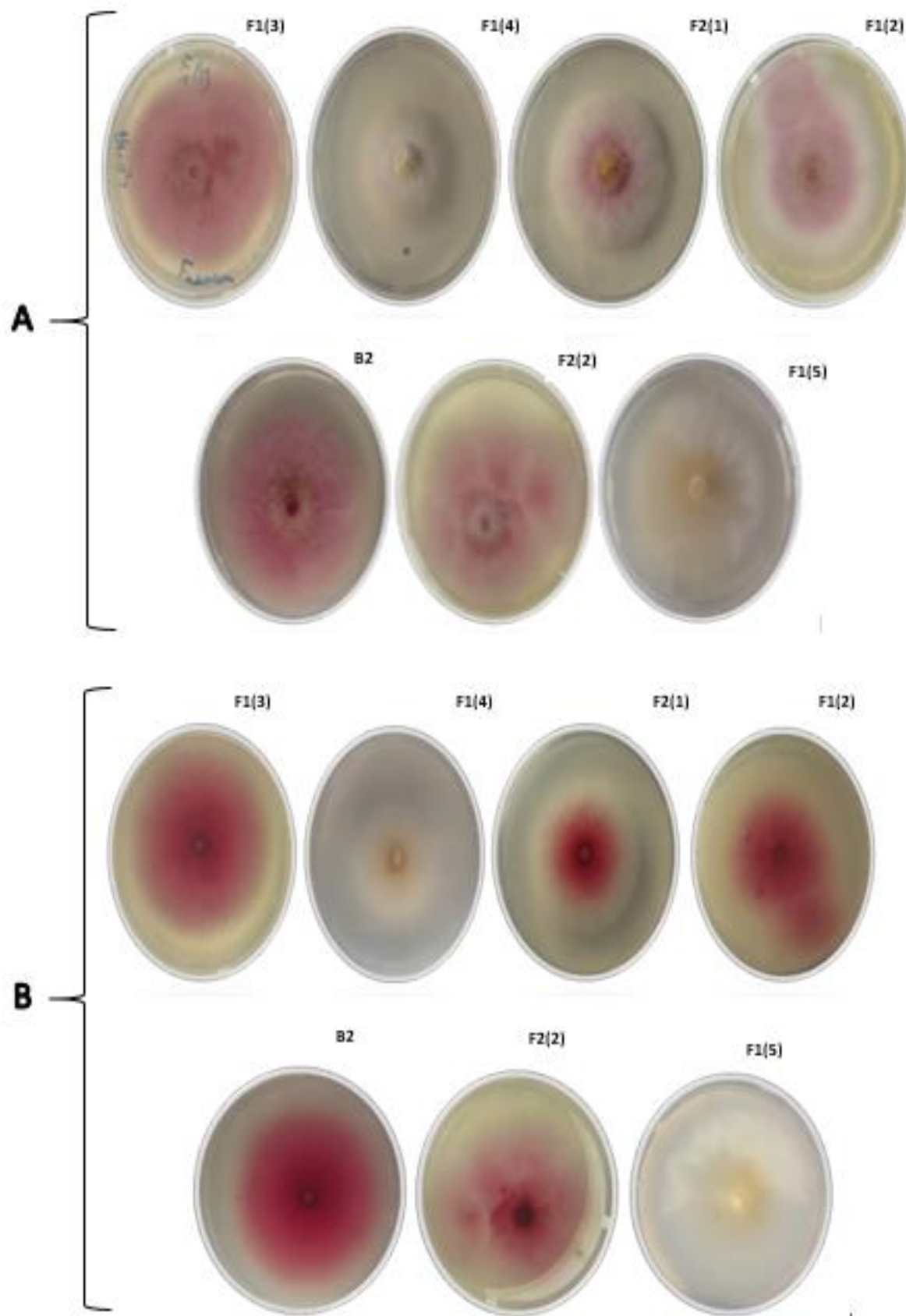


Figure18 : Les variabilités des isolats du *fusarium*. A : face supérieure, B : face inférieure
 •Echantillonnage de 7 isolats de *fusarium oxysporum* sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau 06 : Caractérisation macroscopiques des isolats du *fusarium oxysporum*

Isolats	Diamètre de la colonie	Caractérisation de la colonie		
		Couleur		Morphotype
		Au recto	Au verso	
F1(2)	7.9CM	Blanchâtre rose	Blanchâtre rose	Cotonneux
F1(3)	8cm	Rose	Rose	Cotonneux
F1(4)	6.2cm	Blanchâtre	Blanchâtre	Cotonneux
F1(5)	7.8cm	Blanchâtre	Blanchâtre	Duveteux
F2(1)	7.4cm	Blanchâtre Rose	Blanchâtre Rose	Cotonneux
F2(2)	8m	Rose	Rose	Cotonneux
B2	8.4cm	Rose	Rose	Cotonneux

•En se basant sur les caractéristiques macroscopiques, les 07isolats de FAO ont été regroupés en deux groupes :

Groupe 01 : Ce groupe est représenté par six isolats ayant des colonies d'aspect cotonneux, de couleur rose et blanchâtre. ({F1(3) ;F1(4) ;F2(2) ;F1(2) ;B2 ;F2(2)})

Groupe 02 : Ce groupe comprend un seul isolat qui a produit des colonies de texture duveteuse et de couleur blanche. F1(5)

Les caractéristiques macroscopiques obtenues pour les deux groupes de *Fusarium oxysporum* sont similaires à ceux obtenues dans les observations réalisées par Karkachi (2013) qui a rapporté que les isolats de FOA avaient différents morphotypes : cotonneux, duveteux et ras muqueux, et celles des résultats obtenus par Benzohra *et al.*, (2015) qui montre que les colonies de FOA forment un mycélium aérien blanc ,hyalin et cloisonné, qui devient plus tard rose ou violet qui ont aussi observé cette diversité morphologique chez *fusarium oxysporum* .

4. Caractéristiques microscopiques :

L'observation microscopique à l'état frais et CLA a révélé la présence d'un mycélium cloisonné et de trois types de spores ; des macroconidies, des microconidies et des chlamydo-spores

- Les microconidies : sont généralement unicellulaires, de forme ovoïde droite ou incurvé ; elles peuvent être isolées ou regroupées en fausse tête (**figure19**).
- Les macroconidies : Leurs production est très faible par rapport aux microconidies ; elles sont formé de 3 à 5 cloisons (**figure19**).
- Chlamydo-spores : sont présentent sur le mycélium. Elles sont intercalaires ou terminales arrondies avec une double paroi ; sont des forme de résistance (**figure19**).

Sur la base des caractéristiques microscopiques obtenues, on peut reporter que nos isolats appartiennent à l'espèce *Fusarium oxysporum*. Des résultats similaires ont été rapportés par (**Abdullah et al., 2010**) montre que Les macroconidies sont des fusoides à falciformes, pointues aux deux extrémités, généralement ayant de 3 à 5 cloisons, mesurent 20 à 35 x 3 à 5 µm avec des microconidies qui sont sphériques ou allongées, légèrement courbées, généralement unicellulaires, hyalines, de dimensions variables dans une même culture (3-15 x 3-5 µm).

Selon (**Djerbi, 1988; Freeman et Maymon, 2000**) les chlamydo-spores sont intercalaires ou terminales, sphériques, isolées ou en chaînes courtes regroupant 2 à 4 chlamydo-spores qui se forment soit sur le mycélium soit à partir des macroconidies dans les cultures âgées.

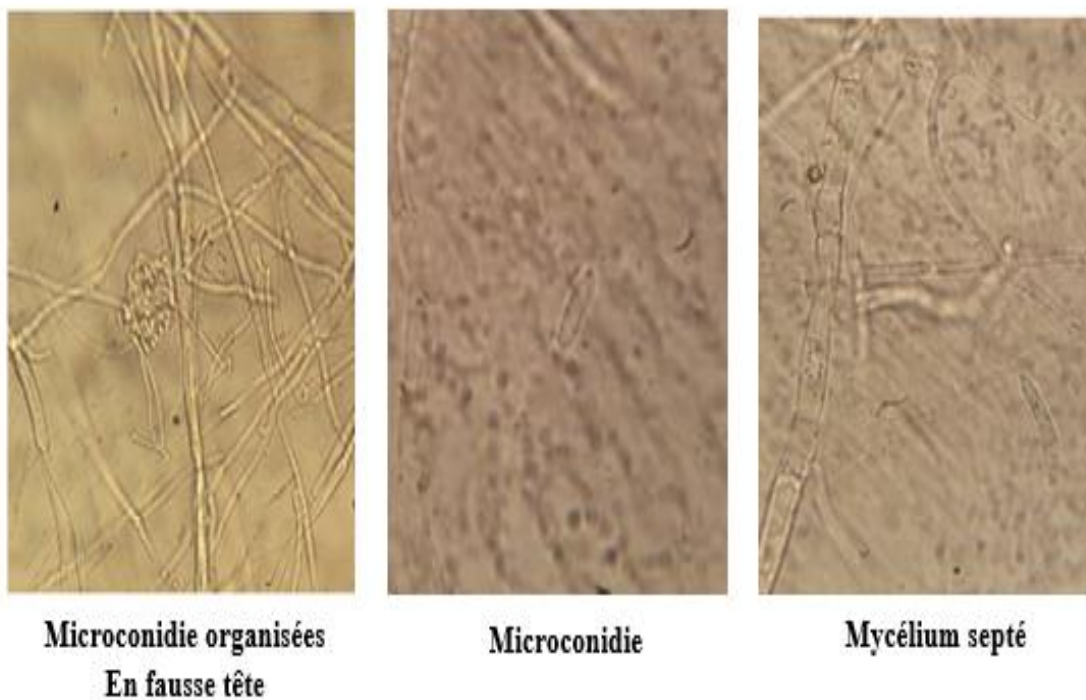


Figure 19 : L'observation microscopique de *Fusarium oxysporum* (x100).

II. L'essai *n vitro* de la lutte biologique par les huiles essentielles :

1. Rendement et caractérisation des deux huiles essentielles :

Les huiles essentielles extraites par hydro-distillation à partir de la partie aérienne séchée d'*Eucalyptus Globulus* et *Rosmarinus Officinalis* ; sont caractérisés par un aspect liquide ; une forte odeur et une couleur jaune ambrée pour HE de *eucalyptus* et jaune claire pour HE *Rosemarinus*.



Figure20 : HE d'*Eucalyptus Globulus*.



Figure 21 : HE de *Rosmarinus Officinalis*.

- L'espèce *Rosmarinus* est plus riche en HE en le comparant avec *Eucalyptus*, dont le rendement est de l'ordre de 0,91 %. cette valeur est proche à celle obtenue par **Djebbari 2021** au niveau des montagnes de la commune Bekkaria wilaya de Tébessa, qui avait rapporté que le rendement en HE de cette plante est de l'ordre de 1,11%, Alors que l'espèce *Eucalyptus* s'est montré plus faible en HE par rapport à *Rosemarinus* avec un rendement de 0,30%. Ce rendement est plus faible à celui obtenu par **Ksouri (2019)** au niveau de la Forêt de Ben Salah Guelma qui avait noté que la valeur de rendement en HE est de 0.64%. Le rendement en huile essentielle varie d'un échantillon à un autre ; selon la période et le lieu de récolte, la partie de la plante destiné à l'extraction (fleur, tige ou racines), le degré de séchage.

2. Evaluation *in vitro* de l'activité antifongique des huiles essentielles :

a. Sur la croissance mycélienne :

Les résultats de l'activité antifongique des huiles essentielles avec des concentrations différentes de *Rosmarinus* et *Eucalyptus* sur la croissance mycélienne des espèces FOA après 10 jours d'incubation à 25°C, montrent que les deux HEs ont un effet inhibiteur sur toutes les souches mais qui varie d'un isolat à un autre.

L'HE d'*Eucalyptus* a montré une activité antifongique plus importante par rapport à celles de *Rosemarinus*. En effet l'HE *Eucalyptus* a donné une inhibition totale (100%) de la croissance mycélienne à la concentration de 19µL/mL chez tous les isolats. ces résultats montre que cet huile a un effet inhibiteur sur la croissance mycélienne pour toute les isolats qui varie d'une souche a une autre.

Des concentrations en HE d'*Eucalyptus* testées sur les isolats du *Fusarium Oxysporum* f.sp *albedinis* variant entre (14µL/mL-19µL/mL) , ont permis de réduire la croissance mycélienne et n'ont pas donné une inhibition totale. Donc la concentration minimale inhibitrice(CMI) de cette huile est de 19 µL/mL. Nos résultats sont très proche à celles obtenu par **Boucha (2017)**. Cet auteur a testé l'activité antifongique d'*Eucalyptus globulus* contre *candida albicans* et Il rapporté que l'huile *eucalyptus* à un effet inhibiteur sur la croissance mycélienne avec une CMI de 18.39µL/mL. Cependant les résultats des travaux réalisés par **khenfer et Boussek (2015)** ont montré une CMI très faible de l'ordre de 0.75µL/mL.

Le test antifongique réalisé sur tous les isolats a permis d'enregistrer différents pourcentage de taux d'inhibition. La concentration de 17.5µL/mL en HE *Eucalyptus* a donné un taux d'inhibition de : 96.10% pour la souche F1(4), 90.9% pour la souche F1(3), 91% pour la souche F2(2), et 92.5% pour la souche B2. Alors que, la concentration en l'HE de 14µL/mL a donné des taux d'inhibition plus faible pour l'ensemble des souches. Les résultats sont illustrés dans la figure22. 23.

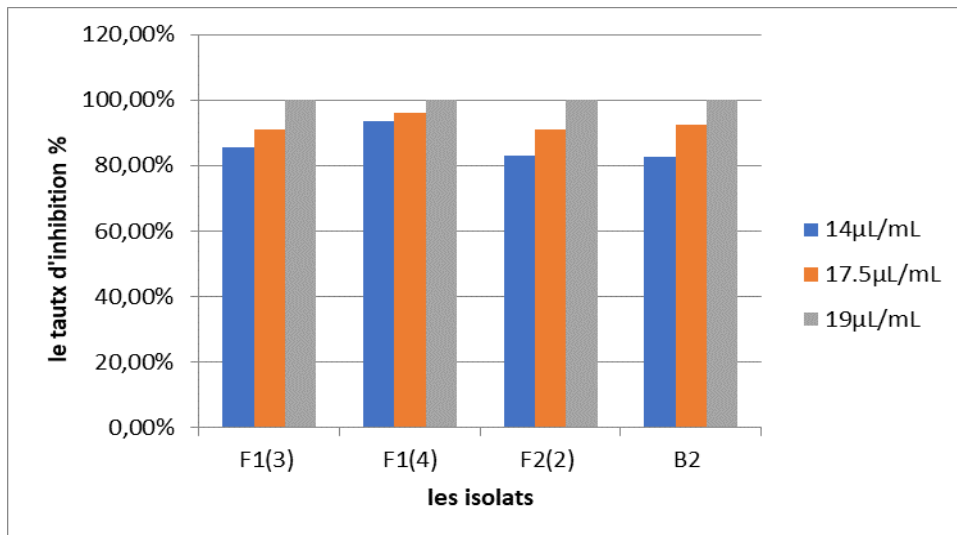


Figure 22 : Représentation graphique d'effet d'HE *E. globulus* sur la croissance mycélienne

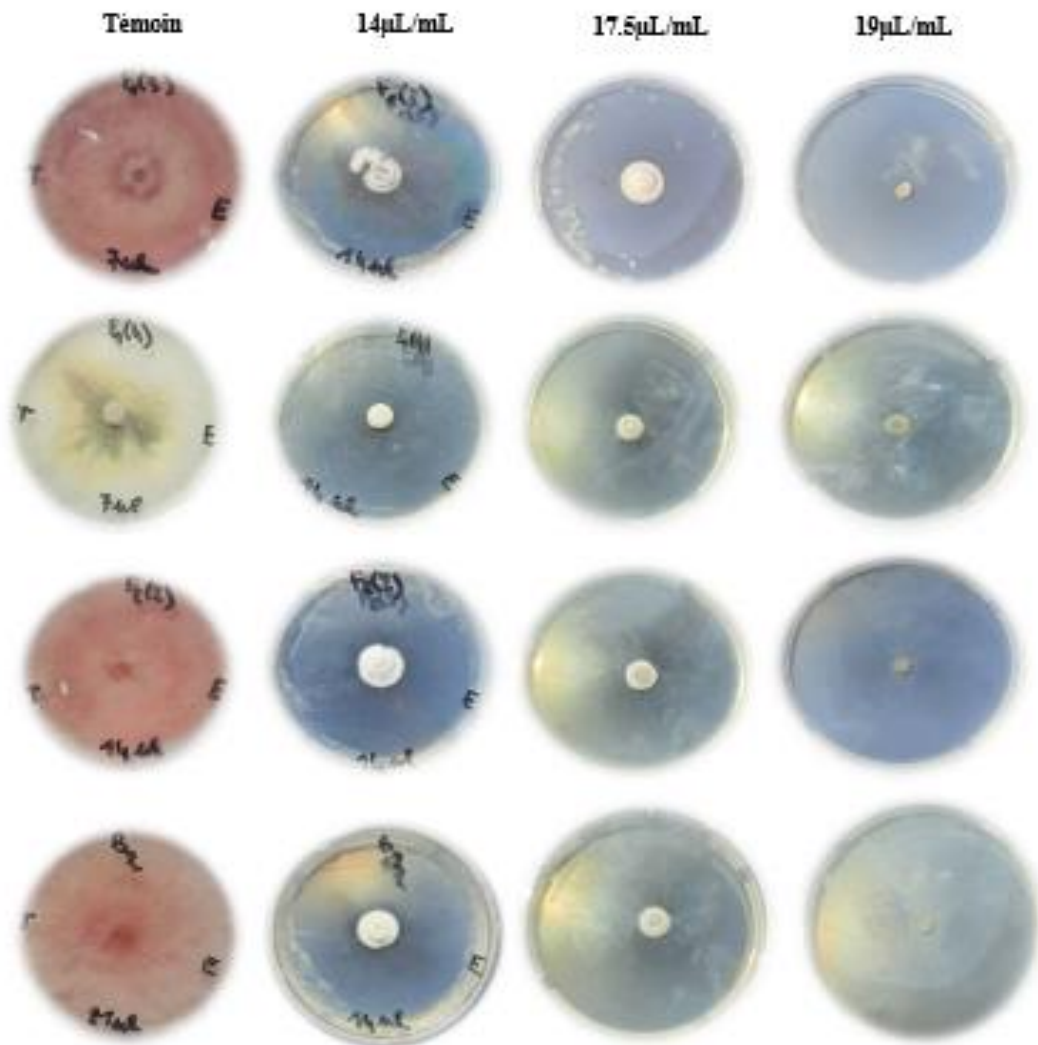


Figure 23 : Effet de l'HE d'*E. globulus* sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albidinis* après 10 jours d'incubation.

Les isolats de FOA ont aussi présenté une sensibilité vis-à-vis l'HE de *Rosemarinus*. Cette dernière a donné une inhibition totale (100%) de la croissance mycélienne à la de 26.5µL /mL.

Des concentrations en HE de *Rosemarinus* (20µL/mL : 25µL/mL : 26.5µL/mL) testées sur les isolats du FOA, montre que cet huile a un effet inhibiteur sur la croissance mycélienne qui varie d'une souche a une autre. Les taux d'inhibition enregistré à la concentration de 25µL/mL sont de ; 82.27% pour la souche F1(3), 71.25% pour F1(4), 52.50% pour F2(2) et 69.62% pour. (B2), la concentration 20µL/mL a donné des taux d'inhibitions plus faible chez toutes les souches (figure 27, 28).

La concentration minimale inhibitrice (CMI) enregistré pour cette huile est de 26.5µL/mL. Les résultats obtenus par **Boucha (2017)** dans une étude de l'activité antifongique du *Rosemarinus* contre *candida albicans*, montrent une valeur de CMI (17.5µL/mL) inférieure à celle que nous avons obtenu. Alors que, ksouri (2017) a trouvé une CMI (23.99µL/mL), presque similaire à la nôtre.

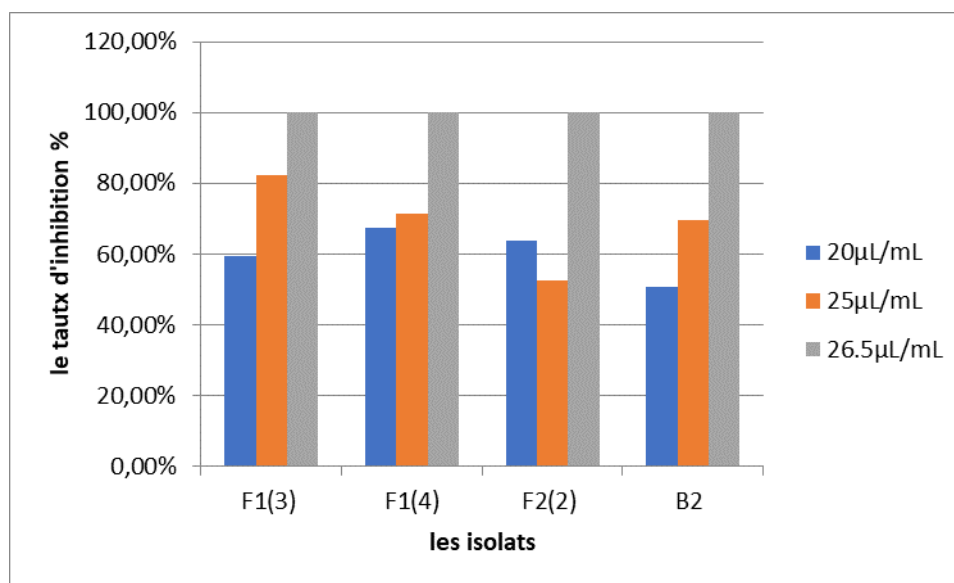


Figure24 : Représentation graphique d'effet d'HE *Rosmarinus officinalis* sur la croissance mycélienne, après 10 jours d'incubation.

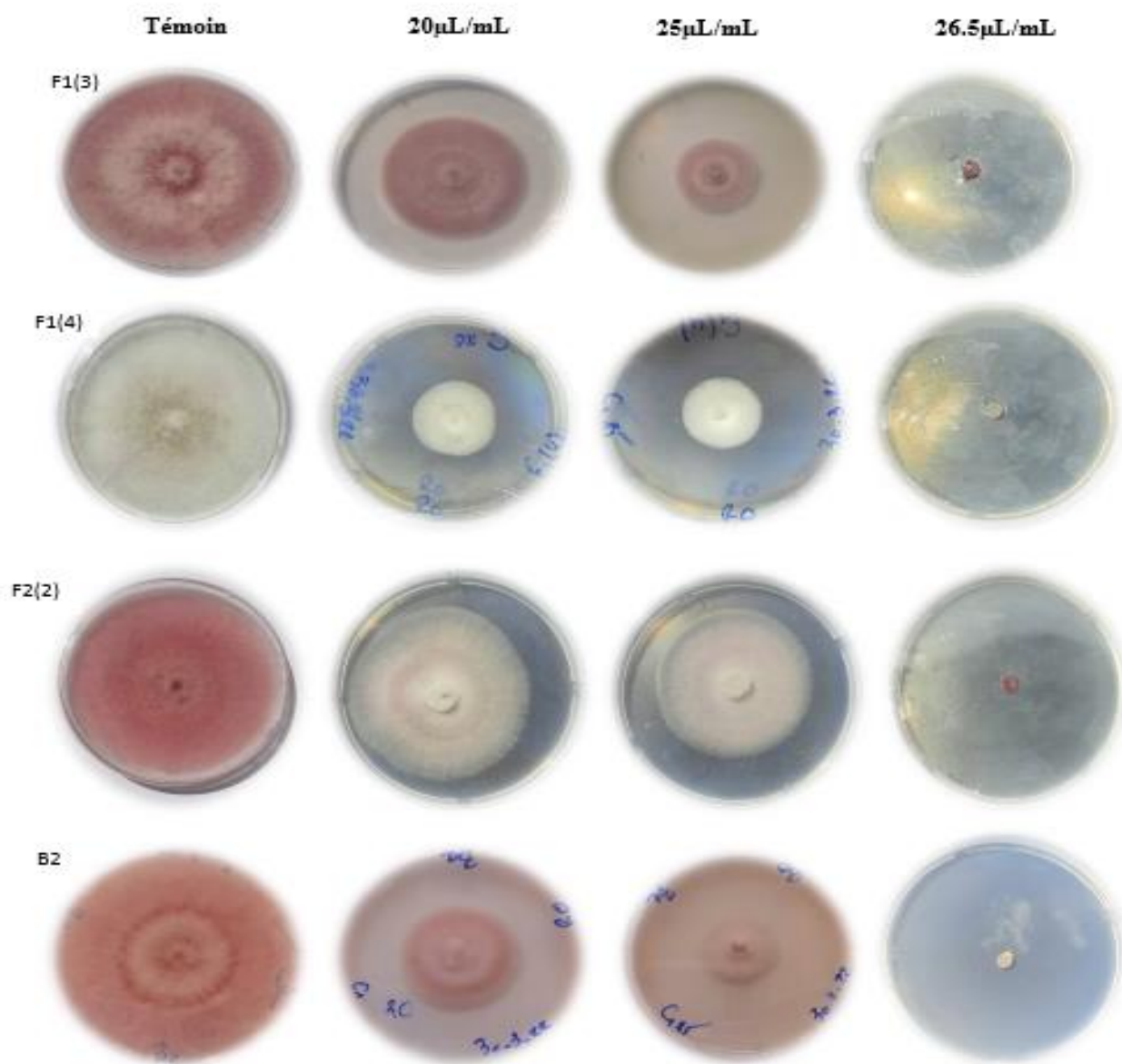


Figure 25 : Effet de l'HE de *R.officinalis s* sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum f.sp. albidinis* après 10 jours d'incubation.

Ces résultats montrent que l'effet antifongique des deux huiles essentielles varie d'un isolat à un autre et l'augmentation de la concentration des HEs provoque une augmentation des pourcentages d'inhibition de la croissance mycélienne et donc une diminution de diamètre des colonies.

Notre étude s'est aussi intéressée à la caractérisation microscopique des cultures fongiques soumises à différentes concentrations des HEs, après 10 jours d'incubation. Les observations microscopiques montrent des modifications morphologiques importantes, causées par les HEs d'*Eucalyptus* (**figure25**) et *Rosmarinus* (**figure26**) sur le champignon pathogène *Fusarium oxysporum*, représentées par un rétrécissement et une lyse importante des hyphes mycéliens et une absence de spores y compris les chlamydospores, microconidies et macroconidies. En revanche, L'observation des cultures fongiques non traitées avec les HEs, montre un mycélium normal et intact avec la présence des chlamydospores, des microconidies et des macroconidies.

Nos observations sont proches à celles obtenues par **Rashad (2022)** qui a testé les effets antifongiques de l'HE de la lavande sur la morphologie de *F. solani*. L'observation sous microscope électronique à balayage a démontré que les mycéliums de *F. solani* traités par l'HE de lavande présentent des changements spectaculaires dans leur morphologie, y compris un effondrement grave, distorsion, rétrécissement, écrasement, déformation et une surface rugueuse. De plus, aucune conidie n'a été détectée dans la culture fongique traitée.

De même, l'étude menée par **Walter (2011)** a montré les effets des HEs sur les structures reproductrices fongiques représentés par une diminution des chlamydospores.

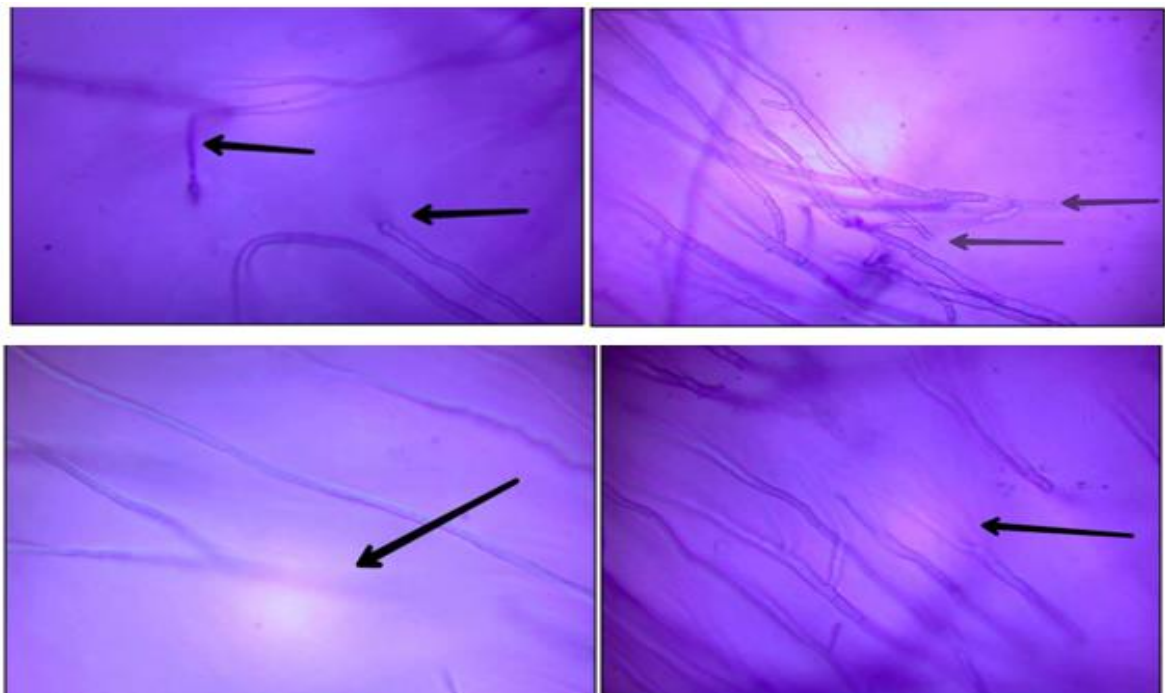


Figure 26: Lyse au niveau du mycélium de *Fusarium oxysporum* f.sp. *Albidinis* en présence d'huile essentielle *R. officinalis* (X100).

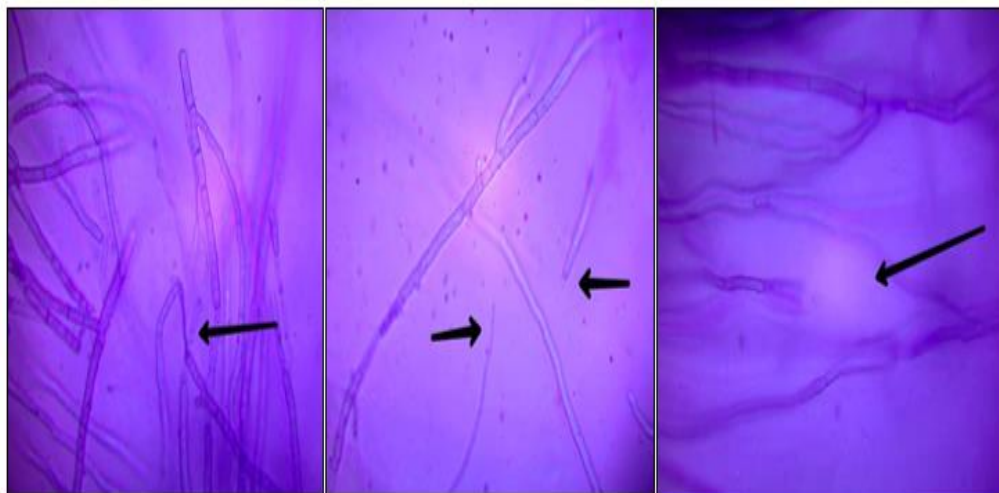


Figure27 : Lyse au niveau du mycélium de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albidinis* en présence d'huile essentielle de *E.globulus* (X100).

b. sur la germination des spores :

L'évaluation de l'efficacité de l'huile essentielle testée sur la germination des spores basée sur le calcul du pourcentage d'inhibition de la germination des spores en présence d'huile. . L'activité antifongique de l'HE d'*Eucalyptus* sur la germination des spores de FOA est moins importante que celle de *Rosmarinus*. D'après la figure (28), on observe que le taux d'inhibition de la germination des spores s'accroît en augmentant la concentration de l'HE.

Les résultats de l'évaluation de la nature de l'effet antifongique sur la germination des spores de l'huile essentielle d'*Eucalyptus* indique que cette huile à marquer une inhibition totale pour la souche B2 (100%) à la concentration 19 μ L/mL. cependant l'effet antifongique sur la germination des spores pour des autre souches marque un effet inhibiteur de pourcentage de 95% pour F1(3) , 92% pour F1(4) et 98% pour F2(2). on remarque que l'effet de cet huile sur les isolats à la concentration de 17.5 μ L/mL a un taux d'inhibition variable ; F1(3) de 98% , F1(4) 88% , F2(2) 91% et B2 97% ; par rapport à la concentration de 14 μ L/mL qui a un pourcentage d'inhibition de 95% pour la souche F1(3) , F1(4) 85% , F2(2) 81% et B2 93% .

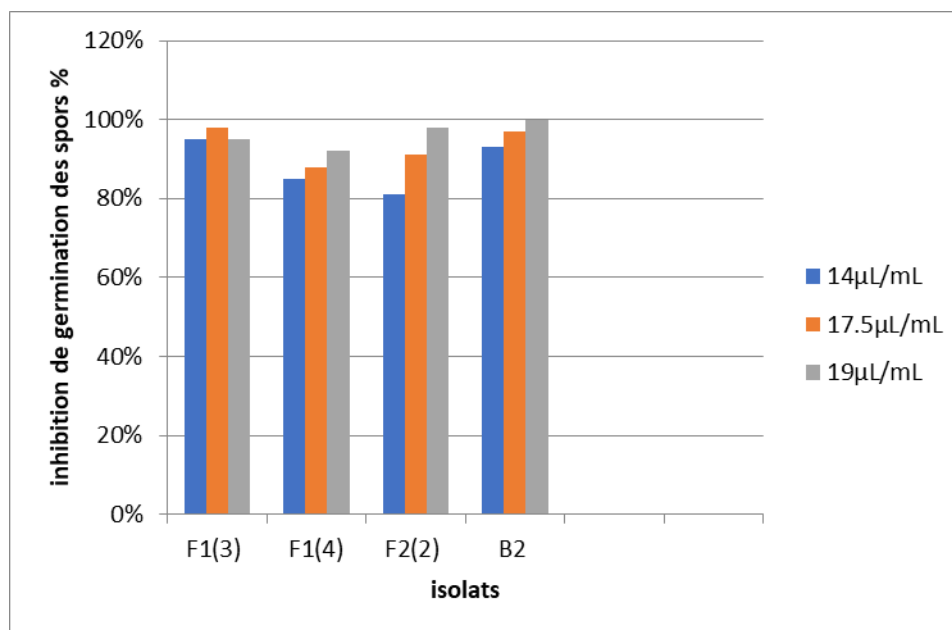


Figure 28 : Représentation graphique d'effet l'HE *E.globulus* sur la germination des spores des FOA.

Une étude menée par Amira (2021) a démontré que l'HE d'*Eucalyptus* a un effet antifongique sur la germination des spores de *Fusarium Semitectum* avec une inhibition totale (100%) à une concentration de 4% (v/v).

D'autre part, les résultats enregistrés dans l'évaluation de l'effet inhibiteur de l'HE de *R.officinalis* sur la germination des spores de FOA, ont montré une inhibition totale (100%) à la concentration de 26.5µL/mL pour la souche F1(4), par contre pour les autres souches, nous avons enregistré un taux d'inhibition de 96% pour la souche F1(3), 97% pour F2(2) et 98% pour B2. Les autres concentrations en HE (25 µL/mL et 20µL/mL) ont permis une inhibition importante de la germination des spores chez tous les isolats de FOA.

On observe que le taux d'inhibition de la germination des spores augmente avec l'augmentation de concentration d'HE (figure 29).

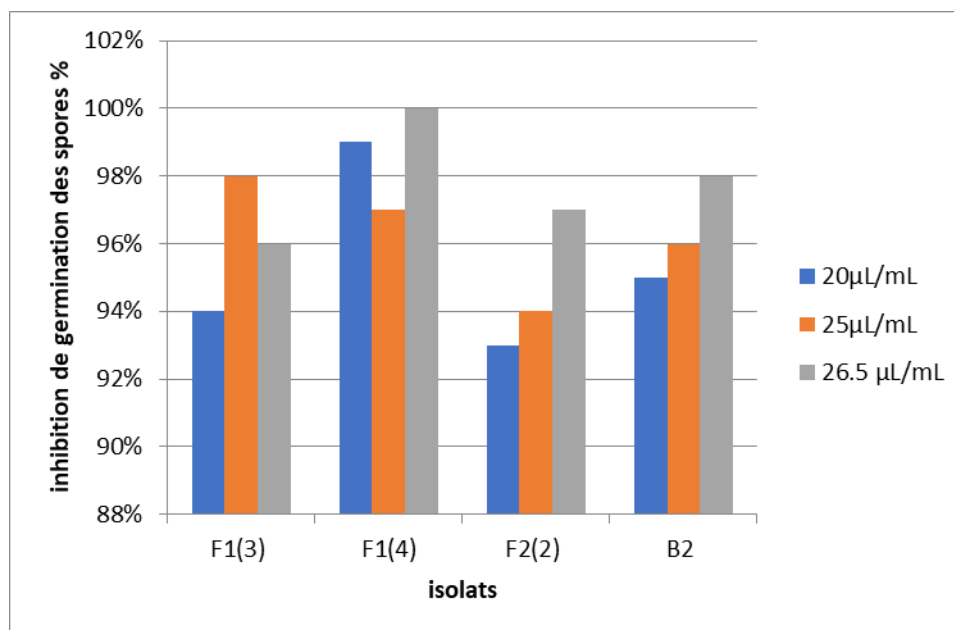


Figure29 : Représentation graphique d'effet d'HE *R. officinalis* sur la germination des spores des FOA.

Les travaux publiés par Ben Kaab (2019) sur l'évaluation de l'effet antifongique de HE de *Rosmarinus* sur la germination des spores de *Fusarium oxysporum*, montrent aussi que cette huile a une inhibition totale (100%) de la germination des spores à une concentration de 6µL/mL.

L'observation microscopique de l'effet des HEs de *R.officinalis* et *Eucalyptus globulus* sur la germination des spores après 24h d'incubation ; montre que les deux huiles ont un effet inhibiteur sur la germination des spores. L'observation microscopique montre qu'il y a présence d'une faible quantité de chlamydospores, et des microconidies germées avec un tube germinatif de longueur supérieure ou égal à son diamètre le plus petit.

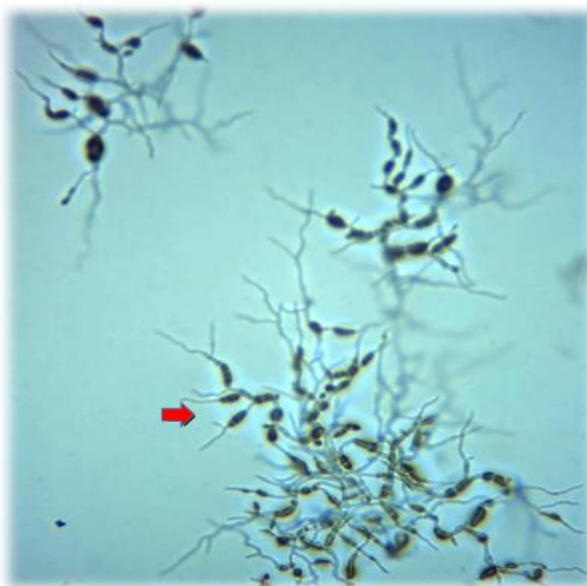


Figure 30 : Les spores germées de FOA dans le témoin non traité (X10).

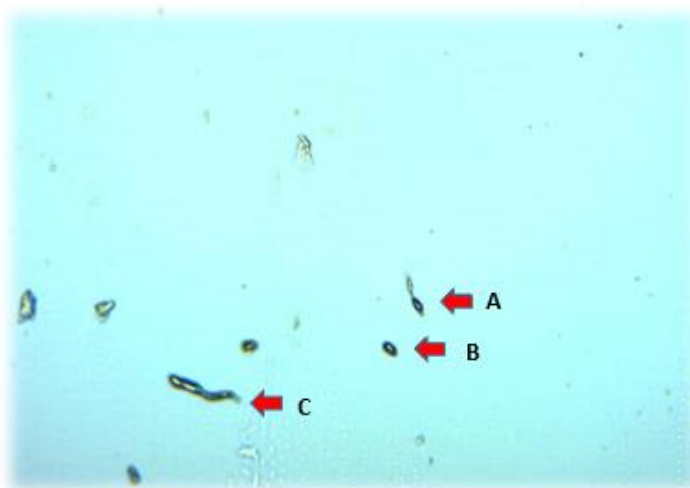


Figure 31 : Les spores germés et non germés en présence de l'HE d'*Eucalyptus globulus* à la concentration de 17.5µL/mL (X10).

A : microconidie germé, B : microconidie non germe, C : microconidie germé



Figure32 : Microconidie germé (X40).

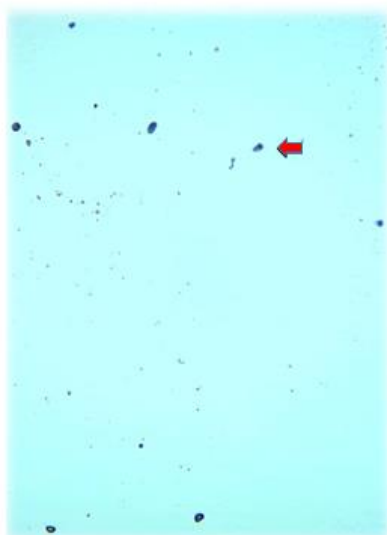


Figure33. : Les spores non germés en présence de l'HE *Rosmarinus officinalis* à la concentration de 26.5 μ L/mL (X10).

La richesse des deux huiles essentielles en plusieurs composés chimiques actifs, leur a donnée un large spectre d'activité antifongique qui est liée essentiellement à leurs composition variée formée principalement de terpènes (α -pinène, globulol, L- camphre, Borneol) et des monoterpènes (1,8-cinéole, trans-pinocarveol, α -terpineol , linalol).

L'activité antifongique des HEs est peut-être due soit aux composés majoritaires, ou minoritaires ou à leurs synergies.

La composition chimique d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* peut indiquer une composition majoritairement composé de 1,8-cinéole, l'étude rapportée par **Georgia,(2009)** montre que L'activité antifongique offerte par 1,8 cinéole était incomplète et n'a montré des effets qu'à la concentration la plus élevée testée, ceci pourrait indiquer que le composé majeur n'est pas le seul responsable d'une activité antifongique sur la croissance mycélienne. D'autre étude montre que le manque de l'activité antifongique de 1,8-cinéole sur la croissance d'*Aspergillus. Flavus*. En effet cette mm auteur a conclu que l'activité antimicrobienne d'HE *Eucalyptus* est due à un mélange de deux ou plusieurs composés qui travail on effet synergique des composants mineurs.

La forte activité antifongique de l'*Eucalyptus* pourrait être due à leur teneur élevée en composés phénoliques (carvacrol, thymol) (**Singh G. et al., 2006**).il existe une relation entre l'activité des huiles essentielles est la présence des composées phénolique, en effet plusieurs recherche montre que les champignons présentent une sensibilité vis-à-vis les composés phénolique (**Faid et al. ,1996**).

Egalement, L'huile essentielle d'*Eucalyptus* a montré une meilleure activité antifongique contre toutes les souches fongiques testées. **Elassi et al., (2012)**, a évalué l'activité antifongique des huiles essentielles de huit espèces d'*Eucalyptus*. Parmi ces huit espèces, les huiles essentielles de sept espèces d'*Eucalyptus* ont été testées contre trois dermatophytes (*Trichophyton rubrum*, *Trichophyton soudanense* et *Microsporum. canis*). Cette huile essentielle contenait un pourcentage moyen le plus élevé de cryptone (20,9 % 1,3 %) et le pourcentage moyen le plus faible de 1,8-cinéole (4,5 % 1,6 %).donc, les auteurs ont conclu qu'il n'y a aucune corrélation entre la quantité de 1,8-cinéole et une activité antifongique élevée. Toutefois, les huiles essentielles d'*Eucalyptus sideroxylon* et d'*Eucalyptus bicostata*, contenant le pourcentage moyen le plus élevé de 1,8-cinéole et une quantité modérée de α -pinène, étaient moins toxiques et pouvaient inhiber la croissance de *Microsporum. canis*.

L'action antifongique d'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L est liée à la synergie des constituants majeurs : 1,8 -cinéole, α -pinène, L- camphre, α -terpinéol. Elle est également possible due à l'action synergique des composées majoritaire 1,8-cinéole et du -pinène et L camphre, l'effet inhibiteur du *Rosmarinus* peut être retardé grâce à la faible solubilité du 1,8-cinéole et du L-camphre sur la membrane. Lucini et al., (2015) ont signalé une faible activité inhibitrice du 1,8- cinéole et du L-camphre contre *Sclerotium cepivorum* comparativement à d'autres monoterpènes ce qui confirme que la synergie de ces composés est responsable de l'activité antifongique.

Selon Kadoglidou *et al.*,(2001), .les activités inhibitrices du 1,8-cinéole et du -pinène contre *A. terreus*, *F. oxysporum*, *P.expansum* avec un effet dépendant de la dose. Il a été déclaré que les composés dont la structure comporte des groupes d'époxydes (comme le 1,8-cinéole) exercent leur effet antifongique en causant des membranes cellulaires endommagées.

L'action antifongique d'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L est liée à la synergie des constituants majeurs : 1,8 -cinéole, α -pinène, L- camphre, α -terpinéol.

Le 1,8 –cinéole est le composé majoritaire des deux huiles ainsi que la présence des monoterpènes hydrocarbonés qui sont responsables à l'activité antifongique.

L'activité antifongique d'huile essentielle, peut être expliquée par l'effet synergique entre les différents composés d'huile essentielle. En effet, les composants majoritaires sont souvent responsables de l'activité antifongique de cette huile essentielle (**Giordani *et al.*, 2008**).

On peut également associer l'efficacité de ces HEs sur les espèces *fusarium* ; à leurs teneur en linolool (0.17%) pour *Eucalyptus globulus* et de (0.55%) pour *Rosemarinus officinalis*, L'activité antifongique des Alcools, a été accordée à leurs fortes affinités pour les membranes cellulaires. Ces composer alcoolique ayant une forte affinité avec les glycoprotéines et les protéines membranaires (**Wang *et al.*, 2012**).

Ces conclusions sont en accord avec les résultats de notre étude permettant donc d'expliquer l'efficacité des deux huiles *Eucalyptus globulus* et *Rosemarinus officinalis* sur la croissance mycélienne et la germination des spores.

Conclusion :

L'expérience réalisée au cours de cette étude a pour objectif d'apporter des connaissances sur les *Fusarium* responsables de la maladie Fusariose vasculaire en Algérie et de rechercher des nouvelles alternatives pour lutter contre cet agent pathogène.

Notre travail est basé sur l'essai *in vitro* de l'activité antifongique des deux huiles essentielles extraites des plantes aromatiques médicinales contre le *Fusarium* pathogène.

L'isolement du champignon à partir des palmiers dattiers atteintes de la fusariose vasculaire, collectés de deux régions de la wilaya de Bechar (oued Bechar – kenadsa) en février 2022, a permis d'obtenir 07 isolats de *Fusarium oxysporum*.

L'identification macroscopique et microscopique des souches de *Fusarium* basée essentiellement sur la caractérisation morphologique de mycélium et leur formes de sporulation (microconidie, macro conidie et chlamydo-spores), a révélée l'appartenance de nos isolats à l'espèce *Fusarium oxysporum*.

L'extraction des HEs des plantes aromatiques et médicinales *Eucalyptus globulus* L. Et *Rosmarinus officinalis* L par hydro-distillation a montré un rendement en huile essentiel de 0.91% pour la plante *Rosmarinus officinalis* L et 0.30% pour *Eucalyptus globulus* L.

L'effet antifongique des HEs de *E. globulus* et *R. officinalis* sur la croissance mycélienne et la germination de spores chez *Fusarium oxysporum* f.sp. *albidinis* a montré un effet inhibiteur sur les 04 souches FOA, aux concentrations (14 -17.5-19 µL/mL) pour *E. globulus* et (20-25-26.5 µL/mL) pour *R. officinalis*. Les résultats obtenus montre que les HEs de *E. globulus* et *R. officinalis* présentent une excellente propriété antifongique avec des valeurs de CMI de 19 µl/ml pour *E. globulus* et 26.5 µL/mL pour *R. officinalis*.

Les propriétés antifongiques des HEs sont liées à leurs composition chimique formée essentiellement de 1.8-cinéole, L-camphre, α -Terpineol, bornéol, globulol, α -pinène et p-cymène. Qui sont généralement des terpènes et monoterpènes, pour les deux huiles essentielles *E.globulus* et *R.officinalis*.

Les résultats de notre présente recherche montre l'intérêt de l'utilisation des huiles essentielles peuvent être utilisé comme moyen de lutte biologique susceptible de protéger les cultures contre les agents pathogènes tout en limitant l'utilisation des pesticides, ce qui s'intègre parfaitement dans une démarche respectueuse et préservative de l'environnement.

Pour savoir si les deux HEs jouent un rôle efficace dans la relation hôte-parasite il serait intéressant de poursuivre notre recherche au champ ainsi d'étudier l'effet antifongique de chaque HE *in vivo* et cela pour étudier la possibilité de commercialiser des produits antifongiques à base des HEs des deux plantes.

Références Bibliographiques

A

1. Abdullah S.K., Lopez Lorca L.V., Jansson H.B. 2010. Diseases of date palms (phoenix dactylifera L). 9(2): 1 – 43.
2. Aberlenc-Bertossi F.2010. Biotechnologies du palmier dattier. Actes du 3e Séminaire du réseau AUF-BIOVEG « Biotechnologies du palmier dattier » Montpellier, 18-20 novembre 2008. IRD Éditions, France.
3. Agrios G.N. 2005. Plant Pathology, 5th Edition, Elsevier Academic Press , California . 922 p.
4. Ait Youssef M .2006. Plantes médicinales de Kabylie. Éditions Ibispress, Paris, France.
5. Al Antary T.M., Al-Khawaldeh M.M. , Ateyyat M.A. 2015. Economic importance of date palm phoenix dactylifera L. pest in Jordan valley. Brazilian journal of biological Science, 2(3):121-134.
6. Al- Khalifa N.S., Askari E., Shanawaskhan E.A. 2013. Date Palm Tissue Culture and Genetical Identification of cultivars Grown in Saudi Arabia. Ed. King Abdulaziz City for Science and Technology n° 321215. National Center for Agriculture technologies Riyadh. pp : 17-41
7. Amir Hamid ., Amir Atika ., Amar Riba . 1996. Rôle de la microflore dans la résistance a la fusariose vasculaire induite par la salinité dans un sol de palmeraie. Soil Biology and Biochemistry . Volume 28 , Issue 1. 113-122 p.
8. Amira M.Tawfik ., Sayed E. Younis., Ali M., Koriem and M. I. Elian. 2021. Antifungal Activity of some Essential Oils Against Post- Harvest Fruit Rot of Sweet Pepper. Department of Plant Production, Faculty of Technology & Development , Zagazig University , 26(3):447-462.
9. Amorsi G. 1975. Le palmier dattier en Algérie.Ed, Tlemcen. 131p.
10. Arib H. 1998 .Isolement et caractérisation des *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* de la Région de Beni Abbes . Mémoire pour l'obtention du D.I.E , Institut d'Agronomie , Centre Universitaire de Mascara , pp . 07-08 .

Références bibliographiques

11. Atik bekkara F., Bousmaha L., Taleb Bendiab S., Boti J.B., Casanova J., 2007. Composition chimique d'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* poussant à l'état spontané et cultivé de la région de Telemcen. Univ. Telemcen. Pp: 6-10.

B

12. Belakhdar J .1997.La pharmacopée marocaine traditionnelle. Idis PRESS (Ed). Paris, p. 764. Cité par Benikhlef. 2014.
13. Belkhiri Fatima Zohra.2015. Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* L. (Méthode de l'hydrodistillation).
14. Benkhalifa A. , Tirichine A ., Hannachi S. 2007. Valorisation de la biomasse et stratégie de la conservation in situ : cas du palmier dattier. Journée d'étude sur l'importance de la biomasse dans le développement durable des régions sahariennes. Adrar : 23 p.
15. Benlarbi L. 2019. Contribution à l'étude de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* agent causal de la fusariose vasculaire du palmier dattier et moyens de lutte. Thèse de doctorat. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem. 175.
16. Bentrard N., Gaceb-Terrak R., Rahmania F. (2017). Identification and evaluation of antibacterial agents present in lipophilic fractions isolated from sub-products of *Phoenix dactylifera*. Natural Product Research, 31(21) : 2544 - 2548.
17. Benzohra IE., Megatli M., Berdja R., 2015. Bayoud disease of date palm in Algeria: History, epidemiology, and integrated disease management. African Journal of Biotechnology.9P.
18. Bessedik M et khenfer B. 2014.Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et *Thymus Algeriensis* contre quelques champignons phytopathogènes des palmes du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L). Mém Mas. Univ kesdi merbeh Ouargla. 51.
19. Bettaieb R., Bourgou S., Saidani Tounsi M. , Fauconnier M.L. , Ksouri R. 2017.Phytochemical composition and antioxidant activity of *Lavandula dentate* extracts . J. New Sci . Agri & Biotech . 39 (2) : 2096-2105.

Références bibliographiques

20. Boucha Hasna ., Khafrabi Newel., SEGHAIRIA Delel ., 2017. Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles contre *Candida albicans*. Mémoire de master, Université 8 Mai 1945 Guelma, 99p.
21. Bouhot D. Et Billotte J. M. 1964. Studies on the ecology of parasitic fungi in the soil II Choice of a nutritive medium for the selective isolation of *Fusarium oxysporum* and *Fusarium solani* from the soil .15 : 45-56
22. Boukhatem M.N., Ferhat., kameli A. 2017. *Eucalyptus globulus* (Labill.) : un arbre à essence aux mille vertus. Phytothérapie, pp.1-12.
23. Boulanouar A. 2015. Bio écologie de l'entomofaune des différentes palmeraies de la région de la Saoura (Béchar) : Application à quelques espèces fréquentant la plante-hôte *Phoenix dactylifera* . Thèse Doc. Univ. Tlemcen. Algérie.
24. Boullard B . 2001. Plantes médicinales du monde : croyances et réalités. Éditions De Boeck Secundai. Paris, France.
25. Bounaga N. 1975 . Germination de microconidies et macroconidies de *Fusarium oxysporum* f . sp , *albedinis* . Bull . Soc . Hist. Nat . Afr . Nord , 66 : 39-44 .
26. Bounaga N. et Djerbi M. 2009. Pathologie du Palmier dattier, Unité de Recherche sur les Zones Arides. URZA (Algérie), Institut National de la Recherche Agronomique, INRA. El Harrach (Algérie).
27. Bounaga N. 1991. Le Palmier Dattier, rappels biologiques et problèmes physiologique. In : Riedcker A., Dreyer E., Pafadnam C., Joly H. et Bory G., (Eds)., Physiologie des Arbres et Arbustes en Zone Arides et Semi-Arides, Groupe d'Etude de l'Arbre . John Libbey Eurotext. Paris, France. pp. 323-336.
28. Brooker MIH ., Kleinig DA . 2004. Field guide to eucalypts, Northern Australia. Bloomings Books. Melbourne, Australie.
29. Bruneton J, Pharmacognosie, Phytochimie. 2014. Plantes médicinales, 4^{ème} édition Tec & doc. p.567-592.

C

Références bibliographiques

30. Chakroune K., Bouakka M., Hakkou A. 2005. Incidence de l'aération sur le traitement par compostage des sous-produits du palmier dattier contaminés par *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. Can. J. Microbiol, 51: 69 – 77.
31. –Chehma A., Longo H.F.2001 . Valorisation des sous-produits du palmier dattier en vue de leur utilisation en Alimentation du Bétail. Productioun et valorisation- Biomasse, PP.59-64. 23-Chevalier Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles : p 17 ; 23, 52.
32. Cirad., Gret .2002. Mémento de l'agronome.CIRAD / Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement France. GRET / Groupe de Recherche d'Echanges Technologiques. Edit. Quae, ISBN 2876145227 : 1691 p .
33. Conrad L Schoch., Stacy Ciufu., Mikhail Domrachev., Carol L Hotton., Sivakumar Kannan., Rogneda Khovanskaya., Detlef Leipe., Richard., Mcveigh., Kathleen., O'Neill., Barbara Robbertse., Shobha Sharma., Vladimir Soussov., John P Sullivan., Lu Sun., Seán Turner., Ilene Karsch-Mizrachi.2020. NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools.
34. Corbaz R. 1990.Principes de Phytopathologie et la lutte contre les maladies des plantes . Press . Polytech . Univ . Rom . 1 : 38-53 .
35. Correll J.C. , Puhalla J.E. , Schneider R.W. 1986. Identification of *Fusarium oxysporum* f.sp. *apii* on the basis of colony size , virulence and vegetative compatibility . Phytopathology 76 : 396-400 .

D

36. D'alton A., Etherton B. 1984 . Effects of Fusaric Acid on Tomato Root Hair Membrane Potentials and ATP Levels . Plant Physiology , 74 : 39-42 .
37. Djebari Hala ., Boumaagouda Selma ., Barki Dhikra., 2021. Étude de l'effet antibactérien de l'huile essentielle de deux plantes médicinales (*Rosmarinus officinalis* et *Eucalyptus camaldulensis*). Mémoire de master, Université de Larbi Tébessi – Tébessa .81p.
38. Djerbi M. 1994 .Précis de phoéniculture . FAO , 192 p .

Références bibliographiques

39. Djerbi M. 1983. Diseases of the date palm (phoenix *dactylifera* L) . F.A.O. Regional Project for Palm and Dates Research Centre in the Near East and North Africa. 106 p .
40. Djerbi M. 1988.Les maladies du palmier dattier. Ed. FAO. PNUN et RAB, Alger. 127 p.
41. Djerbi M. 1988. Les maladies des palmiers dattiers : Le Bayoud (15 - 36). Rapport de Projet Régional de lutte contre le Bayoud (RAB/84/018).
42. Dransfield J., Uhl N.W., Amussen C.B., Baker W.J., HarleyM. et Lewis, C.L. 2008b. Genera Palmarum. The evolution and classification of palm. Royal Botanic Gardens, Kew publishing, Kew, UK.

E

43. E.I. Lucini., M.P Zunino., M.L López., J.A Zygadlo. 2006. Effect of monoterpenes on lipid composition and sclerotial development of *Sclerotium cepivorum* Berk J Phytopathol, pp. 441-446.
44. Elaissi A., Rouis Z., Mabrouk S., Salah KBH., Aouni M., Khouja ML. 2012. Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils from fifteen *Eucalyptus* species growing in the Korbous and Jbel Abderrahman Arboreta (North East Tunisia). 17:3044-3057.
45. ElFakhouri R ., Lazrek. , Bahraoui E ., Sedra MyH et Rochat H. 1996. Preliminary investigation on a peptidic toxins produced by *Fusarium oxysporum* f . sp . *albedinis* . Phytopath . Mediter . 35 : 11-15 .
46. EVA PETRIKKOU ., JUAN L. RODRÍGUEZ – TUDELA ., MANUEL ESTRELLA ., ALICIA GÓMEZ ., ANA MOLLEJA ., EMILIA MELLADO. 2001.Inoculum Standardization for Antifungal Susceptibility Testing of Filamentous Fungi Pathogenic for Humans. JOURNAL OF CLINICAL MICROBIOLOGY .1345-1347p.

F

47. FAOSTAT. 2020. The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) , <https://doi.org/10.1038/s41598-022-04903-x>

48. Faid M., Charai M., Mosaddak M. 1996. Chemical composition and antimicrobial activities of two aromatic plants: *Origanum majorana* L. And *O. compactum* Benth. *Journal of Essential Oil*.
49. Fernandez D., Lourd M., Ouinten M., Tantaoui A et Geiger JP . 1995. Le Bayoud du palmier dattier, Une maladie qui menace la phoeniculture. *Phytoma*. La défense des végétaux. n ° 469.
50. Festy D. 2008. Ma bible des huiles essentielles: guide complet d'aromathérapie. Paris : Leduc.s Ed.
51. Flávio Dias Ferreira., Simone Aparecida., Galerani Mossini.,Francine Maery Dias Ferreira., Carla Cristina Arrotéia.,Christiane Luciana da Costa.,Celso Vataru Nakamura., and Miguel Machinski Junior. 2013. The Inhibitory Effects of *Curcuma longa* L.Essential Oil and *Curcumin* on *Aspergillus flavus* Link Growth and Morphology. Academic Editors: N. Dumais and Z. Shi . p06 .
52. Fourie G., Steenkamp E.T., PloetzR.C., Gordon T.R., Viljoen A. 2011. Current status of the taxonomic position of *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense* within the *Fusarium oxysporum* complex. *Infect. Genet. Evol.*,11, 533–542.
53. Freeman S., Maymon M. 2000. Reliable Detection of the Fungal Pathogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. Causal Agent of Bayoud Disease of Date Palm, Using Molecular Techniques. *Phytoparasitica*.28(4) : 1 – 8.
54. Freisesleben S.H., Jager A.K. 2014. Correlation between plant secondary metabolites and their antifungal mechanism—a review. *Med. Arom. Plants*, 3 :1–6.

G

55. Gäumann E. 1957. Influence de la nutrition du fer sur la sensibilité des plantes de tomates en vers la *lycomara sanium*.
56. Gäumann E.1958. The mechanism of fusaric acid injury. *Phytopathology* ; 48 : 670-686 .
57. Gayoso C.W., Lima E.O., Souza E.L . 2004. Inhibitory effect of *cinnamomum zeylanicum blume* essential oil, α -pinene and β -pinene on fungi isolated from onychomycoses. *Braz.J Phytomed*. 1 : 25-29.

Références bibliographiques

58. Ghannoum M.A., Rice L.B. 1999. Antifungal agents: Mode of action, mechanisms of resistance, and correlation of these mechanisms with bacterial resistance. *Clin. Microbiol. Rev.* 12: 501–517.
59. Ghenaiet ., Aouidet S.I. 2016. Etude de l'impact des huiles essentielles *d'Eucalyptus globulus* sur *Rhizopertha dominica* : Aspect toxicologique et biomarqueur.
60. Giordani R., Hadeif Y., et Kaloustian J. 2008. Compositions and antifungal activities of essential oils of some Algerian aromatic plants. *Fitoterapia*, 79: pp199-203.
61. Giordani R., Hadeif Y., et Kaloustian J. 2008. Compositions and antifungal activities of various essential oils against *Candida albicans*. Potentiation of antifungal action of amphotericin B by essential oil from *Thymus vulgaris*. *Phytother Res.* 18(12):990-5.
62. Goetz P., Ghedira K. 2012. *Phytothérapie anti-infectieuse*. Springer-Verlag, Paris, France.
63. Gonzalez-Trujano M.E., Pena E.I., Martinez A.L., Moreno J., Guevara-Fefer P., Deciga-Campos M., Lopez-Munoz F.J. 2007. Evaluation of the antinociceptive effect of *Rosmarinus officinalis* L. Using three different experimental models in rodents. *J Ethnopharmacol.* 111: 476-482.
64. Gros-Balthazard M., Newton C., Ivorra S., Tengberg M., Pintaud J.C., Terral J.F. 2013. Origines et domestication du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). *Revue d'ethnoécologie.* (4) : 5-6.
65. Gros-Balthazard M. 2013. Hybridization in the genus Phoenix. *Emir. J. Food Agric.* 25 (11) : 831 – 842.
66. Gros-Balthazard, M., Newton, C., Ivorra, S., Tengberg, M., Jean- Christophe, P. et Jean-Frédéric, T. 2013. Origines et domestication du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). *Revue d'ethnoécologie.*(4) : 1 - 15.

H

67. Harrewijn P., Van Oosten A. M., Piron P. G. M. 2001. Natural terpenoids as messengers. A multidisciplinary study of their production, biological functions and practical applications. . Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 440 p.

Références bibliographiques

68. Helal G.A., Sarhan M.M., Abu Shagla A.N.K., Abou El-Khair E.K. 2006. Effects of *Cymbopogon citratus* L. essential oil on the growth, lipid content and morphogenesis of *Aspergillus niger* ML2-strain. Journal of Basic Microbiology. 46 : 456-469.
69. Henni J. E.1998. Morphologie, pouvoir pathogène et diversité génétique chez *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* . Thèse de doctorat d'Etat en science de la nature , Option phytopathologie .
70. Henni J. E., Boisson C., Geiger J. P., 1994 . Variabilité de la morphologie chez *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* .Phytopathol.Medit.33:51-58 .
71. Hou H., Zhang X., Zhao T., Zhou L. 2020. Effects of *Origanum vulgare* essential oil and its two main components, *carvacrol* and *thymol*, on the plant pathogen *Botrytis cinerea*. PeerJ 8:e 9626 DOI 10.7717/peerj.9626 .

I

72. Ibraheem Y.M., I Pinker., M Böhme.2012.The effect of sodium chloride-stress on 'Zaghloul ' date palm somatic embryogenesis. Acta Hort. 961:367–373.
73. IMI. 1994. Distribution Maps of Plant Diseases No. 240 (edition 3). CAB International, Wallingford, Royaume - Uni .

J

74. Jayani RS . , Saxena S ., Gupta R. 2005. Microbial pectinolytic enzymes : a review . Process Biochem . 40 , 2931-2944 .
75. Jones C. 1998. Rosemary's Whole-Plant Properties Counter Cancer. Nutrition Sciences News. 1- 4.
76. Jones J. P. , Woltz S. S. 1981 . *Fusarium* incited diseases of tomato and potato and their control . Basis for a diseases control system in *Fusarium* diseases , biology and taxonomy .340-349 .

Références bibliographiques

77. Juergens UR . , Dethlefsen U. 2003. Anti - inflammatory activity of a 1.8 - cineol eucalyptol) in bronchial asthma : a double - blind placebo - controlled trial . Respir . Med . 97 : 250 , 256. Cité par Daroui - Mokaddem , 2012 .

K

78. Kadoglidou K . , Lagopodi A . , Karamanoli K . , Vokou D . , Bardas JA . , G. Menexes, H.I.A.2011. Constantinidou Inhibitory and stimulatory effects of essential oils and individual monoterpenoids on growth and sporulation of four soil-borne fungal isolates of *Aspergillus terreus*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium expansum*, and *Verticillium dahliae* Eur J Plant Pathol. 130 pp. 297-309.
79. Kalembe D., Kunicka A.2003. Antibacterial and antifungal properties of essential oils. Current Medicinal Chemistry, no 10.pp 813–29.
80. Karkachi N. 2013.Evaluation de l'effet de Triazoles vis – à – vis de *Fusarium oxysporum* f .sp. *albedinis* , thèse de Magister . Université d'Oran ,167p.
81. Kehrl W., Sonnemann U., Dethlefsen U., 2004. Therapy for acute non-purulent rhinosinusitis with cineole: results of a double blind, randomized, placebo-controlled trial. laryngoscope.114 (4): 738-742. Cité par Bessedik et khenfer. 2014.
82. Ksouri S. 2012. Situation épidémiologique des mammites mycosiques chez le bovin laitier dans deux régions de l'est - Algérien et étude de l'efficacité *in vitro* des huiles essentielles des plantes aromatiques sur des isolats fongiques. Thèse de Doctorat . Univer Chedli ben Jdid d'EL - Taref ,230p.
83. Kulisic T., Radonic A., Katalinic V., Milos M. 2004. Use of different methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil. Food Chem. 85(4):633-640.
84. Kunkie U., Lobmeyer T.R. 2007. Plantes médicinales. Identification, récolte, propriétés et emplois. Ed.Parragon Books Ltd. 87-99p

L

85. Leicach SR., Guarnaschelli AB., Garau AM .2012. Chemical defenses in Eucalyptus species : asustainable strategy based on antique knowledge to diminish agro chemical dependency. Intech Open Access Publisher, USA.

86. Lemanceau P ., Alabouvette C. 1993. Suppression of Fusarium wilts by *Pseudomonas fluorescens* . Mechanisms and application . Biocontrol science and technology . Ch : 3 , 234- 291 .
87. Lepoivre P ., Busogoro JP. , Etame JJ ., El Hadrami A. , Carlier J ., Harelimana G ., Mourichon X ., Panis B. , Riveros AS. , Salle G ., Strosse H and Swennen R. 2003. Banana - *Mycosphaerella fijiensis* interactions. In: Jacome et al.: *Mycosphaerella* leaf spot diseases of bananas : present status and outlook . Proceedings of the 2nd International workshop on *Mycosphaerella* leaf spot diseases, San José , Costa Rica . 151-159.
88. Leslie JF. , Summerell BA .2006 . The Fusarium laboratory manual . Edition Blackwell , Iowa . 388 p.
89. Lima I.O., Oliveira R.A.G., Lima E.O., Souza E.L, Farias N.P., Navarro D.F. 2005. Inhibitory action of some phytochemicals on yeasts potentially causing of opportunistic infections. Braz. J. Pharm. Sci. 41: 199-203.
90. Lopez-Reyes J.G., Spadaro D., Preile A., Garibaldi A., Gullino M.L. 2013. Efficacy of plant essential oils on postharvest control of rots caused by fungi on different stone fruits in vivo. J. Food Protect. 76, 631–639.
91. Louppe D. 2008. PROTA : Ressources végétales de l’Afrique tropicale. Backhuys Publishers, Wageningen, Pays-Bas (site web: <http://www.prota4u.org/>)
92. Louvet Jet Toutain G. 1973. Recherches sur les fusarioses. VIII. Nouvelles observations sur la fusariose du palmier dattier et précisions concernant la lutte. Annales de Phytopathologie. 5 : 35-52 .

M

93. Mahdi Nourdine 2011. Essai de lutte biologique contre la Fusariose vasculaire du Palmier Dattier (*Phoenix dactylifera* L.).Mémoire de Magister ,Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou,103p.
94. Matysiak B., Samyn G.1996. Growth of young *Aechmea fasciata* seedlings on a medium supplemented with fusaric acid . Med . Fac . Landbouww , Univ . Gent ; 61 : 333-336 .

Références bibliographiques

95. Messaoudi H. Et Messaoudi L. 1989 . Etude phytopathologique, morphologique et physiologique de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* . Mémoire pour l'obtention du D.E.S.
96. Mokhlisse N. 1987. Contribution à l'identification et étude de la toxicité des différents constituants de la toxine sécrétée par le *Fusarium oxysporum* f . sp . *albedinis* . Thèse de 3ème cycle , Fec . Sc . Sémlalia , Univ . Cadi Ayyad , MarrakechMaroc .
97. Moussouni S., Si-Dehbi F., Bouguedoura N. 2013. Biogeography of the Date Palm (*Phoenix dactylifera* L., Arecaceae): Insights on the Origin and on the Structure of Modern Diversity. *Acta Hort*, 994: 19 – 38.
98. Msaada K. , Salem N. , Tammar S. , Hammami M. , Jamal Saharkhiz M. , Debiche N. , Limam . F. ,Marzouk B. 2012. Essential oil composition of *Lavandula dentata* L. *Stoechas* and L. *Multifida* cultivated in Tunisia . *J. Essent . Oil Bear . Plants . 15 :* 1030-1039 .

N

99. Nazzaro F., Fratianni F., Coppola R., Feo V. 2017. Essential Oils and Antifungal Activity. *Pharmaceuticals*.10 (4): 86.
100. Nelson P. E. , Toussoun T. A. , Marasas W. F. O. 1983. *Fusarium Species : An Illustrated Manual for Identification* . Pennsylvania State University Press , University Park , Pennsylvania .
101. Nelson PE . , Toussoun TA et Cook RKJ . 1981. *Fusarium . Diseases , Biology and Taxonomy* . Penn . Stat . Univ . Press . 457 p .

O

102. OEPP / EPPO. (Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes).1994. Fiches informatives sur les organismes de quarantaine n ° 70 , *Fusarium oxysporum* f.sp. *Albedinis* . Bulletin 12.
103. OEPP/EPPO, (2003). *Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis*. Bulletin. 33: 265-269.

Références bibliographiques

104. Ould si Saïd. 2014. Activités biologiques des huiles essentielles des feuilles et du fruit d'une plante médicinale *Eucalyptus globulus* Paris M, et al. Abrégé de matière médicale, pharmacogénosie. 1981, Tome I, Masson, Paris, p 339.

P

105. Paquin R., Waygood E. R. 1957. The effect of *Fusarium* toxins on the enzymatic activity of tomato hypocotyl mitochondria . Canadian Journal of Botany .35 : 207-218 .
106. Pierre davet., Francis rouxel , 1997. détection et isolement des champignons du sol . Pierre w Rouxel Paris ,210p.

Q

107. Quezel et Santa. 1963. Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales Tome II. C.N.R.Sc. Paris. pp.781-783-793.

R

108. Ramírez - Suero M. 2009. Etude de l'interaction de *Medicago truncatula* avec *Fusarium oxysporum* et du rôle de l'acide salicylique dans les interactions de la plante avec différents agents pathogènes et symbiotiques. thèse de doctorat, université de Toulouse.
109. Rapilly F. 1968. Les techniques de mycologie en pathologie végétale. Ann. Epiphyties, 19 (n° hors-série), 102p.
110. Rashad Y. M., Abdel Razik E. S., Darwish D. B. 2022. Essential oil from *Lavandula angustifolia* elicits expression of three SbWRKY transcription factors and defense-related genes against sorghum damping-off. Scientific reports.12(1) : 857.

S

111. Salem A.O.M., Trifi M., Sakka H., Rhouma A., Marrakchi M. 2001. Genetic inheritance analysis of four enzymes in date-palm (*Phoenix dactylifera* L.). Genetic Resources and Crop Evolution. 48: 361 – 368.
112. Scimeca D.2007. Les plantes du bonheur, Ed. Alpen.p.12-17.

Références bibliographiques

113. Sedra My.H. 2004 . Le Bayoud (fusariose se vasculaire) du palmier dattier en Afrique du Nord . Situation actuelle et stratégies de lutte. Proceeding du 5ème Confgrès de l'Association Marocaine de Protection des Plantes, Rabat . p37-54 .
114. Sedra MH . 2003 . Le Bayoud du palmier dattier en Afrique du Nord. FAO, RNE / SNEA – Tunis . Edit protection des plantes. Tunisie.
115. Sedra MH . 2013. The Bayoud (Vascular Wilt) of Date Palm in North Africa : Situation , Research Achievements and Applications . ISHS . Acta Hort . 994 : 59-76 .
116. Sedra MyH., El Fakhouri R. , Lazrek HB .1993. Recherche d'une méthode fiable pour l'évaluation de l'effet des toxines secrétées par *Fusarium oxysporum* f . sp. *albedinis* sur le palmier dattier. Al Awamia. 82 : 89-104 .
117. Sedra My.H. 2003. Le bayoud du palmier dattier en Afrique du nord, FAO, RNE/SNEA- Tunis. Edition FAO sur la protection des plantes. Imprimerie Signes, Tunisie. 125p.
118. Seifert K.A. 2001 . Fusarium anamorfic generic concepts . In Fusarium. (Eds : summerell ; B.A ; Leslie J.F ; Backhouse D ; Bryden W.L ; Burgess L.W) ; APS Press ; ST ; Paul .USA . 15-28PP .
119. Selvakumar P. , Edhaya Naveena B. , Prakash D.S. 2012. Studies on the antidandruff activity of the essential oil of *Coleus amboinicus* and *Eucalyptus globules* , Asian Pac . J. Trop . Biomed.2 : 715-719.
120. Sharma N., Tripathi A. 2006. Fungitoxicity of the essential oil of *Citrus sinensis* on post- harvest pathogens. World J. Microbiol. Biotechnol. 22 :587-5935.
121. Silvant C . 2015. L'aromathérapie : la nature au service de l'humanité. Éditions Publibook, Paris,France [33].
122. Singh G., Maurya S., Lampasona MP., Catalan ANC. 2006. Studies on essential oils, Part 41. Chemical composition, antifungal, antioxidant and sprout suppressant activities of coriander (*Coriandrum sativum*) essential oil and its oleoresin. Journal of Flavor and Fragrance. 21: 472-479.

Références bibliographiques

123. Sofiene Ben Kaab., Iness B. Rebey., Marwa Hanafi., Chadi Berhal., Marie L. Fauconnier., Caroline De., Clerck Riadh., Ksouri And Haissam Jijakli . 2019.*Rosmarinus officinalis* Essential oil as an effective antifungal and Herbicidal agent, Spanish Journal of Agricultural Research . 17 (2): 2171-9292.
124. Souna F., Himri I., Benabbas R., Fethi F., Chaib C., Bouakka M., Hakkou A. 2012. Evaluation of *Trichoderma harzianum* as a biocontrol agent against vascular fusariosis of date palm (*Phoenix dactylifera* L.). Aust. J. Basic & Appl. Sci, 6(5): 105 – 114.

T

125. Terfaya bouziane .2019.Etude de l'activité antifusarienne (FOA) de *Juniperus phoenicea* L de la région de Béchar ; essai in vivo sur trois cultivars de palmiers dattiers. Thèse de Doctorat, université Abou Bekr Belkiad ,165p.
126. Thoresen M.A., Hildebrand K.S. 2003. Quantitative determination of phenolic diterpenes in rosemary extracts. Aspects of accurate quantification. Journal of Chromatography A.119-125.
127. Thrane U. 2001 . Developments in the taxonomy of *Fusarium* species based on secondary metabolites. In: *Fusarium*. (Eds. Summerell B.A. , Leslie J.F. , Backhouse D. , Bryden W.L. , Burgess L.W.) , APS Press St. Paul , USA .
128. Tirichine M. 2006. Le Bayoud, fusariose vasculaire du palmier dattier Communication présentée lors du Stage sur l'habilitation des laboratoires régionaux aux diagnostics réglementaires des organismes de quarantaine, INPV .

W

129. Walter Murillo Arango., José Miguel Acevedo Ruíz., Carlos Alberto Peláez Jaramillo. 2011. Fungicidal activity of *Eucalyptus tereticornis* essential oil on the pathogenic fungus *Fusarium oxysporum*. 45(2):264-274.
130. Wichtl M., Anton R. 2003. Plantes thérapeutiques.EMI/Tec & Doc, Paris.pp. 200-202.

Références bibliographiques

131. Wu X.Z., Cheng A.X., Sun L.M., Lou H.X.2008. Effect of pligochin E, antifungal macrocyclic bis (bibenzyl), on cell wall chitin synthesis in *Candida albicans*. *Acta Pharmacol. Sin.* 12: 1478–148.
132. Wang Y.W., Zeng W.C., Xu P.Y., Lan Y.J., Zhu R.X., Zhong K., Huang Y.N., Gao H.2012. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of Kumquat (*Fortunella crassifolia* Swingle). *Int. J. Mol. Sci.*13, 3382–3393.

Z

133. Znini M., Cristofari G., Majidi L., Mazouz H., Tomi P., Paolini J., Costa J. 2011. Antifungal activity of essential oil from *Asteriscus graveolens* against postharvest phytopathogenic fungi in apples. *Nat. Prod. Commun.* 6 :1763-1768.
134. Zrira S., Benjilali B. 1991. b . Effect of drying on leaf oil production of Moroccan *E. Camaldulensis* . *J. Ess . Oil Res .* 3 (2) : 117-118 .

Annexes

Annexe(01) : composition des milieux de culture**1. Milieu PDA** (Pomme de terre Dextrose agar) (Chohan *et al.* , 2015) :

Pomme de terre	200 g
Dextrose	20 g
Agar-agar	20 g
Eau Distillée (q.s.q)	1000 ml
pH = 6	

2. Milieu CLA

Feuilles d'œillets séchées	
Agar-agar	20 g
Eau Distillée (q.s.q)	1000 ml

3. Milieu Agar 2 %

Agar-agar	20 g
Eau Distillée (q.s.q)	1000 ml
pH = 6	

Annexe(02) : l'essai *in vitro* sur la croissance mycélienne1) Cinétique de la croissance (cm) des *Fusarium oxysporum* f.sp. *albidinis*➤ *Eucalyptus globulus* :

Cinétique de la souche F1(3)

F1(3)	Témoin	14 μ L /mL	17.5 μ L/mL	19 μ L/mL
J3	4.5	0.6	0.6	0.6
J4	5.45	0.6	0.6	0.6
J5	6.4	0.8	0.6	0.6
J6	7.5	1	0.6	0.6
J7	8	1	0.8	0.6
J8	8.2	0.9	0.9	0.6
J9	8.3	1.5	1.2	0.6
J10	8.3	1.7	1.3	0.6

Cinétique de la souche F1(4)

F1(4)	Témoin	14 μ L/mL	17.5 μ L/mL	19 μ L/mL
J3	4	0.6	0.6	0.6
J4	5.4	0.6	0.6	0.6
J5	6.3	0.6	0.6	0.6
J6	7.5	0.7	0.6	0.6
J7	8	0.8	0.6	0.6
J8	8.1	0.8	0.9	0.6
J9	8.2	1	0.9	0.6
J10	8.3	1.1	0.9	0.6

Cinétique de la souche F2(2)

F2(2)	Témoin	14 μ L/mL	17.5 μ L/mL	19 μ L/mL
J3	4.9	0.6	0.6	0.6
J4	5.8	0.6	0.6	0.6
J5	7	0.6	0.6	0.6
J6	7.8	1	0.6	0.6
J7	8	1.2	0.6	0.6
J8	8.2	1.5	0.8	0.6

J9	8.2	1.6	1	0.6
J10	8.3	1.9	1.3	0.6

Cinétique de la souche B2

B2	Témoin	14 μ L/mL	17.5 μ L/mL	19 μ L/mL
J3	3.5	0.6	0.6	0.6
J4	5.1	0.6	0.6	0.6
J5	6.5	0.6	0.6	0.6
J6	7.8	0.9	0.6	0.6
J7	8	1.5	0.6	0.6
J8	8.2	1.6	0.8	0.6
J9	8.5	1.9	1	0.6
J10	8.6	2	1.2	0.6

➤ *Rosmarinus officinalis* :

Cinétique de la souche F1 (3) :

F1(3)	Témoin	20 μ L /mL	25 μ L /mL	26.5 μ L /mL
J3	3.1	0.6	0.6	0.6
J4	3.9	0.6	0.6	0.6
J5	5.4	0.8	0.8	0.6
J6	6	0.9	0.9	0.6
J7	7.5	1.2	1.1	0.6
J8	8	1.5	1.4	0.6
J9	8.3	2	1.8	0.6
J10	8.5	3.8	2	0.6

Cinétique de la souche F1 (4) :

F1(4)	Témoin	20 μ L /mL	25 μ L /mL	26.5 μ L /mL
J3	3.4	0.6	0.6	0.6
J4	4.2	0.6	0.6	0.6
J5	5.6	0.8	0.8	0.6
J6	6.2	0.9	0.9	0.6
J7	7	1.7	1.3	0.6
J8	8	2	1.9	0.6
J9	8.4	2.6	2	0.6
J10	8.6	3.2	2.9	0.6

Cinétique de la souche F2(2) :

F2(2)	Témoin	20µL /mL	25µL /mL	26.5µL /mL
J3	4.3	0.6	0.6	0.6
J4	5.2	0.6	0.6	0.6
J5	6.8	0.7	1	0.6
J6	7	1	1.5	0.6
J7	8	1.5	2	0.6
J8	8.2	2	2.8	0.6
J9	8.4	2.9	3.4	0.6
J10	8.6	3.5	4.4	0.6

Cinétique de la souche B2 :

B2	Témoin	20µL /mL	25µL /mL	26.5µL /mL
J3	4	0.6	0.6	0.6
J4	5	0.6	0.6	0.6
J5	5.9	1	0.6	0.6
J6	6.5	1.3	0.9	0.6
J7	8	1.9	1.1	0.6
J8	8.2	2.7	1.6	0.6
J9	8.3	3.6	2.2	0.6
J10	8.5	4.5	3	0.6

2) Le taux d'inhibition de l'activité antifongique d'HEs *E.globulus* et *R.officinalis* sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f.sp.*albidinis* :

HEs	Concentration en $\mu\text{L}/\text{mL}$		F1(3)	F1(4)	F2(2)	B2
<i>E.globulus</i>	TI %	14	79.51%	83.10%	77.10%	72.09%
		17.5	84.33%	89.1%	84.33%	86.04%
		19	89.15%	92.7%	92.7%	93.02%
<i>R.officinalis</i>	TI%	20	55.29%	62.79%	59.30%	47.05%
		25	76.47%	66.27%	48.83%	64.70%
		26.5	92.94%	93.02%	93.05%	92.94%
<i>Témoin</i>	TI %		0	0	0	0

Annexe(03) : l'essai *in vitro* sur la germination des spores

- Le taux d'inhibition de l'activité antifongique d'HEs *E.globulus* et *R.officinalis* sur la germination des spores de *Fusarium oxysporum* f.sp.*albidinis* :

HEs	Concentration en $\mu\text{L}/\text{mL}$		F1(3)	F1(4)	F2(2)	B2
<i>E.globulus</i>	TI %	14	95%	85%	81%	93%
		17.5	98%	88%	91%	98%
		19	95%	92%	98%	100%
<i>R.officinalis</i>	TI%	20	94%	99%	93%	97%
		25	98%	97%	94%	96%
		26.5	95%	100%	97%	98%
<i>Témoin</i>	TI %		0	0	0	0