



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DE BLIDA 1
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES

LABORATOIRE DE RECHERCHE EN BIOTECHNOLOGIE DES PRODUCTIONS
VÉGÉTALES (LBPV)



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention
du diplôme de Master Académique en Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Phytopharmacie et protection des végétaux

**Etude du pouvoir antifongique d'une huile essentielle
formulée de *Juniperus oxycedrus* L. sur la fusariose
vasculaire du palmier dattier.**

Soutenu :17 juillet 2019

Présenté par : Ghouali Afifa

Ghouali Selma

Devant le jury composé de :

M ^{me} REMINI	Louiza	M.C.B	U. Blida 1	Présidente
M ^{me} BABA-AISSA	Karima	M.A.A	U. Blida 1	Promotrice
M ^{me} ALLAL	Lila	Professeur	U. Blida 1	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2018/2019

Remerciements

Nos vifs remerciements sont en premier lieu pour Allah pour nous avoir protégées, guidées et orientées durant toute notre vie et tout au long de notre parcours universitaire, à LUI nous croyons et à son destin nous admettons.

A Madame Moussaoui Karima, Maitre assistante (B), à la Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, pour avoir accepté de nous encadrer et auprès de laquelle on a trouvé un soutien constant. Toujours prête à nous écouter, guider, nous orienter et nous motiver par ces conseils. Elle n'a pas cessé tout au long de ce travail de nous faire profiter de son expérience enrichissante.

A Madame Remini Louiza, Maitre de conférences (B), à la Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, pour nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence du jury de thèse. Nous viennent à vous présenter nos respectueux hommages et tout sincère reconnaissance .

A Madame Allal Lila, professeur, à la Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, pour avoir accepté de siéger avec grande sympathie au jury de thèse et de juger ce travail en tant qu'une examinatrice. Nous viennent à vous présenter nos respectueux hommages et tout sincère reconnaissance.

A Monsieur Moussaoui Kamel pour sa disponibilité, son aide et ses encouragements malgré sa charge pédagogique.

A Monsieur Djazouli Zabr Eddine, professeur, à la Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, pour son encouragement, son aide pour sa contribution dans le volet statistique.

A Monsieur Bliidi Mahmoud qui nous a beaucoup aidé.

A madame kraimi zoulkha, professeur a laboratoire de phytopathologie, madame selma et le monsieur Guasem abdellkader qui ont mis à notre disposition tout le nécessaire afin de réussir ce projet.

Au regrette Monsieur Aroun Mouhamed El Fodhil, professeur à la Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, pour nous avoir encouragé et soutenu durant tout

notre parcours universitaire avec dévouement et sincérité. On lui rends hommage aussi pour avoir consacré sa vie à former des générations d'hommes et des femmes en sciences agronomique et biologique.

Au personnel du laboratoire de biotechnologie, laboratoire de la valorisation des plantes et laboratoire phytopathologie, Madame Djamai Amina, Madame Flita Karima et Madame Djamila pour leurs aide et leurs participation a ce travail.

A ma promotion de Master 2018/2019, à tous ceux et celles qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

A la mémoire de notre père ; Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que nous avons toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour notre éducation et bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que vous avez consentis pour notre formation.

A notre très chère mère ; Affable, honorable, aimable. Vous représentez le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de nous encourager.

Tes sacrifices, ton soutien moral et matériel, ta gentillesse sans égal, ton profond attachement nous a permis de réussir. Sans votre aide, conseils et encouragements ce travail n'aurait vu le jour. Que dieu réunisse nos chemins pour un long commun serein et que ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.

A nos chers frères, a notre sœur, à notre belle-sœur, notre beau-frère, nièces et neveu nous vous dédions ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A nos tantes, nos oncles et nos cousines.

A tous.

Etude du pouvoir antifongique d'une huile essentielle formulée de *Juniperus oxycedrus* L. sur la fusariose vasculaire de palmier dattier .

RESUME

Ces dernières décennies, les substances phytochimiques telles que les huiles essentielles des plantes sont reconnues comme ayant une activité biologique importante contre les champignons. Elles sont décrites également comme méthode alternative aux produits chimiques de synthèse.

L'objectif de ce présent travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des substances naturelles à travers l'étude des huiles essentielles ; cependant, il consiste à estimer l'activité antifongique, dans les conditions de laboratoire, d'une huile essentielle formulée de *Juniperus oxycedrus* L., issue de la région de Tagdemt (Tiaret), à étage bioclimatique semi-aride sur l'agent causal de la fusariose vasculaire du palmier dattier *Fusarium oxysporum f.sp albedinis*.

Comparativement aux témoins, les résultats obtenus ont montré que tous les traitements du bioproduit formulé à base *Juniperus oxycedrus* L. ont eu un effet inhibiteur de la croissance mycélienne. Cependant, la forte dose (D1 = 0,2g / 20ml) se révèle la plus efficace avec un taux $\approx 58\%$, suivie de la moyenne dose (D2 = 0,14g / 20 ml) avec un taux de $\approx 53\%$ et enfin la plus faible dose (D3 = 0,08g / 20ml) en affichant un taux d'inhibition de $\approx 50\%$.

Par ailleurs, la reprise de la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum f.sp albedinis* enregistrée après deux jours d'incubation nous démontre que l'huile essentielle formulée de *Juniperus oxycedrus* a une action fongistatique et non fongicide.

Mots clés : activité antifongique, formulation, *Fusarium oxysporum f.sp albedinis* huile essentielle, *Juniperus oxycedrus* L.

Study of the antifungal power of an essential oil which consists of *Juniperus oxycedrus* L. on vascular *Fusarium* wilt of date palm.

ABSTRACT

In the last decades, phytochemicals such as plant essential oils have been recognized as having significant biological activity against fungi. They are also described as an alternative method to synthetic chemicals.

The purpose of this present work is valorizing the natural substances through the study of essential oils; however, it consists of estimating the antifungal activity, under laboratory conditions, of an essential oil containing *Juniperus oxycedrus* L., from the region of Tagdemt (Tiaret), with a semi-arid bioclimatic layer on the causal agent. of *Fusarium* wilt of the date palm *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*. According to controls, the results obtained showed that all treatments of the *Juniperus oxycedrus* L.-based bioproduct had an inhibitory effect on mycelial growth. However, the high dose (D1 = 0.2g / 20ml) is the most effective one with a rate \approx 58%, followed by the average dose (D2 = 0.14g / 20ml) with a rate of \approx 53% and finally the lowest dose (D3 = 0.08g / 20ml) with an inhibition rate of \approx 50%.

Furthermore, the reprise of mycelial growth of *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* recorded after two days of incubation shows us that the essential oil which is composed of *Juniperus oxycedrus* has a fungistatic and non-fungicidal action.

Key words: antifungal activity, formulation, *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* essential oil, *Juniperus oxycedrus*.L.

دراسة القدرة المضادة للفطريات لزيت عطري من مستخلص *Juniperus oxycedrus* على ذبول الفيوزاريوم من نخيل التمر

ملخص

في العقود الأخيرة ، تم التعرف على المواد الكيميائية النباتية مثل الزيوت الأساسية النباتية على أنها نشاط بيولوجي كبير ضد الفطريات. كما أنها توصف بأنها طريقة بديلة للمواد الكيميائية الاصطناعية.

الهدف من هذا العمل الحالي هو في سياق تثمين المواد الطبيعية من خلال دراسة الزيوت الأساسية ؛ ومع ذلك ، فإنه يتكون من تقدير النشاط المضاد للفطريات ، في ظل ظروف المختبر ، من زيت أساسي يتكون من *Juniperus oxycedrus L* ، من منطقة Tagdemt (تيارت) ، مع طبقة مناخية شبه قاحلة على العامل السببي. من ذبول الفيوزاريوم من نخيل البلح *Fusarium oxysporum f.sp albedinis*

مقارنةً بالضوابط ، أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن جميع معالجات المستحضر الحيوي المستخرج من *Juniperus oxycedrus L* كان لها تأثير مثبط على نمو النخاع. ومع ذلك ، فإن الجرعة العالية ($D1 = 0.2g / 20ml$) هي الأكثر فعالية بمعدل $\approx 58\%$ ، تليها الجرعة المتوسطة ($D2 = 0.14g / 20ml$) بمعدل $\approx 53\%$ وأخيرا أقل جرعة ($D3 = 0.08g / 20ml$) مع معدل تثبيط $\approx 50\%$.

الإضافة إلى ذلك ، فإن الانتعاش من نمو الخلية الفطرية لأكسدة الفطر *Fusarium oxysporum f.sp albedinis* المسجلة بعد يومين من الحضانة يدل على أن الزيت العطري المستخلص من *Juniperus oxycedrus* له تأثير فطري وغير مبيد فطري.

الكلمات المفتاحية: نشاط مضاد للفطريات ، صياغة ، *Fusarium oxysporum f.sp albedinis* ، من الضروري النفط ، *Juniperus oxycedrus.L*

Sommaire

DEDICACE	I
REMERCIEMENTS	II
RESUMES	III
SOMMAIRE	
LISTES DES TABLEAUX	
LISTES DES FIGURES	
LISTE DES ABREVIATIONS	
INTRODUCTION	1

Première partie: Analyse bibliographique.

CHAPITRE I: Les protagonistes.

I.1. LE PALMIER DATTIER	3
I.1.1. Importance de la culture du palmier dattier dans le monde et en Algérie	3
I.1.2. Ecologie du palmier dattier	4
I.1.3. Répartition géographique de la culture du palmier dattier	5
I.1.4. Contraintes de la culture du palmier dattier	6
I.1.5. Ravageurs du palmier dattier	6
I.1.5.1. La Cochenille blanche (<i>Parlatoria blanchardi</i> Targ)	6
I.1.5.2. Le Ver de dattes (<i>Ectomyelois ceratoniae</i> Zeller)	6
I.1.5.3. Le Boufaroua (<i>Olygonychus afrasiaticus</i>)	6
I.1.6. Maladies parasitaires	7
I.1.6.1. Le "khamedj" (<i>Mauginiella scaetae</i>)	7
I.1.6.2. La maladie des feuilles cassantes	7
I.1.6.3. La tracheomycose du palmier dattier ou el bayoud	7
I.2. LA MALADIE DU BAYOUD	7
I.2.1. Origines et distribution géographique du Bayoud	7
I.2.2. Biologie et pathogénicité du <i>F.o.a.</i>	8
I.2.3. Symptômes de la maladie	10
II.2.3.1. Symptômes externes	11
II.2.3.2. Symptômes internes	12
I.3. <i>Fusarium oxysporum f.sp albedinis</i>	14
I.3.1. La position systématique	14
I.3.2. Les formes spécial de <i>Fusarium oxysporum f.sp albedinis</i>	14
I.3.3. Caractères physiologique et morphologique du champignon	16
I.3.4. Les moyens de lutte	16
I.3.4.1. Mesures prophylactiques	16
I.3.4.2. Lutte chimique	16
I.3.4.3. Lutte génétique	17
I.3.4.4. Lutte biologique	17

CHAPITRE II : Les biopesticides

II.1. Importance des biopesticides.....	19
II.2. Les huiles essentielles.....	20
II.2.2. Intérêt des huiles essentielles.....	20
II.2.3. Propriétés physiques et chimiques des huiles essentielles.....	21
II.2.4. Répartition et localisation des huiles essentielles dans la plante.....	21
II.2.5. Composition chimiques des huiles essentielles.....	22
II.2.6. Méthodes d'extraction des huiles essentielles.....	23
II.2.6.1. Extraction par entrainement a la vapeur d'eau.....	23
II.2.6.2. Extraction par hydro distillation d'huile essentielle.....	24
II.2.6.3. Expression a froid.....	24
II.2.7. Intérêt de la formulation.....	24
II.3. <i>Juniperus oxycedrus L.</i> : plante a huile essentielles.....	25
II.3.1. Répartition de l'espèce <i>Juniperus oxycedrus</i>	25
II.3.2. Taxonomie et description botanique de <i>Juniperus oxycedrus L.</i>	26
II.3.3. Métabolites secondaires de <i>Juniperus oxycedrus L.</i>	27
II.3.3.1. Composes phénoliques.....	27

Deuxième partie : Matériel et méthodes .

Chapitre III : Matériel et méthodes

Objectif.....	29
III.1. Situation géographique des régions de récolte de la plante.....	29
III.2. Synthèse climatique.....	30
III.2.1. Diagramme ombrothermiques.....	30
III.2.2. Climagramme d'Emberger.....	31
III.3. Matériel et activité biologiques.....	32
III.3.1. Matériel végétal et extraction par hydro distillation.....	32
III.3.1.2. Formulation du bioproduit.....	34
III.3.2. Matériel fongique et activité antifongique.....	34
III.3.2.1. Préparation du milieu de culture microbiologique Potato dextrose agar (PDA).....	34
III.3.2.2. Matériel fongique.....	35
III.3.2.3. Préparation des dilutions pour les tests de l'activité antifongique.....	36
III.3.2.4. Activité antifongique.....	37
III.4. Exploitation des données.....	40
III.4.1.1. Calcul du rendement.....	40
III.4.1.2. Détermination de l'indice antifongique (Taux d'inhibition %)......	41
III.4.1.3. Détermination de la vitesse de la croissance mycélienne.....	41
III.4.2. Analyses statistiques des données.....	41

Troisième partie : RESULTATS ET DISCUSSION.

CHAPITRE IV : Résultats.

IV.1. Rendement d'extraction.....	42
IV.2. Evaluation de l'activité antifongique.....	42
IV.2.1. Effet compares des doses sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> <i>f.sp albedinis</i>	43
IV.2.2. Test de WILCOXON des doses étudiées sur la croissance mycélienne.....	44
IV.3. Comparaison de la vitesse de croissance mycélienne des doses dans le temps.....	45
IV.4. Effets compares des taux d'inhibition des doses de l'huile essentielles formulée dans le temps.....	46

CHAPITRE V : Discussion.

V.1. Rendement d'extraction	51
V.2. Estimation de l'activité antifongique de l'huile essentielle formulée de <i>Juniperus oxycedrus</i> L. sur <i>Fusarium oxysporum f.sp albedinis</i>	51

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	54
---	-----------

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Introduction

Introduction

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est l'une des plantes la plus anciennement cultivée et la plus adaptée aux zones arides et semi-arides du globe. Cet arbre constitue le pivot central autour duquel s'articule la vie dans les oasis sahariennes où il crée un milieu favorable aux activités des habitants des régions désertiques et de leurs cheptels. Ecologiquement, il joue un rôle important dans la protection des oasis contre les influences désertiques comme, par exemple, le rayonnement solaire intense, la sécheresse de l'air, les vents chauds, ... etc. En outre, il crée un microclimat favorable au développement de nombreuses spéculations agricoles sous jacentes telles que les cultures céréalières, maraichères, fourragères et arboricoles (ABED et *al.*, 2006) .

Sur le plan économique, l'exploitation du palmier dattier constitue une entrée de devises appréciable pour les pays producteurs et également une source de revenus non négligeables pour les agriculteurs et les habitants des oasis. Par ailleurs, les dattes constituent la base de l'alimentation de ces derniers.

La présence des agents phytopathogènes dans l'environnement peuvent causer des dommages sévères, qu'il s'agisse des bactéries, champignons ou virus, les dégâts peuvent atteindre la destruction totale des cultures.

La culture du palmier dattier est cependant menacée par une maladie destructive appelée communément "bayoud" dont l'agent causal est un champignon tellurique: *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Killian & Maire) W. L. Gordon.

Depuis son apparition au début du XIX^{ème} siècle, cette maladie a causé des pertes considérables dans les oasis du sud marocain et du sud ouest algérien (DJERBI, 1988 ; SEDRA, 2003) où elle a détruit environ 20 millions d'arbres (FREEMAN et MAYMON, 2000).

Il est à remarquer que tous les cultivars Nord-Africains de haute qualité dattière comme, par exemple, Mejhoul, Bou Feggous, Deglet Nour, ... etc. sont sensibles à cette maladie. C'est ainsi qu'au Maroc, la variété Mejhoul a subi des pertes considérables à cause de sa grande sensibilité à l'égard du "bayoud".

En Algérie, la variété Deglet Nour qui est destinée à l'exportation et qui est classée comme l'un des meilleurs cultivars commerciaux à l'échelle mondiale est actuellement menacée par le "bayoud". Les riches palmeraies de l'est algérien où la variété Deglet Nour occupe 45% du verger phoenicicole (ABED et *al.*, 2006) sont actuellement menacées par le "bayoud".

Les stratégies de lutte utilisées contre les maladies vasculaires causées par les pathogènes telluriques sont très limitées ou quasi inexistantes (EL HASSNI et *al.*, 2007). En ce qui concerne la lutte contre le bayoud, plusieurs stratégies ont été déployées. La lutte chimique par éradication du *F.o.a.* à l'aide de fumigants (bromure de méthyle et chloropicrine) est efficace, cependant cette méthode ne peut être envisagée à cause du coût élevé des traitements, du risque de pollution de l'environnement oasien et de la difficulté de détruire la totalité du parasite qui peut vivre à une profondeur d'environ 1 mètre dans le sol (SEDRA, 2003)

A cet égard, les chercheurs sont de plus en plus à la recherche d'alternatives moins dangereuses, comme l'exemple des pesticides d'origine végétale plus respectueuse de la santé des êtres humains et de l'environnement. Ces biopesticides répondent aux exigences économiques, toxicologiques et écologiques. Cette forme de bioprotection consiste en l'utilisation d'extraits végétaux pouvant contrer la croissance des agents phytopathogènes.

Des études dans ce sens ont abouti à des résultats satisfaisants (Ajouz, 2009 ; Biabiany, 2012). L'utilisation des extraits de végétaux doués d'activités antifongiques est actuellement parmi les voies intéressantes pour réduire les pertes dues aux agents pathogènes et permet de remplacer les composés chimiques de synthèse (fongicides). En plus de la valorisation de la flore Algérienne, c'est dans ce contexte que nous avons entrepris notre étude afin de trouver des solutions permettant de pallier à ce fléau.

Cependant, l'objectif du travail est d'estimer dans les conditions de laboratoire le pouvoir antifongique d'une huile essentielle formulée à base de *Juniperus oxycedrus* L issue de la région de Tagdemt (Tiaret) sur la souche *Fusarium oxysporum f.sp albedinis* en fonction du temps d'exposition, à savoir 2, 4 et 8 jours et de trois doses appliquées D1, D2 et D3 se traduisant par le taux d'inhibition de la croissance mycélienne du champignon.

Première partie

Synthèse bibliographique

I.1. Le palmier dattier

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*), est l'élément essentiel de l'écosystème oasien des régions sahariennes et pré-sahariennes. Sa distribution géographique est assez large dans l'hémisphère Nord. Cette espèce fruitière est connue pour sa tolérance aux conditions climatiques extrêmes d'aridité et de continentalité (Munier, 1973). Il permet la création d'un milieu typique favorable à la pratique d'autres cultures sous-jacentes (arboricoles, céréalières, maraichères) garantissant ainsi une certaine autonomie économique du milieu oasien. En outre, les diverses utilisations du palmier dattier et de ses produits dans la vie des habitants des oasis montrent le rôle primordial qu'il tient dans ces régions (Munier, 1973).

I.1.1. Importance de la culture du palmier dattier dans le monde et en Algérie

La culture du palmier dattier représente une spéculation de subsistance extrêmement importante dans la plupart des régions désertiques. Indépendamment de la valeur énergétique des dattes, plus de 130 usages de ces dernières ont été recensés. Le nombre de palmiers dans le monde peut être estimé à plus de 100 millions d'arbres répartis essentiellement au Proche-Orient et en Afrique du Nord (FAO, 2007). L'Algérie a un effectif de plus de 16 millions de palmiers, dont plus de 4 millions de la variété Deglet Nour (Anonyme, 2006).

La production de dattes génère une importante activité commerciale et constitue une source de devises appréciables pour les pays producteurs. Cette production est principalement localisée dans les régions arides du nord de l'Afrique (Égypte, Algérie, Libye, Maroc, Tunisie, Soudan) et du sud-ouest de l'Asie (Iran, Arabie Saoudite, Iraq, Pakistan, Emirats Arabes Unis, Oman, Yémen, Qatar, Bahreïn, Jordanie). Le rendement moyen mondial pour l'année 2004 était estimé à 5.353.090 tonnes et de 58,264 q/ha pour l'année 2005 provenant de 34 pays (FAO, 2004 ; FAO, 2007).

Bien qu'une partie de la production mondiale de la datte soit autoconsommée, il existe un grand marché d'exportation estimé à 512.829 tonnes, notant que la France et l'Inde, sont les plus grands importateurs de dattes (FAO, 2004). Avec cette production mondiale, le palmier dattier compte parmi les principales productions fruitières tropicales et subtropicales.

L'Algérie se place au sixième rang des producteurs de dattes avec une production de près de 552 765 tonnes en 2008 (FAO, 2010). Le nombre total des palmiers au monde est d'environ 100 millions; en Algérie, le nombre est de 9 millions couvrant une superficie de 87 000 ha (FAO, 2002).

Parmi les variétés cultivées, c'est « Deglet Nour » qui est la plus appréciée tant sur le marché national que pour l'exportation.

L'Algérie est également le deuxième producteur mondial de Deglet Nour. En Europe, elle est au deuxième rang des fournisseurs avec 9 800 tonnes (19% des dattes importées en Europe) (FAO, 2000).

Pays	Quantité de production (1000 tonnes)	(%)
Monde	5 087	100%
Méditerranée	2 075	41%
Egypte	1 170	23%
Iran	997	20%
Arabie Saoudite	970	19%
Algérie	516	10%
Pakistan	497	10%
Soudan	328	6%
Libye	181	4%
Chine	130	3%
Tunisie	125	2%
Maroc	48	1%

Tableau 1 : Production mondiale des dattes (FAO, 2007).

I.1.2. Ecologie du palmier dattier

Le palmier dattier à l'inverse de certaines *Arecaceae* ne vit pas en région tropicale humide, mais en région subtropicale sèche, valable pour les palmeraies algériennes. Il vit spontanément dans la plupart des régions du vieux monde où la pluviométrie est inférieure à 100 mm par an. Il a été introduit dans de nombreuses autres régions notamment en Argentine, au Brésil, en Afrique du Sud, aux USA, etc. Malgré, cette adaptation aux zones sèches, le palmier ne peut vivre sans eau souterraine disponible et/ou sous irrigation. Il est donc considéré comme une plante phréatophyte et héliophile. Il peut encore vivre et être productif en altitude, comme dans les oasis du plateau du Tassili et du Tibesti qui atteignent 1000 à 1500 m d'altitude (Munier, 1973).

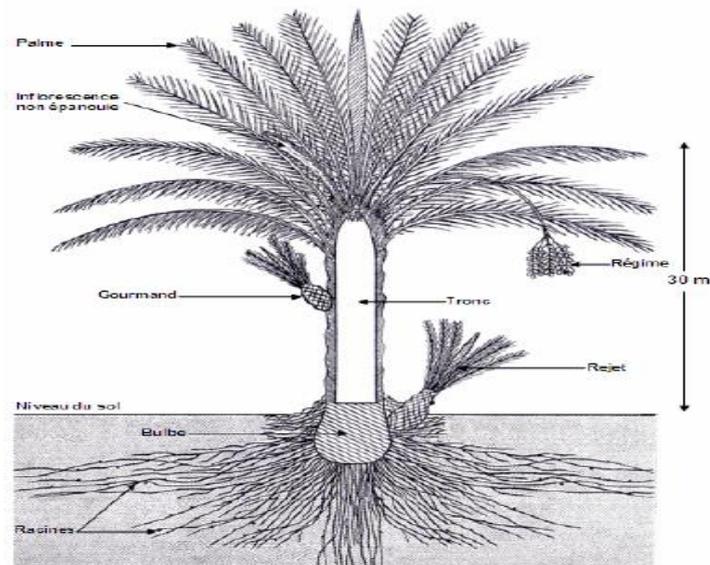


Figure 1: schéma du palmier dattier (Munier, 1973)

I.1.3. Répartition géographique de la culture du palmier dattier

Le palmier dattier était primitivement cultivé dans les zones arides et semi-arides chaudes de l'ancien monde. Par la suite, il fut propagé en dehors de son aire d'extension et de culture (Munier, 1973). Le patrimoine phoenicicole de l'Afrique du Nord est estimé à 26% du total mondial.

En Algérie, le palmier dattier constitue la principale culture au Sahara algérien entre 25° et 35° latitude Nord (Figure 2). Il occupe toutes les régions situées au Sud de l'Atlas saharien, depuis la frontière marocaine à l'Ouest jusqu'à la frontière tuniso-libyenne à l'Est (Djerbi, 1988), sur une superficie de 154.372 ha (FAO, 2007). Plus de 940 cultivars de dattiers sont inventoriés pour 16,5 millions de palmiers dattier (Anonyme, 2006).

I.1.6. Maladies parasitaires

I.1.6.1. Le “khamedj ” (*Mauginiella scaetae*) : ou pourriture de l'inflorescence est une pourriture qui est due a un champignon. Cette maladie atteint les inflorescences et peut causer beaucoup de dégâts. On lutte contre cette maladie par des produits cupriques (Abdellah, 1990).

I.1.6.2. La Maladie des feuilles cassantes: à laquelle se trouve confronter le palmier dattier commence à prendre des proportions alarmantes. Cette maladie dont la cause demeure encore indéterminée a été découverte en Tunisie (Takrouni et *al.*,1988; Triki et *al.*, 2003). Par la suite, elle a été signalée en Algérie dans les régions d'Adrar et du M'zab (Djerbi, 1983). Récemment, sa présence a été confirmée avec certitude dans la région de Biskra (Saadi et *al.*, 2006).

I.1.6.3. La tracheomycose du palmier dattier ou el bayoud : est la principale maladie cryptogamique qui attaque le palmier dattier. Elle est causée par *Fusarium oxysporum f.sp albendis (Foa)* qui provoque des dégâts importants dans les palmeraies marocaines et algériennes (Djerbi, 1988;Fernandez et *al.*,1995).

I.2. La maladie du bayoud

Le bayoud vient du mot arabe « Bayadh » désignant la couleur blanche que prend la palme atteinte (Ploetz, 2003). C'est une maladie très destructrice des palmeraies en Algérie et au Maroc. C'est un réel danger pour les autres régions phoenicicoles. Il est spécifique du palmier dattier mais fait partie d'un groupe de 80 maladies semblables, les fusarioses vasculaires, provoquées par différentes souches de la même espèce de champignon du sol *Fusarium oxysporum SCHLECHT.* (Louvet, 1991).

I.2.1. Origines et distribution géographique du Bayoud

Le Bayoud fut observé pour la première fois vers 1870 dans la vallée du Draa au nord de Zagora et il a ensuite progressé vers l'ouest et surtout vers l'est en suivant les cordons des palmeraies (Pereau-Leroy, 1958) (Figure 5). En 1898, ce fléau atteint les palmeraies de Figuig et Béni Ounif situées côte à côte des deux côtés de la frontière algéro-marocaine (Pereau-Leroy, 1958). Entre 1920 et 1950, la maladie a contaminé les palmeraies du Sud algérien, puis durant la période 1960-1978, elle a gagné des palmeraies du centre de Sud algérien, la région de Mzab et El Goléa (Djerbi, 1982).

Certains travaux montrent qu'il existe à la surface des racines des lectines, de glycoprotéines ou de glycolipides intervenant dans les phénomènes de reconnaissance entre hôte et parasite (Rahmania, 1988). Toutefois, il a été signalé que toutes les variétés de palmier dattier portent au niveau des racines des pneumatodes qui constituent la porte d'entrée du *F.o.a.* La structure de ces pneumatodes varie en fonction des variétés ou il s'est avéré que le *F.o.a.* les pénètre plus facilement chez la variété sensible Deglet noir (Belarbi, 1988).

Lors de la pénétration, des hyphes spécialisés sont mis en place ; la surface des hyphes émet des branches qui se caractérisent par leur diamètre réduit à comparé avec le mycélium. La dégradation de la paroi cellulaire peut être important pour le pathogène non seulement pour l'extension du processus de pénétration suivit de la ramification à l'intérieur du tissu de la plante mais également pour la libération, à partir des polysaccharides de la paroi, des éléments nutritifs nécessaires à la croissance du champignon (Recorbet et *al.*, 2003).

L'introduction du champignon *F.o.a.* et sa production de toxines telles que l'acide fusarique, acide succinique, 3-phenyl acide lactiques et leurs dérivés, les toxines peptidiques et marasmines (El Hadrami, 2005) entraînent une fièvre, un déséquilibre du métabolisme. Puis un grand développement du champignon se produit dans les vaisseaux conducteurs de la sève, ou le champignon arrive à boucher les vaisseaux du xylème (Rahmania, 1988) : en libérant les conidies qui vont germer et former à nouveau un mycélium sporulant, véhiculés vers le haut par la sève montante. microconidies que macroconidies en sont responsables, cependant, la présence des macroconidies est prépondérante dans les tissus de l'hôte (Mace et *al.*, 2012). D'autre part une thyllose est manifestée suite à l'expansion vésiculaire des cellules adjacentes du parenchymes jouant un rôle important dans la résistance mécanique (El Modafar, 2010), ce qui entraîne d'avantage un ralentissement de la montée de la sève (Rahmania, 1988) puis un arrêt de l'alimentation en sève des palmes et le bourgeon terminal est en final affecté (Sedra, 2011) ; ainsi tous les organites cellulaires sont petits à petits dégradés, les mitochondries n'ont plus structure normale, et les chloroplastes subissent une vacuolisation avec des dépôts de lipides et de ferritine, la membrane plasmidiale est toute a fait creuvée, et ceci se manifeste au dernier stade de la maladie. Au stade ultime de la maladie, la cellule est totalement vidée, il ne reste que la paroi pecto-cellulosique (Rahmania, 1988).

Le champignon qui se développe à partir du système vasculaire dans les cellules du parenchyme adjacentes produisant d'importantes quantités de conidies et de chlamydo-spores, ainsi ; Le pathogène survie dans les débris de dattier infecté dans le sol, sous toutes ses formes végétatives, mycélium et spores. La forme qui demeure la plus fréquente est le chlamydo-spore (Agrios, 1997).

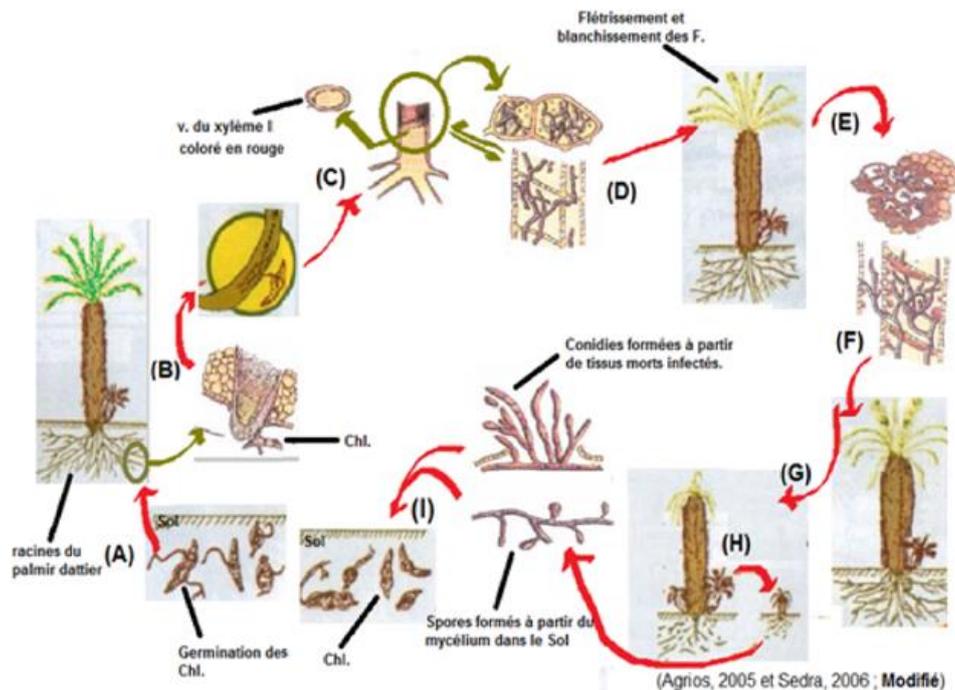


Figure 4 : Cycle infectieux de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, agent causal de la maladie du Bayoud. (Modification apportée depuis Agrios, 2005 ; Sedra, 2006)

(Chl : chlamydospore. V : vaisseaux vasculaires. F. feuilles ou fronde du dattier. Xylème I. : Xylème primaire)

(A) : infestation des racines par le champignon ; (B) : Pénétration et envahissement du champignon des vaisseaux vasculaires de racines ; (C) : Mycélium et conidies dans les vaisseaux du xylème ; (D) : Apparition des symptômes caractéristiques de la maladie ; (E) : Etat avancé de la maladie ou le champignon bouche les vaisseaux vasculaires de part sa propagation et la formation de gommages (thyllose) ; (F) : Palmier dattier à un état avancé de l'infection ; (G) : Mort du palmier dattier ; (H) : détérioration des parties infectées de l'arbre et dissémination du champignon, dans le sol ; (I) : Cycle saprophyte du champignon dans le sol.

I.2.3. Symptômes de la maladie

les symptômes du bayoud causés par *F.o.a* sont en relation avec l'envahissement du bois ou « tranchées » (Messiaen et al., 1991). Cette maladie attaque les palmiers à tous les stades de croissances, matures et moins jeunes, ainsi que leurs ramifications basales (Djerbi, 1982; Sedra, 2006).

I.2.3.1. Symptômes externes

II.3.1.1. Les symptômes externes sur le feuillage

A. Les symptômes typiques

Le premier symptôme perceptible de la maladie, apparaît sur une ou plusieurs feuilles de la couronne moyenne (figure 5). La fronde affectée prend une teinte de plomb (gris cendré), puis commence à se faner. Certaines épines situées sur un côté de la fronde deviennent blanches, puis, Le flétrissement progresse vers le haut à partir de la base jusqu'au sommet. De l'autre côté de la fronde, le flétrissement progresse du sens inverse jusqu'à ce que la fronde soit entièrement desséchée et détruite. Ensuite, une strie brune apparaît en longueur sur la face dorsal du rachis en avançant de la base jusqu'à la pointe de la fronde, correspondant au passage du mycélium dans les faisceaux vasculaires du rachis. Ce processus peut s'étendre sur plusieurs jours. La même succession de symptômes commencent à apparaître sur les feuilles adjacentes ou opposées jusqu'au cœur. Le bourgeon terminal reste dressé et vert, par la suite il sera atteint puis meurt, les frondes prennent un aspect arqué qui ressemble à une plume humide, puis elles se pendent au long du tronc (figure 9). Au niveau des rejets basaux, les symptômes.



Figure 5 : Premiers symptômes typiques du Bayoud (première fronde de la couronne moyenne affectée) (Hakkou et *al.*, 2012)

B. Les symptômes atypiques

Parfois, les symptômes se développent différemment (figure 6). Il se peut, par exemple, que la coloration brune apparaisse au milieu du rachis et que les folioles se dessèchent de l'apex vers la base, des deux côtés à la fois. D'autres variations peuvent survenir aussi ; un jaunissement généralisé pourrait être repéré avant l'apparition des symptômes typiques, principalement durant l'automne et l'hiver. (Djerbi, 1982 ; Hakkou et *al.*, 2012)



Figure. 6 : Symptômes atypiques du Bayoud (Sedra, 2006).

(A) et (B) : Fronde symptomatique, flétrissement et brunissement du rachis avec des feuilles maintenues vertes. (C) : Apparition des premiers symptômes sur la partie haute du dattier plutôt que sur le centre .

II.3.1.2. Les symptômes externes sur les racines

Le système racinaire présente quelques racines de couleur brun- rougeâtre, accentuée avec des zones où le tissu est en décomposition. Cette couleur est due à la pénétration du champignon dans l'arbre. (Sedra, 2006 ; Boulenouar et *al.*, 2009). A noter que, les symptômes sur pédoncules, fleurs ou fruits n'ont jamais été signalés (Boulenouar et *al.*,2009).De plus, il faut rappeler qu'un dattier qui ne présente pas de symptômes n'est pas exempt d'une infection déjà installée par *F.o.a.*

II.3.2. Les symptômes internes

Les racines malades correspondent à plusieurs groupes de faisceau vasculaires du stipe qui ont pris une coloration brun-rougeâtre, de même que le parenchyme et le sclérenchyme environnants d'ailleurs (figure 7). Vers la base du stipe, les taches sont larges et nombreuses. Au cours de leur ascension dans l'arbre, les faisceaux vasculaires colorés (figure 7 et 8) se séparent et leurs chemins tortueux, à l'intérieur des tissus sains, peuvent être suivis.

Les frondes qui manifestent des symptômes externes ont une couleur brun rougeâtre et des faisceaux vasculaires très colorés quand on les coupe. Il y a donc continuité des symptômes vasculaires qui existent depuis les racines jusqu'aux feuilles apicales du palmier. (Boulenouar et *al.*, 2009).



Figure 7 : Coupe transversale au niveau central d'un tronc d'un dattier atteint du bayoud qui illustre la coloration rouge des tissus vasculaire (Djerbi, 1982)

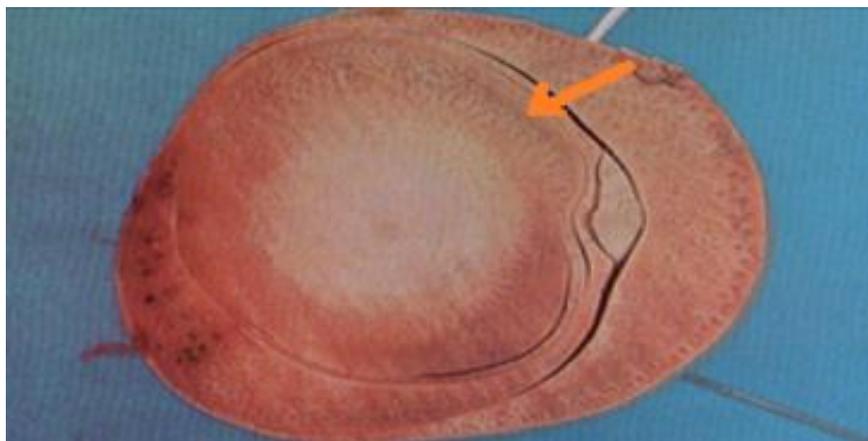


Figure 8 : Coupe transversale au niveau de l'apex du tronc d'un dattier atteint du bayoud qui montre l'impact du F.o.a sur certains vaisseaux (Djerbi, 1982)



Figure 9 : Stade final de la maladie (Hakkou et al. 2012).

La mort du palmier peut survenir de six mois jusqu'à quelques années après l'apparition des premiers symptômes de la maladie (Sedra, 2006). L'évolution des symptômes dépend de la variété du dattier ainsi que des conditions de plantation (Boulenouar et al., 2009).

I.3. L'agent causal *Fusarium oxysporum f.sp albedinis*

Fusarium spp. est un groupe de champignons filamenteux, imparfaits, considéré comme l'un des genres les plus variés et adaptables dans le règne des Eumycota (Maheshwari et Dubey, 2008 ; Fourie et al., 2011). Les espèces de *Fusarium* sont des agents pathogènes des plantes causant des maladies à coup économique important (Fravel et al., 2003).

Les espèces de *Fusarium* sont souvent considérées comme des champignons telluriques en raison de leur abondance dans le sol et leur association fréquente avec les racines des plantes, soit comme des parasites ou saprophytes. Cependant, beaucoup ont des moyens actifs ou passifs de dispersion dans l'atmosphère (Nelson et al., 1994).

I.3.1. La position systématique

Selon (Nelson, 1983):

Classe : Deuteromycetes

Ordre : Moniliales

Famille : Tuberculariace

Genre : *Fusarium*

Espèce : *oxysporum*

I.3.2. Les formes spéciales de *Fusarium oxysporum f.sp albedinis*

Le *Fusarium oxysporum* fait partie du groupe des champignons imparfaits chez lesquels la phase sexuée n'existe pas ou, du moins, n'a jamais été observée. Ce champignon ne se multiplie donc que par voie végétative ou par l'intermédiaire de spores asexuées, conduisant à des descendance de types clonal (Assigbetse, 1993). Cette espèce produit trois types de spores asexuées :

- Les microconidies sont sphériques ou allongées, légèrement courbées, unicellulaires généralement, hyalines, 3-15 x 3-5 μm ; elles sont produites par des microphialides, enflées à la base et pointues à l'extrémité (Djerbi, 1983 ; IMI, 1994).
- Les macroconidies falciformes, souvent triseptées, 20-35 x 3-5 μm (Djerbi, 1983 ; IMI, 1994). Elles sont allongées, plus ou moins arquées, amincies aux deux extrémités, se présentent sous forme de fuseau cloisonné transversalement. Elles sont produites par des conidiophores (monophialides) ramifiés en sporodochies ou par le mycélium aérien. Dans les sporodochies, les macroconidies ont une forme typique et une taille uniforme. Sur le mycélium aérien, elles sont produites indifféremment par des monophialides ou des polyphialides et sont alors de forme et de taille très variables (Assigbetse, 1993).
- Les chlamydospores intercalaires ou terminales, sphériques, isolées ou en groupes de 2-3 (Djerbi, 1983 ; IMI, 1994). Connues pour être des structures de résistance entourées d'une paroi épaisse parfois ornementée. De forme ovale, elles résultent de la condensation du contenu des hyphes ou des macroconidies (Nelson, 1981).
- Les sclérotes rares, bleu sombre à noir, 1-2 mm de diamètre, soit distribués sur la surface mycélienne, soit groupés.

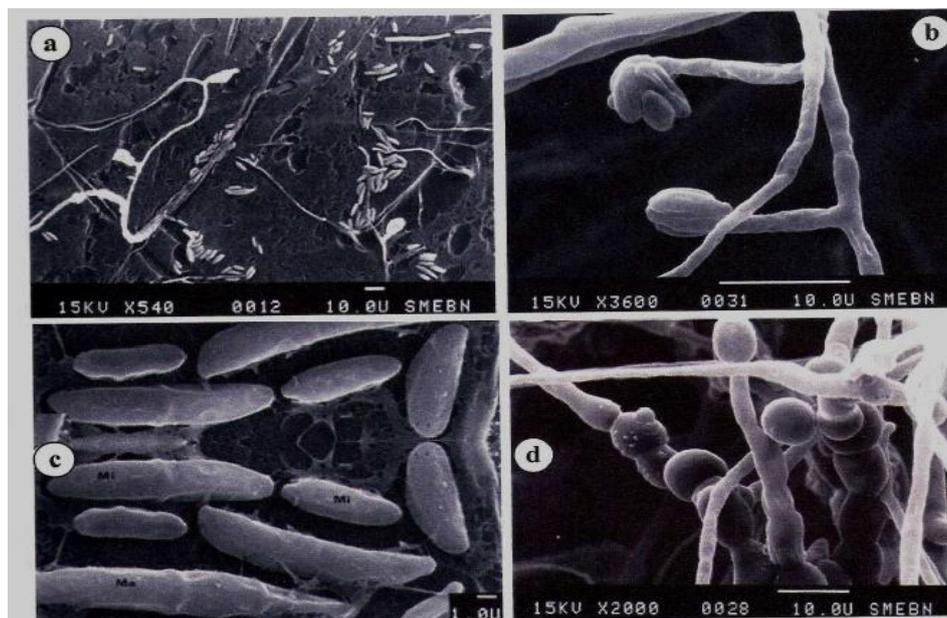


Figure 10 : Organes de reproduction asexuée de *Fusarium oxysporum* f .sp.albedinis au MEB in(Rahmania, 2000)

a : mycelium et microconidies **b** : microphialides **c** : micro et macroconidies
(**Ma** : macroconidies **Mi** : microconidies)

I.3.3. Caractères physiologique et morphologique du champignon

Ce champignon se développe bien sur un milieu gélosé à base de pomme de terre - Potato Dextrose Agar - (P.D.A) (Bouhot et Billotte, 1964). La croissance débute à 7°C et demeure faible jusqu'à 12°C, devient rapide entre 21°C – 27,5°C et s'arrête à 37°C (Malençon, 1947). L'optimum de croissance du champignon *in vitro* est obtenu à 28°C et la meilleure germination de microconidies est à 27°C (Bounaga, 1975).

Cet auteur montre que la croissance est faible entre les pH 8,5 – 9,7 et rapide pour les pH 5 à 6. Les sources de carbone les mieux métabolisées par ce champignon sont : la pectine, le mannose et le glucose. Les sources d'azote organique sont les mieux utilisées que l'azote minéral (Arib,1998). Son mycélium aérien est généralement blanchâtre ou rosâtre.

Il peut prendre d'autres pigmentations (violette, mauve, orange ou beige) qui sont dues à la formation d'une multitude de spores en surface par des orages fructifères (sporodochies, pionnotes), ainsi qu'aux variations de la lumière et du milieu de culture (Messaoudi et *al.*, 1989).

I.3.4. Les moyens de lutte

Différentes méthodes ont été préconisées en vue de lutter contre le Bayoud.

I.3.4.1. Mesures prophylactiques

Les mesures prophylactiques restent une nécessité absolue pour préserver les palmeraies de l'Est Algérien et celles de Tunisie (**Bounaga et Djerbi, 1990**). Les moyens de lutte contre le bayoud lorsqu'un palmier est atteint sont :

- L'archage du palmier
- Le brûler sur place
- Le nettoyage des débris végétaux.

Cependant après l'arrachage, la plupart des racines restent dans le sol, ce qui constitue une source de contamination. En plus, le *Fusarium oxysporum sp. albedinis* peut se conserver longtemps dans le sol ou dans les fragments de palmiers infectés sous forme de chlamydospores. Par conséquent le traitement chimique est recommandé pour éradiquer le *F.o.a* dans le sol et dans le reste des racines infectées (Djerbi, 1990).

I.3.4.2. La lutte chimique

Confronté à une maladie vasculaire, on songe souvent à l'utilisation de produits cryptogamiques à action endothéropique ou systémique [Des produits à action

systemique « substance pouvant circuler dans les vaisseaux des plantes et y inhiber le parasite déjà présent » ont été recommandés (bénomyl, thiophanates) et ont donné quelques résultats au cours d'expériences limitées contre l'agent du Bayoud in vitro (Saaïdi et Rodet, 1974 ; Surico, 1974 ; El Hadrami et *al.*, 2005) et même en palmeraie (Selvaraj, 1978 ; Fredericks et Denbrader, 1988). Mais leur utilisation pratique n'est guère envisageable]] ; les raisons pour lesquelles nous pensons qu'il y a actuellement peu d'espoir dans cette voie pour lutter contre le Bayoud ont été données par plusieurs auteurs qui relèvent la difficulté de lutter contre le FOA. cependant, Louvet et Toutain,(1973) estiment qu'il est impossible de protéger pendant toute leur vie l'ensemble de l'appareil végétatif du palmier ce qui nécessiterait des applications répétées, étant donné la biodégradabilité des fongicides et le coût très élevé des fongicides sont souvent toxiques et qui peuvent migrer à différents niveaux de la plante ou être entraînés dans les nappes phréatiques.(Saaïdi, 1979). Aussi, le traitement des fusarioses à l'aide de fongicides induit souvent l'apparition de souches parasites résistantes (Tramier et Bettachini, 1977).

I.3.4.3. La lutte génétique

Elle consiste en la sélection de variétés résistantes. Bien que prometteuse, cette méthode s'est heurtée à plusieurs inconvénients tels que la rareté des variétés résistantes, la lenteur de croissance du Palmier qui nécessite au moins 10 ans pour s'assurer de la résistance d'une variété. (Saaïdi et *al.*, 1986)

I.3.4.4. La lutte biologique :

A- Utilisation de microorganismes antagonistes

La recherche de microorganismes du sol, antagonistes de F.o.a, utilisé pour le contrôle biologique de la maladie du Bayoud a fait l'objet de plusieurs études.

De nombreux agent de biocontrôle ont été identifiés dont des actinomycètes (Sabaou, 1977 ; Badji et *al.*, 2005), des bactéries (*Bacillus* spp.,*Pseudomonas*, *Serratia* spp ; (El Hassni et *al.*, 2007), des champignons (*Penicillium* spp ; *Trichoderma* spp dont *Trichoderma harzianum*; *Candida*, *Ulocladium atrum* ;...)

(El Hassni et *al.*, 2007 ; Ghomari, 2009 ; Souna et *al.*, 2012), ou des espèces saprophytes de *Fusarium* (El Modafar, 2010), présentant soit une antibiose, soit une compétition microbienne, soit un parasitisme vis-à-vis de ce champignon pytopathogène, ou bien une induction de la résistance de la plante hôte (Dihazi et *al.*, 2012).

Malgré l'apparence séduisante de l'utilisation de l'antagonisme microbien pour la lutte biologique contre la fusariose, ce procédé se révèle très difficile à mettre en pratique particulièrement lorsqu'il s'agit d'un « arbre » comme le palmier dattier (Amir

et Amir, 1988). Le transfert *in situ* n'a vu le jour jusqu'à présent en application pour le Bayoud (Dihazi et al., 2012). Toutefois, il est peut-être possible d'aboutir rapidement à des applications restreintes dans le cas par exemple du repeuplement en microflore de foyers éradiqués chimiquement (Amir et Amir, 1988). De plus, il est porté à la connaissance de savoir le mode d'action et les doses d'application (Alabouvette et al., 2009).

B- induction de la résistance de la plante hôte

L'induction de la résistance de la plante consiste à stimuler ses systèmes de défense en réponse à un stress d'origine biotique ou abiotique.

Les organismes impliqués dans ce biocontrôle comprennent des individus non pathogènes, avirulants, ou hypo agressifs des populations d'espèces pathogènes ; Ou des individus de populations de microorganismes antagonistes (Alabouvette et al., 2009). L'utilisation de la mycorhization du Palmier Dattier par des champignons symbiotiques représente une autre approche de biocontrôle. Elle semble jouer un rôle dans la résistance de certains cultivars vis-à-vis du bayoud; la variété takerboucht semble la plus dépendante de la mycorhisation (Bouhired, 1988). De plus, Jaiti et al. (2007) ont testé et approuvé l'effet de la colonisation des racines par *Rhizobium* arbuscularmycorrhizal par induction des réactions de défense du dattier contre *F.o.a.*

Une approche nouvelle d'induction de la résistance fait intervenir des éliciteurs abiotiques impliquant des macromolécules telles que les oligosaccharides, les glycoprotéines et peptides ou de petites molécules comme l'acide arachidonique, jasmonique (Jaiti et al., 2007) ou salicylique (El Hassni et al., 2004). Ces éliciteurs induisent des réponses structurales et/ou biochimiques dans l'hôte entraînant l'accumulation de protéines antimicrobiennes ainsi que l'inhibition de la lignification de la paroi cellulaire ; alors que les éliciteurs biotiques peuvent impliquer du chitosan par exemple (El Hassni et al., 2004).

II.1. Importance des biopesticides

Pour lutter contre des agents ravageurs, les rendements agricoles ont toujours été accompagnés par l'utilisation intensive de produits phytosanitaires, organiques de synthèse ou pesticides (De Kouassi, 2001). Cependant, l'utilisation de la lutte chimique soulève des questions par rapport au respect de l'environnement, de la santé des consommateurs, de la préservation de la valeur agronomique des sols et de la qualité des produits issus de l'agriculture (Thakore, 2006).

La prise de conscience, des conséquences négatives de l'intensification de l'agriculture par rapport à la biodiversité et la santé, ainsi que celle liée à l'inefficacité des produits employés et les résistances développées par les agents pathogènes, a conduit à l'ouverture de débats sur les enjeux de l'agriculture de demain particulièrement par tous les intervenants du secteur agro-alimentaire qui reconnaissent l'urgence de minimiser les dangers occasionnés par l'utilisation des produits chimiques, par la mise au point d'alternatives innovantes regroupées sous le vocable générique de biopesticides (Van Lenteren, 2000).

Thakore, (2006), définit les biopesticides comme des produits phytosanitaires dont le principe actif est un organisme vivant ou l'un de ses dérivés. Ils peuvent donc être constitués d'organismes (plantes, insectes, nématodes) ou de micro-organismes pathogènes (bactéries, levures, mycoplasmes, champignons, virus) exerçant une activité protectrice sur les plantes vis-à-vis d'agents phytopathogènes, mais aussi de substances d'origine naturelle telles que des extraits végétaux (nicotine et autres alcaloïdes, pyrèthres, huiles et les phéromones. Ils sont appelés éliciteurs ou stimulateurs des défenses naturelles (SDN).

Le même auteur estime que les biopesticides sont plus écologiques que les produits chimiques et présentent une spécificité accrue vis-à-vis des agents pathogènes contre lesquels ils sont dirigés ; ils sont moins dommageables pour les organismes non ciblés de la microflore endogène qui exerce une action bénéfique sur les plantes et sont efficaces en faibles quantités.

Cependant, le marché des biopesticides reste encore limité à cause de certaines contraintes liées à l'effet protecteur parfois insuffisant par rapport aux produits chimiques (Shishkoff et McGrath, 2002) qui dépend surtout des conditions du milieu (la température, le sol, l'humidité, la plante hôte, le pH, etc...) (Larkin et Fravel, 2002), des coûts et délais très élevés pour l'enregistrement et du conditionnement et de l'optimisation des formulations par l'addition d'adjuvants, tels que des réducteurs de tension artificielle (Collins et Jacobsen, 2003).

Malgré ces contraintes, cette nouvelle dynamique du secteur agroalimentaire n'a pas échappé à l'industrie phytochimique qui se préoccupe beaucoup plus qu'auparavant de mettre au point des produits de lutte plus sécuritaires, comme des molécules d'origine naturelle (huile de Neem), des biopesticides (formulés à base de microorganismes) et des produits éliciteurs de résistance (SDN) (Klarzynski et Fritig, 2001).

D'après Benhamou, (2009), la méthode qui met en œuvre l'utilisation des biopesticides d'origine végétale est considérée aujourd'hui comme méthode substitutive, c'est-à-dire qu'elle est considérée comme complémentaire à la lutte chimique qui emploie des pesticides organiques de synthèse. Elle est en pleine essor car elle est respectueuse de l'environnement, de la santé humaine et comporte de grandes promesses d'avenir en terme d'impact socio-économique et de transfert technologique.

II.2. Les huiles essentielles

II.2.1. Définition des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont un mélange de constituants volatils lipophiles, elles sont obtenues à partir de diverses parties des plantes, telles que les graines, les bourgeons, les feuilles, les racines, les fruits, les rhizomes, les écorces et les fleurs (Sadgrove et Jones, 2015). Les huiles essentielles sont solubles dans l'alcool, l'éther et les huiles fixes, mais insolubles dans l'eau. Ces huiles volatiles sont généralement liquides et incolores à température ambiante (Dhifi et *al.*, 2016). Elles sont largement utilisées dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique, la parfumerie, et aussi l'aromathérapie. Elles ont d'innombrables activités biologiques, y compris antivirales, antibactériennes, Antiparasitaires, anti-inflammatoire, insecticides, antifongiques, anticarcinogènes, antioxydants et antimutagènes (Hassan et *al.*, 2016).

II.2.2. Intérêts des huiles essentielles

Les principaux domaines qu'offrent les huiles essentielles sont la pharmacie, la parfumerie, la cosmétique, la savonnerie et l'industrie agro-alimentaire (gâteaux, biscuits, soupe, sauce, chewing gum, chocolats, bonbons...). Elles sont utilisées aussi dans la fabrication des adhésifs (colle, scotch), et dans l'industrie automobile dans la préparation des sprays insecticides (Chaiyasit et *al.*, 2006).

Les huiles essentielles ou certains de leurs constituants sont efficaces contre une grande variété d'organismes tels les acariens (Rim et Jee, 2006), les larves et les insectes (Burfield et Reekie, 2005), les bactéries (Baser et *al.*, 2006), les virus (Duschatzky et *al.*, 2005), les champignons (Pawar et Thaker, 2006).

Le pouvoir antifongique d'un grand nombre de composés terpéniques volatils a été testé contre une large gamme de champignons : *Candida* (*C. albicans*), *Aspergillus* (*A. niger*, *A. flavus*, *A. fumigatus*), *Penicillium chrysogenum* (Kalemba et Kunicka, 2003).

Les scientifiques (Pattnaik et al., 1997) ont également testé des constituants des huiles essentielles pour leur activité antifongique contre douze champignons dont trois de type levure et neuf filamenteuses. Enfin, les huiles essentielles contribuent à l'équilibre des écosystèmes, attirent les abeilles et des insectes responsables de la pollinisation, protègent les végétaux contre les herbivores. Elles pourraient avoir un rôle mobilisateur d'énergie lumineuse, de régulateur thermique au profit de la plante et de supports de communication par des transferts de messages biologiques sélectifs (Croteau et Hooper, 1978).

II.2.3. Propriétés physiques et chimiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont liquides à température ambiante généralement incolores ou faiblement colorées lorsqu'elles sont fraîchement extraites, à l'exception des essences renfermant de l'azulène qui sont bleues (ex: *Matricaria chamomilla* L.) Elles se caractérisent par une odeur aromatique et une volatilité très remarquable et sont très réfringentes. Elles ont généralement une densité inférieure à celle de l'eau (0.85 à 0.95%) et sont entraînables à la vapeur d'eau. Seules deux huiles essentielles ont une densité supérieure à celle de l'eau (ex : *Cinnamomum zeylanicum* L. *Eugenia caryophyllata* L.). Elles possèdent un indice de réfraction souvent élevé et sont douées de pouvoir rotatoire (Paris et Hurabelle, 1981 ; Duraffourd et al., 2002).

Valnet, (1984), stipule que les huiles essentielles s'oxydent facilement et donnent des produits résinifiés par fixation de l'oxygène de l'air sous l'action de la lumière en même temps que leur odeur se modifie, leur point d'ébullition augmente, leur solubilité diminue. Aussi, devrait-on conserver les huiles essentielles dans des flacons bien bouchés, à l'abri de la lumière et à une température de l'ordre de 4°C.

II.2.4. Répartition et localisation des huiles essentielles dans la plante

Parmi les espèces végétales 800.000 à 1.500.000 selon les botanistes, 10 % seulement sont dites aromatiques. Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs, elles sont presque exclusivement de l'embranchement des Spermaphytes, les genres qui sont capables de les élaborer sont rassemblés dans un nombre restreint de familles comme les : Lamiaceae, Lauraceae

Asteraceae, Rutaceae, Myrtaceae, Poaceae, Cupressaceae, Piperaceae (Bruneton, 1999).

Elles sont localisées dans le cytoplasme de certaines cellules végétales, à savoir les poils sécréteurs, les cellules épidermiques, les cellules sécrétrices internes et les poches sécrétrices (Dhifi et *al.*, 2016).

Sur le site de stockage, les gouttelettes d'huile essentielle sont entourées de membranes spéciales constituées d'esters d'acides gras hydroxylés hautement polymérisés, associés à des groupements peroxydes. En raison de leur caractère lipophile et donc de leur perméabilité extrêmement réduite vis-à-vis des gaz, ces membranes limitent fortement l'évaporation des huiles essentielles ainsi que leur oxydation à l'air (Bruneton, 1993 ; Teuscher et *al.*, 2005).

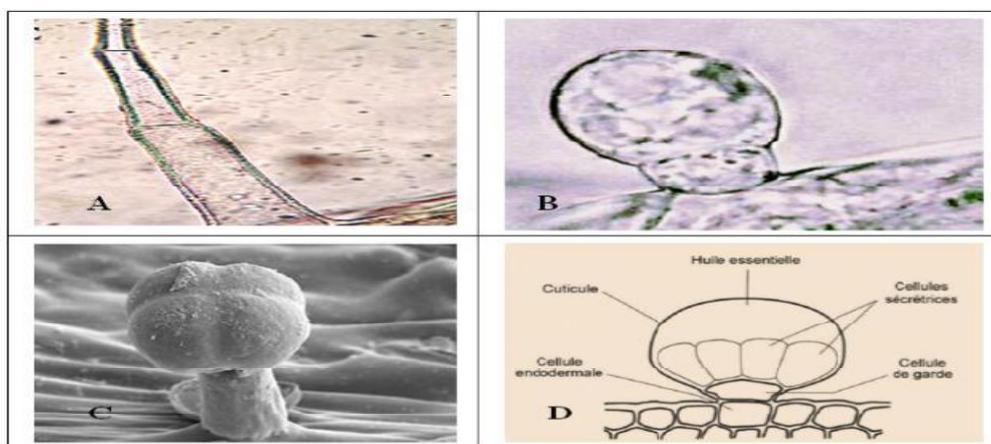


Figure 11 : Diversité des structures de sécrétion des huiles essentielles (Fahn,1988)

A : poils sécréteurs ; B : cellules épidermiques ; C : cellules sécrétrices internes D : poches sécrétrices.

II.2.5. Composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges naturels très complexes de différents constituants chimiques qui peuvent être regroupés en deux grands groupes chimiques en fonction de leurs origines biogénétiques bien distinctes le groupe des terpénoïdes et celui des composés aromatiques (Pichersky et *al.*, 2006).

a. Les terpénoïdes

Les terpénoïdes sont en général très nettement dominants dans les huiles essentielles et les plus rencontrés sont les monoterpènes (C10) et les sesquiterpènes (C15). Leurs structures sont obtenues à partir de la combinaison de deux ou trois unités isoprène (C5H8) (Figure 12) (Bakkali et *al.*, 2008).

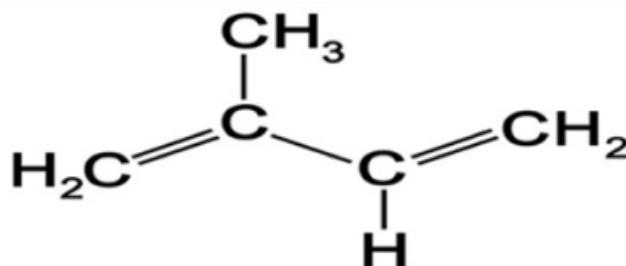


Figure 12 : Structure chimique de l'isoprène (Bakkali *et al.*, 2008).

b. Composés aromatiques

Les dérivés du phénylpropane (C6-C3) sont beaucoup moins fréquents que les terpénoïde (ex: Eugéno). Ce sont très souvent des allyles et des propénylphénols, parfois des aldéhydes. On peut également rencontrer dans les huiles essentielles des composés en(C6-C1) comme la vanilline (Figure 5) (Betts, 2001).

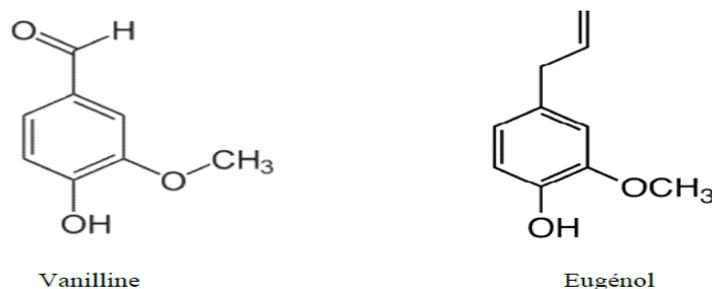


Figure 13 : Structure chimique de quelques composés aromatique (Bakkali *et al.*, 2008).

II.2.6. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Le procédé d'obtention des HE intervient d'une façon déterminante sur sa composition chimique (Garnero, 1977). Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales, cette diversité est due à la variété des matières premières et à la sensibilité considérable de certains de leurs constituants.

II.2.6.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

Dans ce système d'extraction, le matériel végétal est soumis à l'action d'un courant de vapeur sans macération préalable. Les vapeurs saturées en composés volatils sont condensées puis décantées. L'injection de vapeur se fait à la base de l'alambic (Richard et Peyron, 1992).

II.2.6.2. Extraction par hydro distillation d'huile essentielle

Ce mode d'extraction a été proposé par Garnier en 1891, c'est la méthode la plus utilisée pour extraire les HE et pouvoir les séparer à l'état pur mais aussi de fournir de meilleurs rendements. Le principe consiste à immerger directement la matière végétale à traiter dans un ballon rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition, les vapeurs hétérogènes vont se condenser sur une surface froide et l'HE sera alors séparée par différence de densité (Bruneton, 1993).

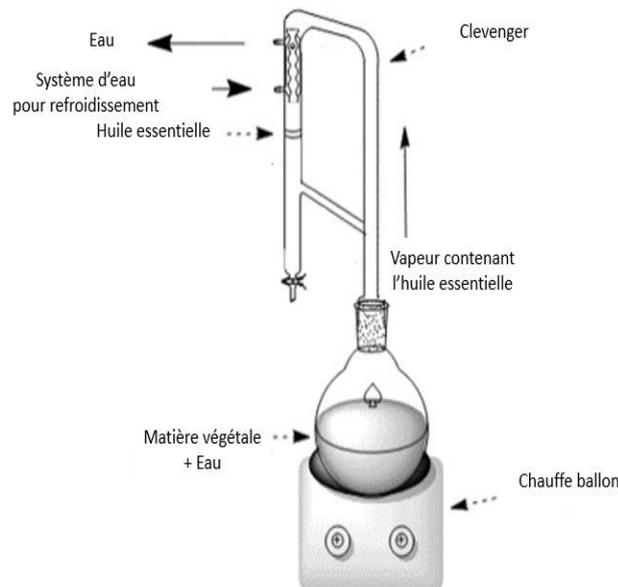


Figure 14 : Schéma du principe de l'hydro distillation (Samadi, 2017)

II.2.6.3. Expression à froid

L'expression à froid est réservée à l'extraction des composés volatils dans les péricarpes. Il s'agit d'un traitement mécanique qui consiste à déchirer les péricarpes riches en cellules sécrétrices (Basil *et al.*, 1998).

II.2.7. Intérêt de la formulation

L'intérêt porté aux matières actives des produits phytosanitaires fait parfois oublier qu'elles ne sont que rarement administrées seules. Il est nécessaire de les associer à des composés appelés formulants ou adjuvants sans activité biologique propre, mais sans lesquels nombre d'entre elles n'auraient qu'une efficacité nulle ou insuffisante.

Lorsque l'adjonction se fait lors de la préparation industrielle, on parle de formulant, mais lorsque elle se fait lors de l'application du produit, on parle d'adjuvant (Gauvrit et Cabanne, 1993).

Selon Gauvrit et Cabanne (1993), les buts poursuivis d'une formulation sont principalement d'assurer :

- Les stabilités chimique et physique du produit
- L'efficacité biologique et son innocuité à l'égard des cultures
- Les sécurités de l'utilisateur et de l'environnement.

Actuellement, l'utilisation en formulation phytosanitaire de produits végétaux ou de dérivés simples est sortie des études de laboratoire et l'on commence à les trouver comme constituants de préparations commerciales.

Le succès qui se dessine tient à plusieurs raisons :

- Des études approfondies de mise au point ont abouti à donner aux dérivés de produits végétaux des fonctionnalités similaires à celles des produits d'origine chimique, et ce pour un prix qui s'en rapproche.
- Ils permettent des réductions importantes des doses de pesticides appliqués avec un bénéfice économique pour l'utilisateur ainsi qu'un bénéfice environnemental.
- Les produits dérivés du végétal sont dans leur majorité facilement biodégradés, une qualité que n'ont pas beaucoup de produits d'origine chimique.
- Leur impact sur l'environnement est faible et souvent indétectable (Gauvrit et Cabanne, 1993).

II.3. *Juniperus oxycedrus* L. : plante à huiles essentielles

II.3.1. Répartition de l'espèce *Juniperus oxycedrus* L.

Juniperus oxycedrus est une espèce typique de la région méditerranéenne, sa répartition s'étend dans l'Afrique du nord (Maroc, Algérie et la Tunisie). Il se trouve aussi en Espagne, en France, en Italie, en Portugal, en Turquie, dans la péninsule Balkanique, et aussi dans l'Est du Caucase et au Nord de l'Iran. C'est une espèce qui se développe sur des pentes sèches, mais elle est rare sur les dunes de sable. Elle apprécie les lieux arides, rocailleux, sur calcaire ou sur sols acides, où il est fréquemment associé au chêne vert et au chêne kermès (**Farjon, 2005**) in (**Brus et al, 2011**).

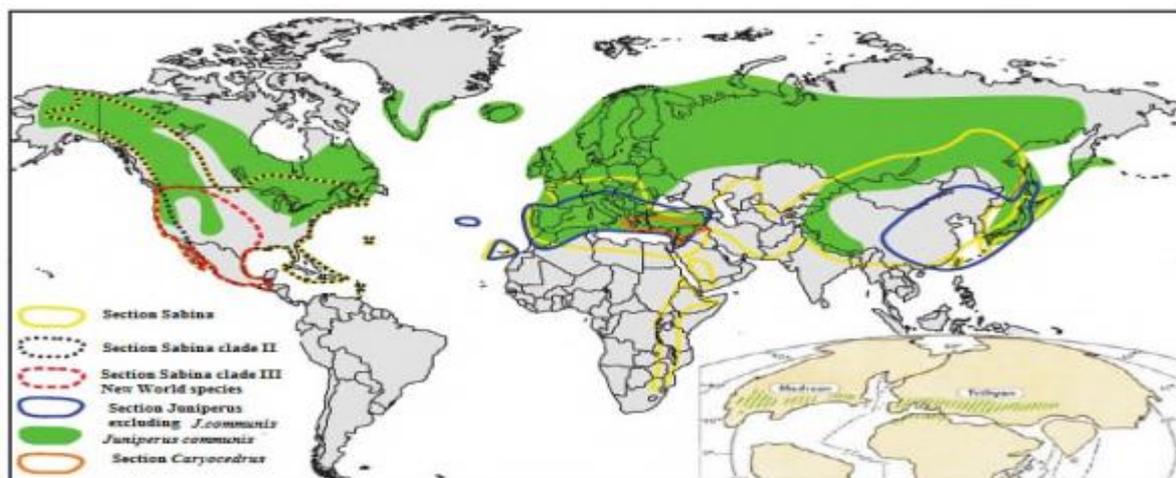


Figure 15: Répartition du genre *Juniperus* dans le monde (Mao et al., 2010) in (Bouadam-Farhi, 2013).

II.3.2. Taxonomie et description botanique de *Juniperus oxycedrus* L.

L'espèce *Juniperus oxycedrus* appartient à la section *Juniperus*, la classification de l'espèce dans le monde végétal est mentionnée dans le tableau 02.

C'est un arbre ou arbuste, dioïque de 8 à 12 m de hauteur, avec branches étalées, à feuilles persistantes, verticillées en aiguille ou en écaille 8-25 mm de longueur et 1-1,5 mm de largeur. Les cônes femelles de 8-10 mm d'épaisseur contenant trois graines par cône, présentent une couleur orange à brune rougeâtre à sa maturité (Schulz et al., 2003). Les cônes mâles sont petits terminaux ou axillaires, ils sont subglobuleuses de 1 mm de diamètre. (Figure 16) (Miara et al., 2013).

Tableau 02: Classification botanique de *Juniperus oxycedrus* L. (Klimko et al., 2007).

Règne:	Plantes
Embranchement:	Spermaphytes
Sous-embranchement:	Gymnospermes
Classe:	Conifères
Ordre:	Coniférales
Famille :	Cupressacées
Genre :	<i>Juniperus</i>
Espèce :	<i>Juniperus oxycedrus</i>



Figure 16 : *Juniperus oxycedrus* (Dupont et Guignard, 2007).

II.3.3- Métabolites secondaires de *Juniperus oxycedrus L.*

II.3.3.1- Composés phénoliques

L'étude réalisée par Lesjak et al., en 2014 sur les feuilles et les cônes femelles de *Juniperus oxycedrus L.* subsp. *Macrocarpa*, récoltée dans la République de Croatie, leur a permis de distinguer différentes composées comme la rutine, la catéchine, la quercitrine, l'épicatéchine et l'amentoflavone.

Chaouche et al., (2014) rapportent que l'écorce de racine de *Juniperus oxycedrus L.* récoltée en Algérie est une source riche en composés phénoliques tels que les oligomères de la proanthocyanidine, l'hexose de la quercétine, la quercitrine et le glucoside de la dysamnetine qui sont considérés comme des antioxydants naturel précieux.

En 2013, Taviano et al., ont comparé la composition chimique des baies mûres de *Juniperus oxycedrus L.* subsp. *Oxycedrus* et *J. oxycedrus L.* subsp. *Macrocarpa*, recueillis dans différentes régions de Turquie. Ils ont trouvé que la teneur totale en composés phénoliques était environ trois fois plus élevée chez subsp. *macrocarpa* ($17,89 \pm 0,23$ mg/g d'extrait) que chez subsp. *oxycedrus* ($5,14 \pm 0,06$ mg/g d'extrait). L'analyse HPLC a révélé une présence de sept composés phénoliques comme la rutine, l'hypolaetin-7-pentoside, l'apigenine, le cupressoflavone, l'amentoflavone, le biflavone, le metil-biflavone

Nous avons synthétisé et reporté dans le tableau III les différentes études antérieures réalisées sur la composition chimique des huiles essentielles de différentes parties de *Juniperus oxycedrus* (feuilles, baies, bois et rameaux) dans différents pays.

Tableau 03 : Principaux composants dominants dans les huiles essentielles de *Juniperus oxycedrus* rapporté dans différents travaux (Taviano et al., 2013).

Pays	Partie de la plante	Composition en huiles essentielles	Auteurs
Maroc	Rameaux	α -pinène (52,13 %) Limonène (7,32%)	(Mansouri et al., 2010)
Turquie	Feuilles	Oxyde de manoyle (32,8%) Oxyde decaryophyllène(11,9%)	(Alan et al., 2016)
	Baies	Myrcène (44,6%), Pinène (19,9%) Germacrène D (15,5%)	
	Rameaux	Oxyde de caryophyllène (16,8%)	
Maroc	Feuilles	α -Pinene (31.25%) Sabinene(5.21%) Limonène (5.02%)	(Derwich et Chabir, 2011)
Algérie (Djelfa)	Feuilles	transpinocarveol (7,0%) cis-verbenol (6,3%) manoyle Oxyde (6,0%).	(Dop et al., 2006)
Liban	bois	δ -Cadinene (14,5%) cis-thujopsène (9,2%) α -amuurène (4,9%)	(Loizzo et al., 2007)
	baies	α -Pinene (27.4%) β -Myrcene (18.9%) α -Phellandrene(7.1%)	
Espagne	Feuilles	α -Pinene (53.2%) δ -3-Carene (3.6%) Limonène (3.1%)	(Llorens-Molina et al., 2016)

Deuxième partie

Matériel et méthodes

Chapitre III : Matériel et méthodes.

L'objectif de notre travail est d'évaluer dans les conditions de laboratoire, l'activité antifongique d'une huile essentielle formulée de *Juniperus oxycedrus L.* collectée de la zone géographique de Tagdemt (Tiaret) sur l'agent causal de bayoud du palmier dattier : *Fusarium oxysporum f.sp albedinis*.

III.1. Situation géographique de région de récolte de la plante

La région de collecte de la plante *Juniperus oxycedrus L.* est Tagdemt, localisée à l'ouest du pays, cette dernière est rattachée à la circonscription administrative de Mechraa Safa. Elle est délimitée au Nord par la commune Guertoufa 6,9 km, au Sud par la commune de Mellakou 9,2 km, à l'Est par la wilaya de Tiaret 10,5 km et à l'Ouest par la commune de Mechraa Safa 16,7 km.

Les coordonnées géographiques de Tagdemt (Tiaret) sont : latitude 35°20'7" Nord et longitude 1°13'38" Est. L'altitude par rapport au niveau de la mer est de 852 m (Fig.17).



Figure 17 : Région de récolte de *Juniperus oxycedrus L.* (Google earth, 2019).

III.2. Synthèse climatique

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen ainsi que le climagramme d'Emberger, permettent de dégager les caractéristiques climatiques de la région d'étude.

III.2.1. Diagramme ombrothermique

Le diagramme de Bagnouls et Gaussen (1957) considère qu'un mois sec est celui où le total moyen des précipitations exprimé en mm est inférieur ou égal au double de la température moyenne ($P \geq 2 T$). Cette relation permet d'établir un graphique sur lequel les précipitations sont portées à l'échelle double des températures. La période sèche se situe entre les deux intersections des deux courbes. Ces paramètres bioclimatiques sont des facteurs distinctifs du climat et qui sont déterminants dans la vie des êtres vivants. Ils conditionnent en effet le cycle de développement et la croissance des espèces ainsi que leur répartition géographique. Les données proviennent de l'Office National de Météorologie (O.N.M) pour la période 2008 à 2018 et l'année d'étude 2018.

Le diagramme ombrothermique de l'année 2018 pour la région de Tagdemt (Tiaret), montre l'existence d'une période humide et sèche (Fig.18). La première période humide s'étale de janvier jusqu'au mois d'avril et la deuxième période humide s'étale du mois d'octobre au mois de décembre. La période sèche s'étale le mi d'avril au mi octobre et elle est légèrement interrompue au mi juin mais elle atteint son sommet au mois de juillet.

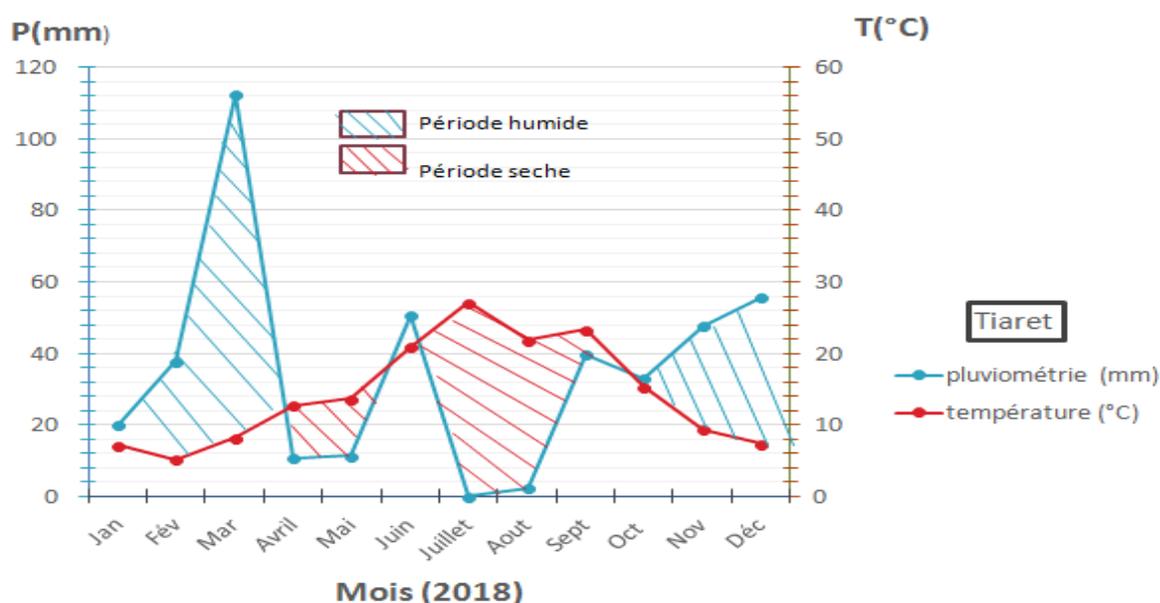


Figure 18 : Diagramme Ombrothermique de la région de Tagdemt (Tiaret) (Année 2018).

III.2.2. Climagramme d'Emberger

Le quotient pluviométrique permettant de distinguer les différentes nuances du climat méditerranéen a été défini par Emberger en 1952. Il est déterminé à partir de la formule suivante :

$$Q2=2000P/M^2- m^2$$

P : Précipitation annuelle en mm

M : Température maximale du mois le plus chaud °C.

m : Température minimale du mois le plus froid °C.

Quant au scientifique Stewart (1963) il a élaboré une formule pour le climat méditerranéen, soit

$$Q2 = 3,43 (P/M-m)$$

3,43 est une constante,

Q : Le quotient pluviométrique d'Emberger,

P : Pluviométrie annuelle moyenne en mm,

M : Moyenne maximale du mois le plus chaud en °C,

m : Moyenne minimale du mois le plus froid en °C.

En portant les valeurs de $Q2=40,28$ et $m=0,12^{\circ}\text{C}$ sur le climagramme d'Emberger, nous constatons que la région de Tagdemt (Tiaret) est classée dans l'étage bioclimatique semi-aride, à hiver frais (Fig.19). Son quotient pluviométrique $Q2= 40.28$, placé en ordonnées, et la température moyenne minimale du mois le plus froid ($m=0,12^{\circ}\text{C}$) durant les dix années (2008 -2018), placée en abscisses.

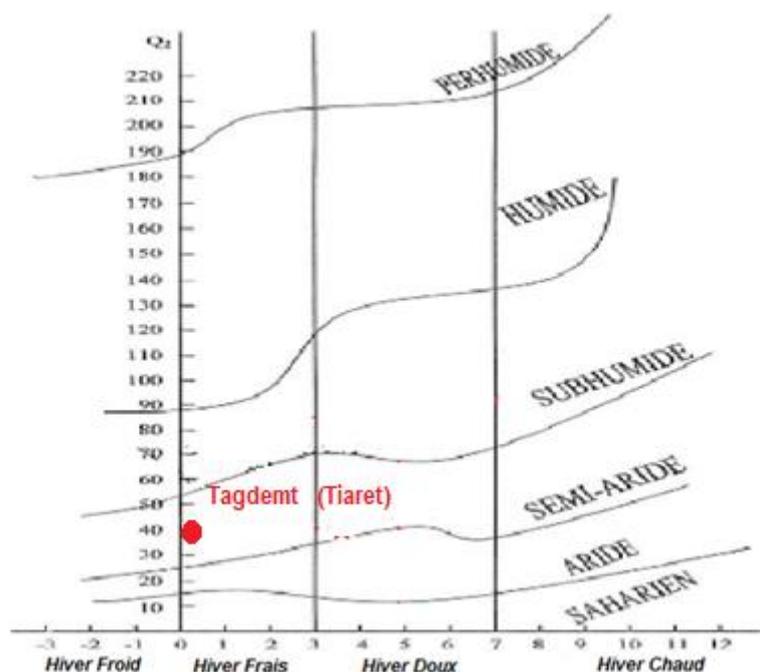


Figure 19 : Climagramme pluviométrique d'Emberger pour la région de Tagdemt (2008-2018)

III.3. Matériel et activité biologique

III.3.1. Matériel végétal et extraction par hydrodistillation

Les baies de *Juniperus oxycedrus L.* ont été collectées de région du Tagdemt au mois de février, en début de matinée, afin que le matériel végétal soit le plus frais possible. L'identification botanique de la plante a été effectuée au laboratoire de botanique du département école nationale supérieure d'agronomie à El Harrach, Alger. Les Baies ont été lavées au l'eau de robinet pour éliminer les impuretés ; puis séchées à température ambiante et à l'abri de la lumière et de l'humidité.



Figure 20 : Baies de *Juniperus oxycedrus L.* (Original, 2019)

Cependant, les baies séchées sont broyées à l'aide d'un broyeur électrique type Moulinex 1100W 2L. Le broyat ainsi obtenu est conservé dans un flacon en verre a fin de l'utiliser pour l'extraction d'huiles essentielles.

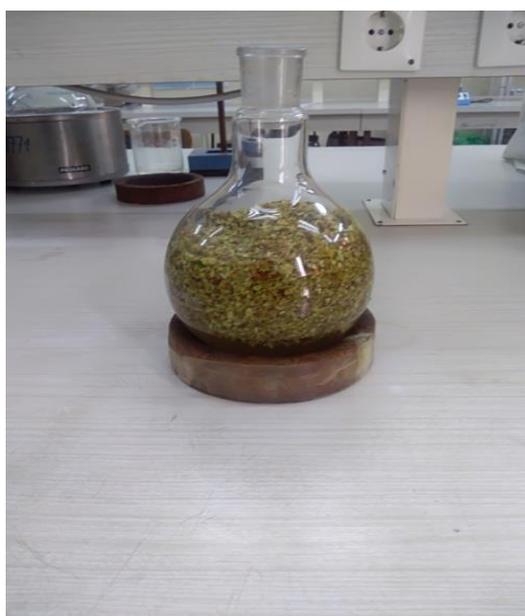


Figure 21 : Broyat des baies de *Juniperus oxycedrus L.*

L'extraction des huiles essentielles de *Juniperus oxycedrus L.* est effectuée par hydro distillation avec un appareil de type Clévenger a été réalisée au mois d'Avril 2019 au niveau du laboratoire de phytopharmacie du département des biotechnologies de l'Université de Blida 1 (Fig. 22).

Une quantité de 200g de broyat de *Juniperus oxycedrus L.* est transvasée dans un ballon auquel un volume de 600 ml d'eau distillée est ajouté. Le mélange est porté à ébullition durant deux heures. Les cellules du végétal éclatent et libèrent des molécules chimiques odorantes qui sont entraînées par la vapeur d'eau. Celles-ci se condensent dans un réfrigérant et le mélange eau-huile est recueilli dans une burette. La décantation se fait dans une ampoule à décanter dans laquelle le mélange se sépare en deux phases non miscibles par la différence de leur densité (phase aqueuse inférieure, hydrolat et phase huileuse supérieure).

L'huile essentielle est récupérée et conservée au réfrigérateur dans des tubes en verre opaques à une température comprise entre 0° et 6°C. Les baies séchés broyées permettront après hydrodistillation de calculer leurs rendements en huiles essentielles.

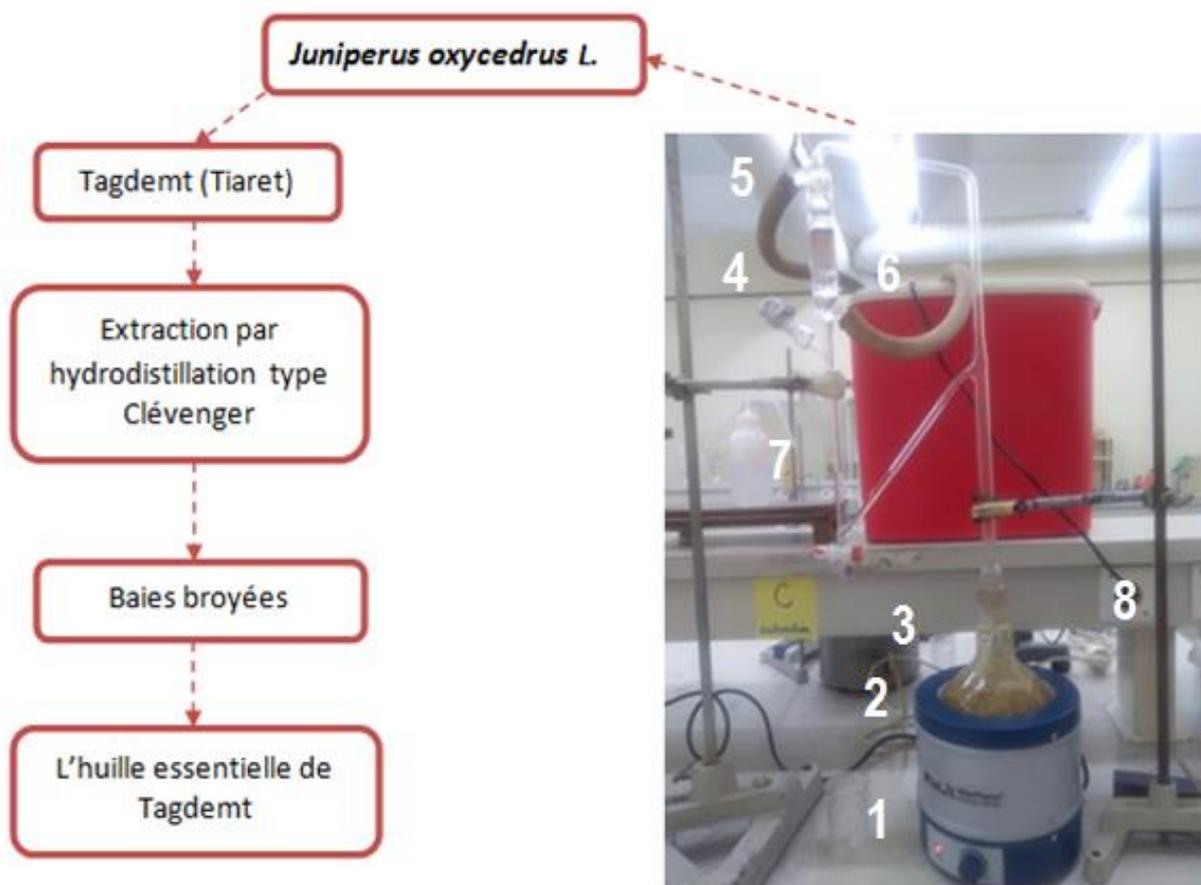


Figure 22 : Schéma récapitulatif de l'extraction des huiles essentielles de *Juniperus oxycedrus L.*

1-Chauffe ballon , 2-Ballon de 1L, 3-Matériel végétal , 4-Réfrigérant ,5-Entrée d'eau, 6-Sortie d'eau, 7-Ampoule a décanter , 8-support .

III.3.1.2. Formulation du bioproduit

Du fait de la non miscibilité de l'huile essentielle à l'eau, une formulation a été préconisée dans ce sens selon le protocole élaboré par Moussaoui et *al.*, (2014). La mise en émulsion a été faite en ajoutant des bio-adjuvants à 10% de matière active (huile essentielle de *Juniperus oxycedrus L.*) permettant ainsi sa dilution dans l'eau distillée et l'obtention d'un bioproduit formulé homogène, stable, efficace et facilement utilisable.

III.3.2. Matériel fongique et activité antifongique

III.3.2.1. Préparation du milieu de culture microbologique Potato dextrose agar (PDA)

L'évaluation de l'activité antifongique a nécessité la préparation du milieu PDA (Potato Dextrose Agar) (Singh et *al.*, 2006). Pour cela, 200 g de pomme de terre ont été épluchés, découpés en quatre morceaux et mis dans une fiole dans laquelle 600 ml d'eau distillée y ont été ajoutés, puis mises sur une plaque chauffante jusqu'à ébullition afin d'obtenir du jus de pomme de terre.

À l'aide d'une balance, 30 gr d'agar et 40 gr de glucose sous forme de poudre ont été pesés. Ce mélange « glucose-agar » a été versé dans une autre fiole dans laquelle 400 ml du jus de pomme de terre et 600 ml d'eau distillée y ont été aussi ajoutés. La fiole contenant le mélange « glucose-agar-jus de PDT-eau distillée » a été mise dans un agitateur pendant quinze minutes.

La solution obtenue a été versée dans des bouteilles en verre stériles et fermées hermétiquement. Ces dernières ont été mises dans un autoclave à 180° C pendant 20 mn. Le milieu de PDA ainsi obtenu, a été coulé dans des boîtes de Pétri vierges en vue de leur utilisation pour les tests.

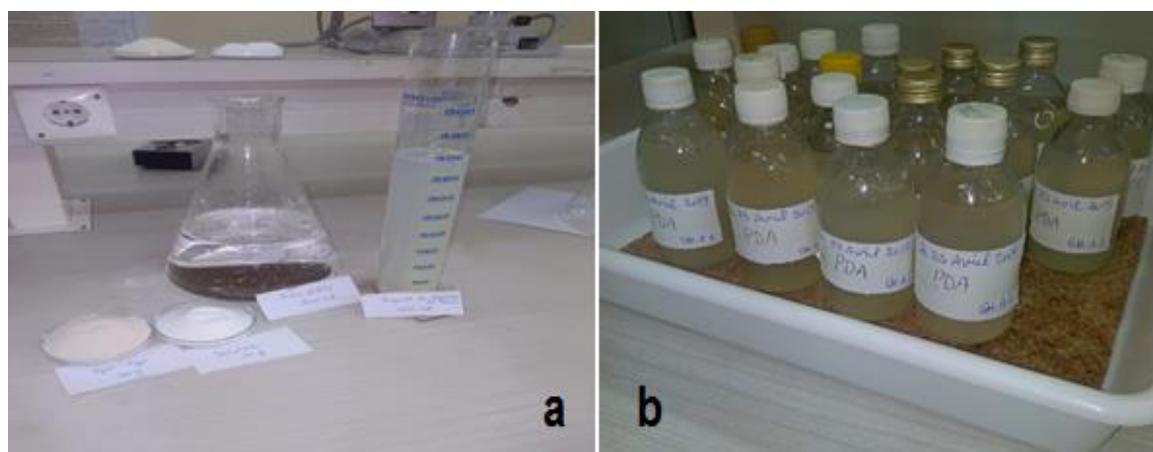


Figure 23 : Etapes de préparation du milieu de culture PDA
 a : Préparation du milieu de culture (PDA) b : Milieu PDA stériles.

III.3.2.2. Matériel fongique

Les boîtes de Pétri contenant les souches fongiques de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* ont été prélevées des rachis de fusariose vasculaire de palmier dattier de la région Grara(Ghardaia) au mois de juin 2019.

Ce travail d'isolement, de purification et identification a eu lieu au niveau du laboratoire de phytopathologie en collaboration avec son équipe au sein de la faculté SNV de l'université de Blida1.

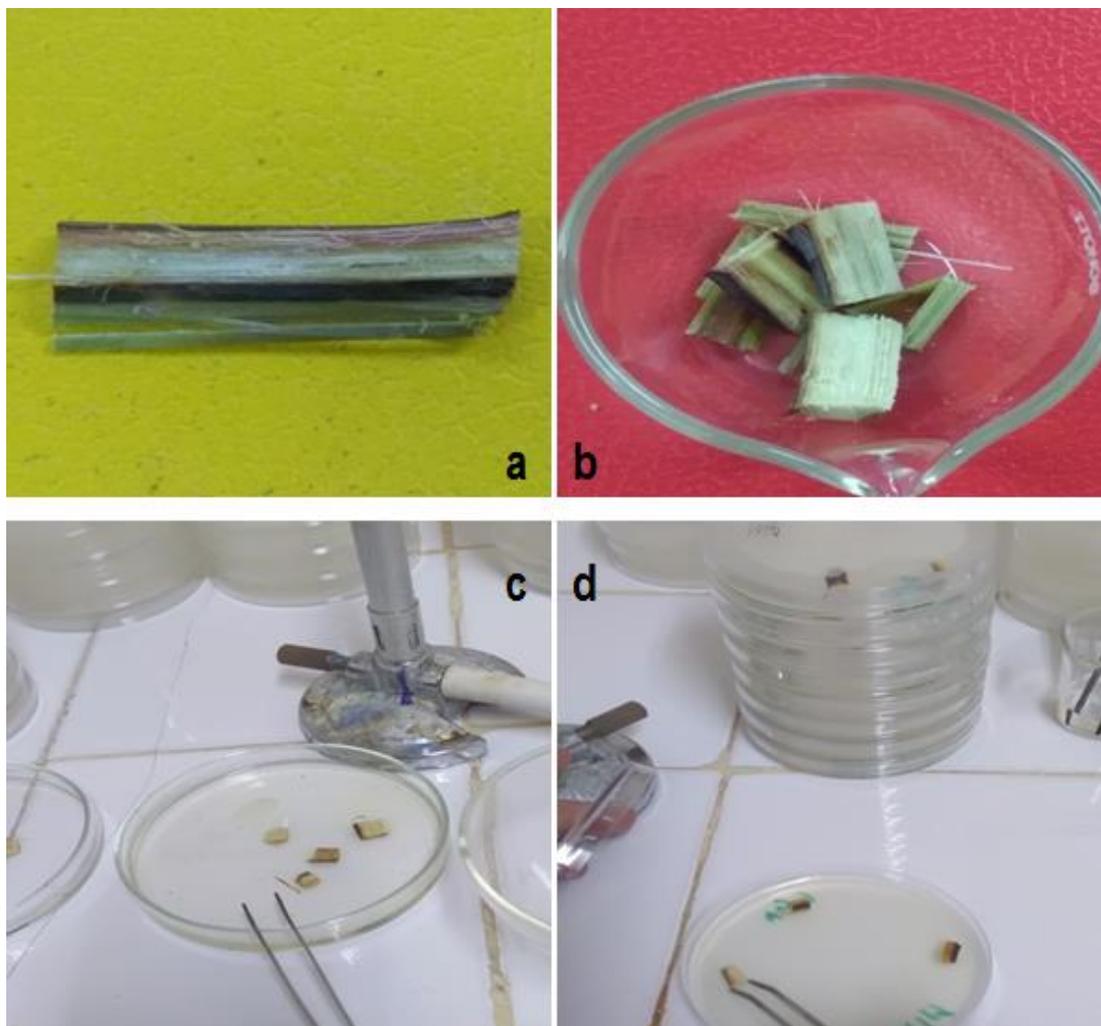


Figure 24 : Etapes d'isolement de *Fusarium oxysporum* f. sp *albedinis*.
 a : Rachis de palmier dattier contaminé par el bayoud. b : Coupe transversale de la partie rhizosphère du rachis c : Rinçage des échantillons d : dépôt des échantillons sur le milieu de culture PDA.

L'inoculation des boîtes de Pétri, contenant le milieu PDA solide et sous hotte, à proximité d'un bec Benzène a été faite par le dépôt d'un disque de 8mm de diamètre de la souche fongique de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* au centre de chaque boîte. Ces dernières ont été placées dans un incubateur à 27°C pendant 7 jours jusqu'à ce que la croissance mycélienne atteigne les bords des boîtes de Pétri.

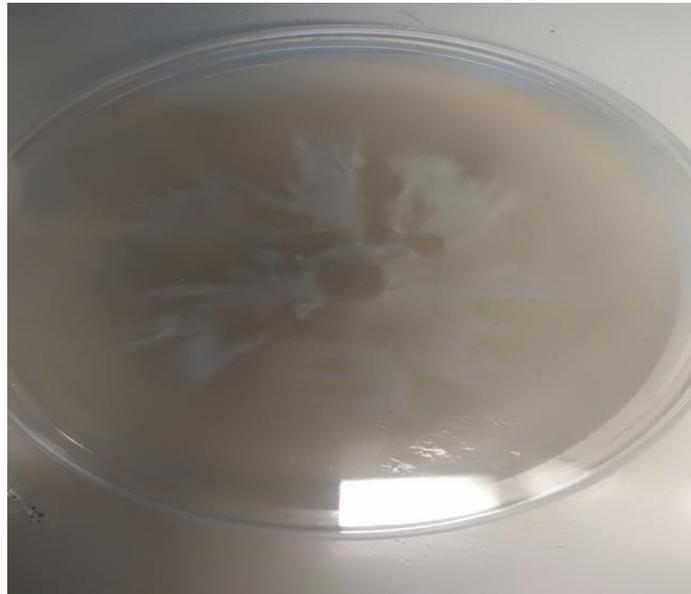


Figure 25 : Souche de *Fusarium oxysporum* f.sp .*albedinis* après repiquage (original 2019)

III.3.2.3. Préparation des dilutions pour les tests de l'activité antifongique

La dose D1 =0,1g/20ml, D2=0,07g/20ml et D3=0,04g/20ml d'huiles essentielles de *Juniperus oxycedrus* L.

Des dilutions de 0,2g, 0,14g et 0,08g des huiles essentielles formulées, ont été préparées avec un ajout de 20g d'eau distillée dans chaque tube (Fig.26). Des dilutions ont été effectuées pour le témoin positif.

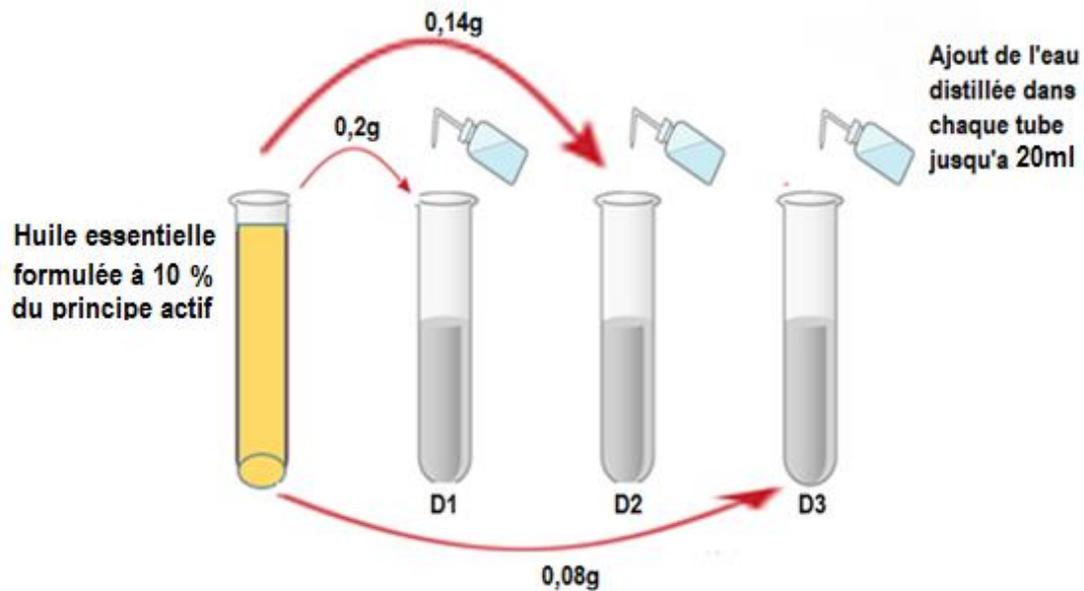


Figure 26 : Préparation des dilutions pour les tests d'activité antifongique.

III.3.2.4. Activité antifongique

L'activité antifongique vis-à-vis des souches de *Fusarium oxysporum f.sp albedinis* a été évaluée par la réalisation des tests d'activité volatils (Sharma et al., 2006).

Cette méthode des tests d'activité volatils consiste à déposer au centre des boîtes de pétri B (fig. 19) contenant le milieu de culture PDA, un disque mycélien de la boîte de Pétri (A), prélevé à l'aide d'un emporte-pièce de 5mm de diamètre.

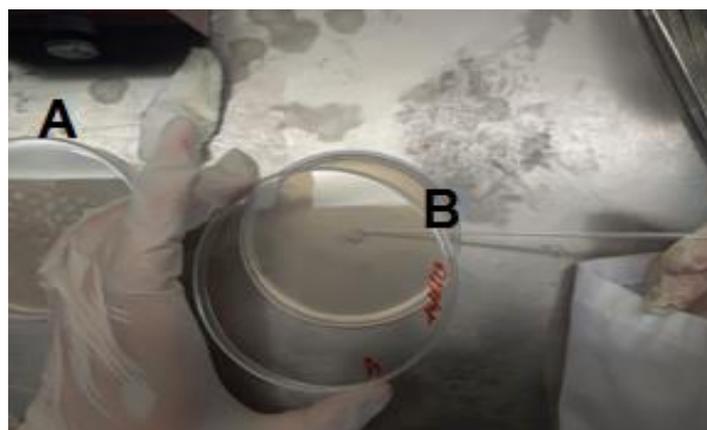


Figure 27: Dépôt du disque mycélien au centre de la boîte de pétri contenant le milieu de culture PDA (Original, 2019)

Quatre disques de papier Wattman N°40 de 6mm de diamètre, stérilisés dans un four pasteur pendant 30 min à 180°, imbibés jusqu'à saturation d'huile essentielle formulée de *Juniperus oxycedrus* L. (Fig. 28), sont déposés dans chaque boîte de pétri (Fig. 29). Toutes les boîtes de Pétri sont ensuite fermées avec du para film. Des boîtes de Pétri contenant respectivement de l'eau distillée formulée (témoins positifs) et de l'eau distillée (témoins négatifs) ont été retenues pour les tests de contrôles antifongiques.

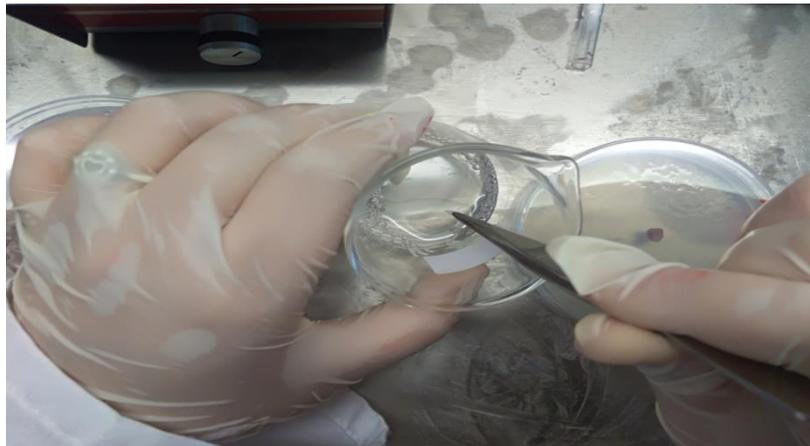


Figure 28 : Disque imbibé d'huile essentielle formulée jusqu'à saturation (Original, 2019)

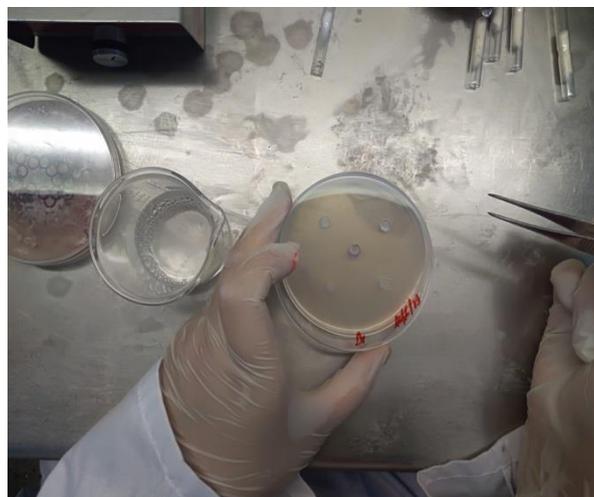


Figure 29 : Dépôt des disques imbibés d'huile essentielle formulée dans la boîte de pétri contenant le milieu de culture PDA (Original, 2019)

Tous les tests biologiques ont été répétés cinq fois pour les doses D1(0,2g/20ml), D2(0,14g/20ml), et D3 (0,08g/20ml) des huiles essentielles formulées de *Juniperus oxycedrus L.* de la région Tagdemt (Tiaret) ainsi que pour les témoins positifs et négatifs (Fig. 30).

Ensuite, toutes les boîtes de Pétri ont été incubées à 27°C, condition favorable au développement mycélien. Après incubation, la croissance mycélienne a été évaluée deux jours, quatre jours et huit jours après traitements avec prise des mesures des deux diamètres perpendiculaires de la zone de croissance.

A l'aide du logiciel Digimizer, nous avons procédé à la lecture de la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum f.sp albedinis* aux différentes doses d'huiles essentielles formulées de *Juniperus oxycedrus L.* de la région (Tagdemt) et des témoins positifs et négatifs.

Les résultats des tests antifongiques aux doses D1, D2 et D3 d'huiles essentielles formulées de *Juniperus oxycedrus L.* de la région Tagdemt (Tiaret) ont été confrontés avec ceux des doses D1, D2 et D3 appliquées sur boites de pétri des témoins positifs et négatifs.

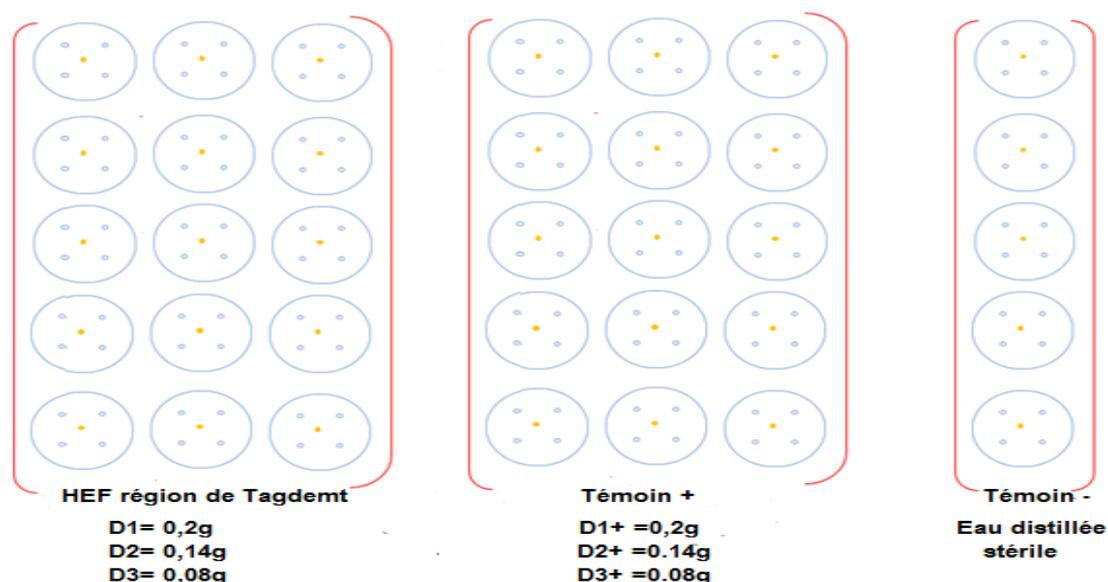


Figure 30 : Tests antifongiques des doses d'huiles essentielles de *Juniperus oxycedrus L.* sur *Fusarium oxysporum f.sp albedinis*.

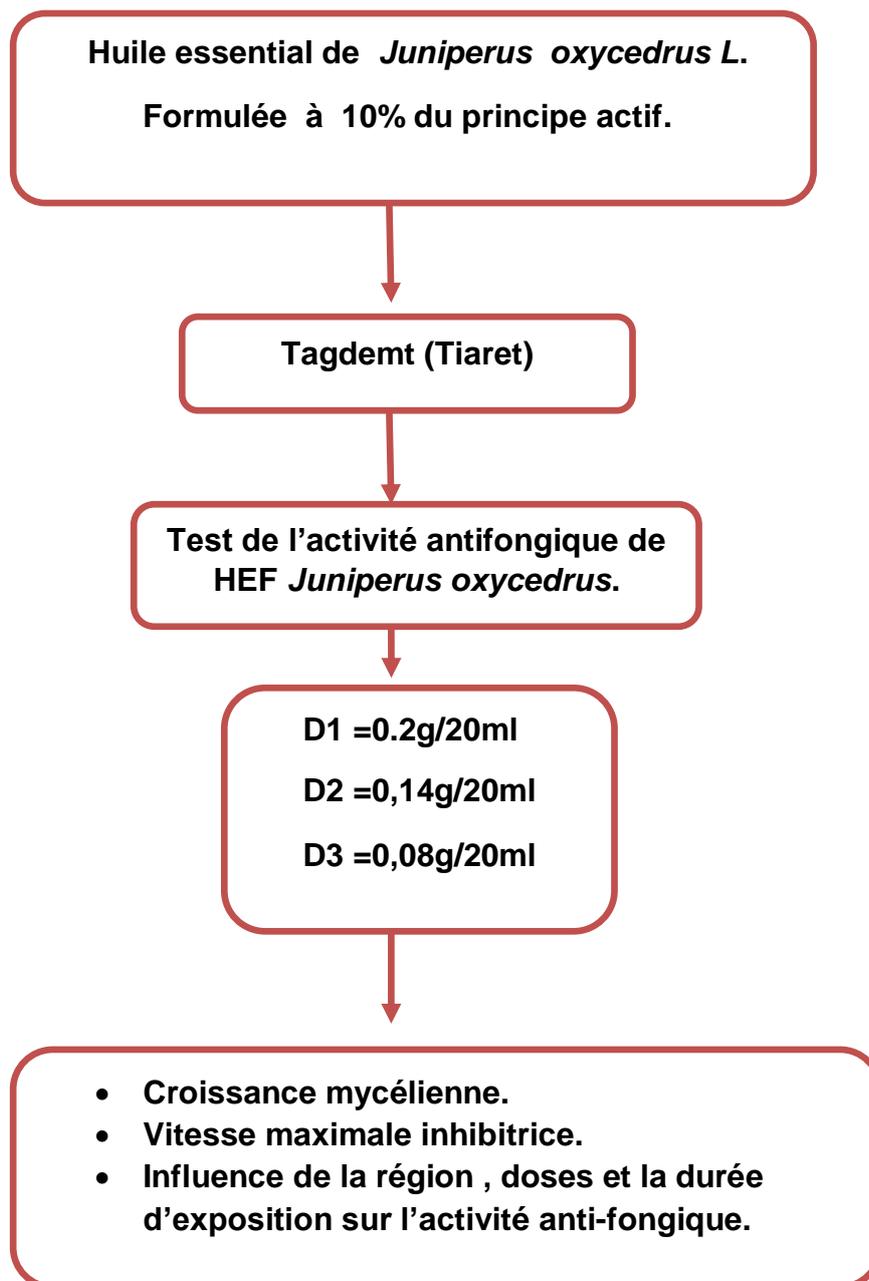


Figure 31 : Schéma directeur de l'étude.

III.4. Exploitation des données

III.4.1.1 Calcul du rendement

Le rendement en huile essentielle (R) est le rapport entre le poids de l'huile essentielle (P) et le poids de la plante traitée (P) (Carré, 1953) il est exprimé en pourcentage et calculé par la formule suivante

$$R\% = (P'/P) \times 100$$

R% : Rendement de l'huile
P' : Poids de l'huile en (g)
P : Poids de la plante en (g)

III.4.1.2. Détermination de l'indice antifongique (taux d'inhibition %)

Après incubation et tenant compte du test de contrôle (témoin positif), le calcul de l'indice antifongique a été déterminé selon la formule de Chang *et al.*, (1999).

$$IA = (1 - Da/Db) \times 100$$

Da: diamètre de la zone de croissance de l'essai.

Db: diamètre de la zone de croissance du test de contrôle (témoin positif).

III.4.1.3. Détermination de la vitesse de croissance mycélienne

La vitesse de la croissance mycélienne de chaque concentration est déterminée par la formule :

$$VC = [D_1/Te_1] + [(D_2 - D_1)/Te_2] + [(D_3 - D_2)/Te_3] + \dots + [D_n - D_{n-1}]/Te_n]$$

VC : vitesse de la croissance mycélienne

D: diamètre de la zone de croissance de chaque jour.

Te: temps d'incubation

III.4.2. Analyses statistiques des données

Le but est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions suivantes : régions géographiques, composition en chémotype du bioproduit, effet direct du bioproduit, forme biologique, doses. La croissance mycélienne a été calculée à l'aide du logiciel Digimizer version 4.1 (Copyright @ 2005-2012 MedCalc Software bvba). Les tests statistiques ont été déroulés par le logiciel PAST version 3.1 (Hammer *et al.*, 2001). Le seuil de 5% a été retenu pour tous les tests. Dans la mesure où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.).

Troisième partie

Résultats et discussion

Chapitre IV : Résultats

Les résultats de notre travail d'évaluation de l'activité antifongique de huile essentielle formulée de *Juniperus oxycedrus L.* de la zone géographique Tagdemt (Tiaret), extraite par hydrodistillation sur champignon *Fusarium oxysporum f.sp albedinis*, menées conditions de laboratoire sont présentés dans cette partie.

IV.1. Rendement d'extraction

l'huile essentielle formulée de *Juniperus oxycedrus L.* est d'une couleur transparente avec une odeur piquante. Les résultats relatifs au rendement moyen en huile essentielle de *juniperus oxycedrus* s'est révélé fort intéressant avec un taux de 3,66%. (Tableau 04)

Tableau 04 : Rendement en huile essentielle de *Juniperus oxycedrus L.* de la région de Tagdemt (Tiaret)

Origine	Dates de récolte	Organe	Méthode d'extraction	Durée d'extraction	Matière végétale	Rendement
Tagdemt	Février 2019	Baies broyées	Hydrodistillation Type clevenger	2 heures	200 g	3,66%

IV.2. Evaluation de l'activité antifongique

L'activité antifongique du bioproduit formulée à base d'huile essentielle de *Juniperus oxycedrus L* a été évaluée in vitro sur la souche fongique *Fusarium oxysporum f.sp albedinis* à différents temps après traitements (2 jours, 4jours et 8 jours) et à différentes doses (D1= 0.2g/20ml, D2= 0.14g/20ml, D3= 0.08g/20ml).

IV .2.1. Effets comparés des doses sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum f.sp albedinis*

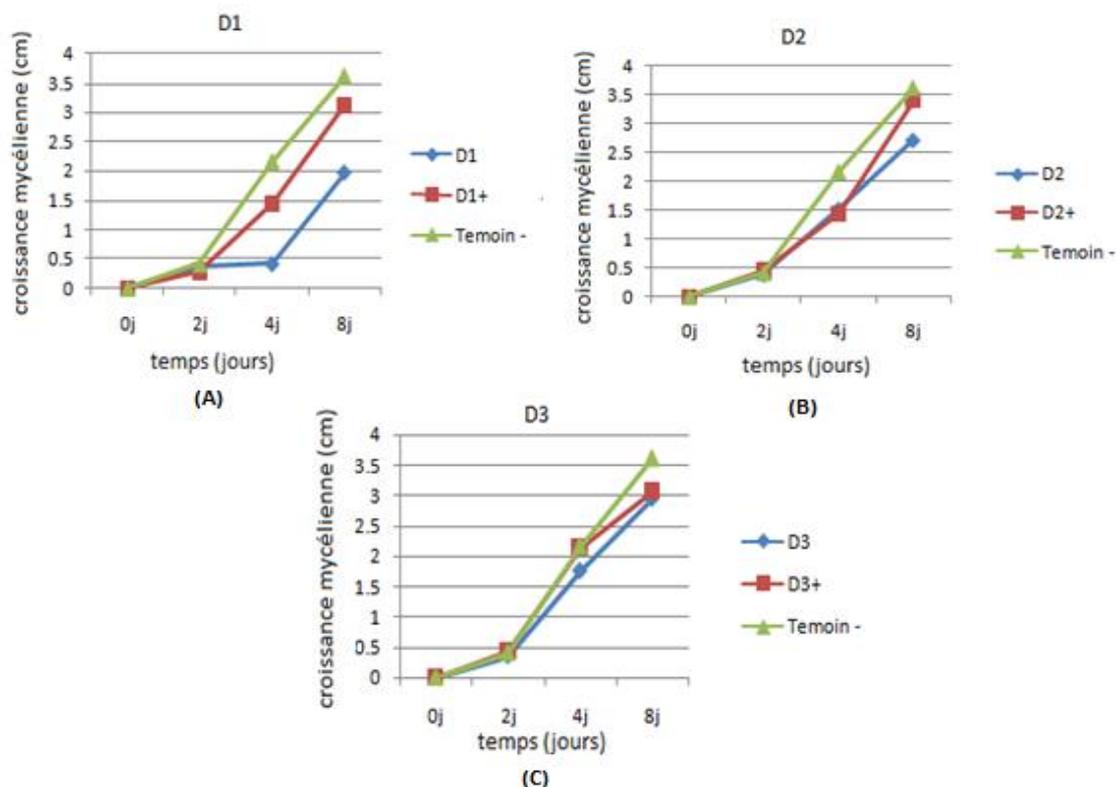


Figure 32 : Effets comparés des doses sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum f.sp albedinis* dans le temps.
(A) : effet de la D1 (B): effet de la D2 (C): effet de la D3.

Les résultats comparatifs de l'effet des différentes doses sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum f.sp albedinis* dans le temps ont montré selon:

La figure **(A)** qui affiche une nette différence de croissance mycélienne à partir du 2^{ème} jour et cela pour tous les traitements. En effet; on enregistre que la (D1) a un effet répressif par rapport à la (D1+) sur la croissance du *Foa* et cela jusqu'au 4^{ème} jour après traitement qui se traduit par un gain égal à 71.62% alors qu'à la fin du suivi, on note la valeur de 1.961cm pour D1 et de 3.118cm pour (D1+) ce qui donne un gain de réduction de croissance de 37.10%.

La figure **(B)**, qui montre qu'à partir du 2^{ème} jour après traitement; la croissance mycélienne sous l'effet de la (D2) et (D2+) est inférieure à celle du témoin négatif (T). Au-delà du 4^{ème} jour, l'effet des traitements se distinguent et montre une réduction de la croissance mycélienne de la (D2) avec valeur de 2.720 cm au 8^{ème} jour par

rapport à la dose (D2+) qui affiche une valeur de 3.392cm , ce qui se résume en un gain de réduction de croissance de l'ordre de 19.81%.

La figure (C), on constate que les trois traitements évoluent d'une manière similaire sous l'effet du bioproduit à la dose (D3 = 0.08g/20ml) en affichant une croissance progressive à partir du 2^{ème} jour jusqu'à la fin du suivi ce qui nous amène à dire que cette dose a un effet négligeable sur la croissance mycélienne par rapport au témoin positif (D3+) et le témoin négatif (T-).

IV .2.2.Test de WILCOXON des doses étudiées sur la croissance mycélienne

Le concept du test de Wilcoxon est la comparaison par paire entre les facteurs étudiés.

d'un point de vue statistique ; il indique un seuil qui ne dépasse pas 5%,la comparaison par paire de l'effet des déférents doses sur la croissance mycélienne de la souche testée, montre aucune différence significative engendré par la dose (D1) et (D1+) ($p=0.28505 >5\%$). En comparant aussi le Témoin négatif (T-)avec la dose (D1) ce test ne révèle pas une différence significative ($p=0.1881 >5\%$), ainsi le même résultat obtenu entre la dose (D1+) et le témoin négatif (T-) ($p=0.10881 > 5\%$). on remarque aussi que (D2, D2+) engendrent des différences non significatives de ($p=0.59298. >5\%$). et entre (D2) , témoin négatif (T-) ($p=0.10881 > 5\%$) même pour (D2+) et Témoin négatif (T-) ($p=0.28505 >5\%$). Même pour les paires (D3) et (D3+)avec une valeur de ($p=0.10881 >5\%$). et la dose (D3+), témoin négatif (T-) ($p=0.28505 > 5\%$). (D3), témoin négatif(T-) ($p=0.10881 > 5\%$).

	D1	Temoi_n_-	Temoi_n_-	D1+	D1	D1+
N:	4		4		4	
Mean:	0.68613	1.5555	1.5555	1.217	0.68613	1.217
Median:	0.39143	1.2952	1.2952	0.87479	0.39143	0.87479
WILCOXON	0.10881		0.10881		0.28505	
Monte Carl	0.25002		0.25176		0.49918	
	D2	Temoi_n_-	Temoi_n_-	D2+	D2	D2+
N:	4		4		4	
Mean:	1.1575	1.5555	1.5555	1.3217	1.1575	1.3217
Median:	0.95449	1.2952	1.2952	0.94735	0.95449	0.94735
WILCOXON	0.10881		0.28505		0.59298	
Monte Carl	0.25002		0.50094		0.75037	
	D3	Temoi_n_-	Temoi_n_-	D3+	D3	D3+
N:	4		4		4	
Mean:	1.2679	1.5555	1.5555	1.4073	1.2679	1.4073
Median:	1.0585	1.2952	1.2952	1.2832	1.0585	1.2832
WILCOXON	0.10881		0.28505		0.10881	
Monte Carl	0.25002		0.50094		0.24956	

Tableau 05 : Les résultats comparatives de test de WILCOXON.

IV .3. Comparaison de la vitesse de croissance mycélienne des doses dans le temps

D'après l'histogramme de (la figure 33) relatif à la vitesse de la croissance mycélienne de la souche fongique *Foa* sous l'effet temporel des différentes doses, on constate que pour la plus forte dose (D1) ,la valeur de la vitesse de croissance est estimée à 1.967 cm/jours alors qu'elle est de 3.263 cm/jours pour son témoin (D1+) ce qui correspond à un écart de 1.296cm/jours. concernant la dose (D2) ,la vitesse de la croissance mycélienne est de 2.863 cm/jours alors qu'elle est de 3.515 cm/jours pour (D2+) avec un écart de 0.670cm/jours . quant à la dose (D3) la vitesse de la croissance mycélienne est estimée à 3.130 cm/jours par rapport au témoin positif (D3+) en affichant un écart de 0.670 cm/jours . Toutefois, la vitesse la plus rapide est enregistrée par le témoin négatif (T-) avec la valeur de 3.852 cm/jours.

Ces résultats nous confirment que l'activité antifongique est assurée par la présence de la matière active dans la bioformulation testée.

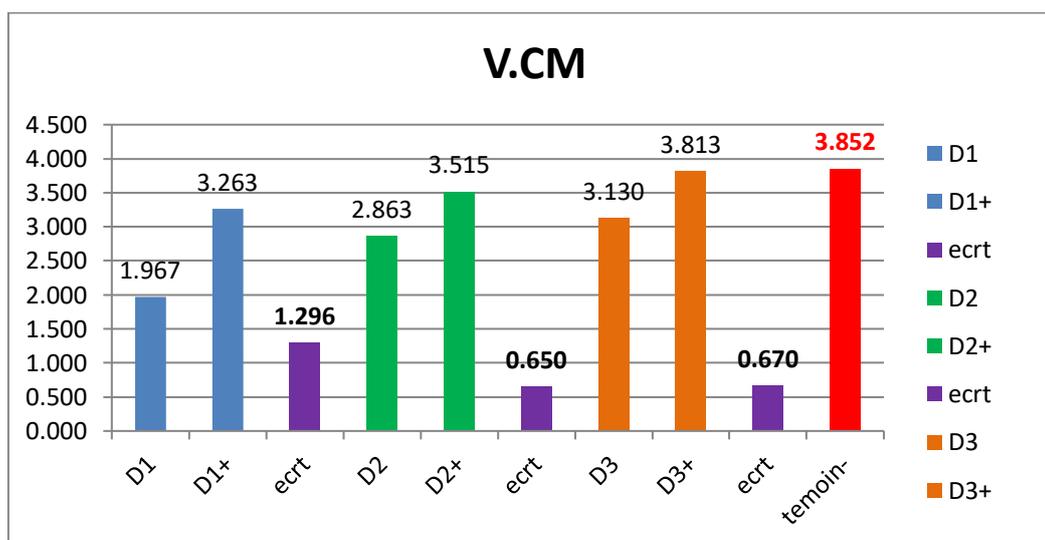


Figure 33 : Histogramme relatif à la vitesse de croissance mycélienne pour les différentes appliquées d'huile essentielle formulée de *Juniperus oxycedrus L.*

IV.4. Effets comparés des taux d'inhibition des doses de l'huile essentielle formulée dans le temps

L'analyse de la variance type GLM se résume dans tableau ci-dessus qui désigne que la nature biologique des matières actives ne présente pas un effet significatif pour le facteur dose avec une probabilité (F-ratio=1.246;p=0.353;p>0,01) Par ailleurs, le facteur temps révèle une différence hautement significative sur les taux d'inhibition de la croissance mycélienne avec une probabilité (F-ratio=132.382; p=0; p<0,01) (Tableau 06).

Selon, les résultats graphiques de (la figure 34) ,on constate que tous les traitements du bioproduit formulé à base *Juniperus oxycedrus L* , ont eu un effet inhibiteur de la croissance mycélienne. Cependant, la dose (D1) se révèle la plus efficace avec un taux \approx 58%, suivie de la (D2) avec un taux de \approx 53% et enfin la (D3) plus faible dose, en affichant un taux d'inhibition de \approx 50%.

Les résultats du test GLM, enregistre une différence significative existe au facteur temps. Néanmoins, on remarque dans (la figure 34) que les traitements ont un effet répressur sur la croissance mycélienne pendant les deux premiers jours après traitement qui se traduit par un taux d'inhibition plus de 80%.en effet ,à partir du 4^{ème} jour, on constate une réduction progressive du taux d'inhibition se rétrograde, et cela jusqu'à la fin de suivi .Ce qui nous permet de dire que l'huile essentielle formulée de *Juniperus oxycedrus L*. à une action fongistatique et non fongicide.

Analysis of variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
TEMPS\$	17,602.41	3	5,867.47	132.382	0
DOSE\$	110.44	2	55.22	1.246	0.353

Tableau 06 : Modèle GLM appliqué à l'effet des doses dans le temps.

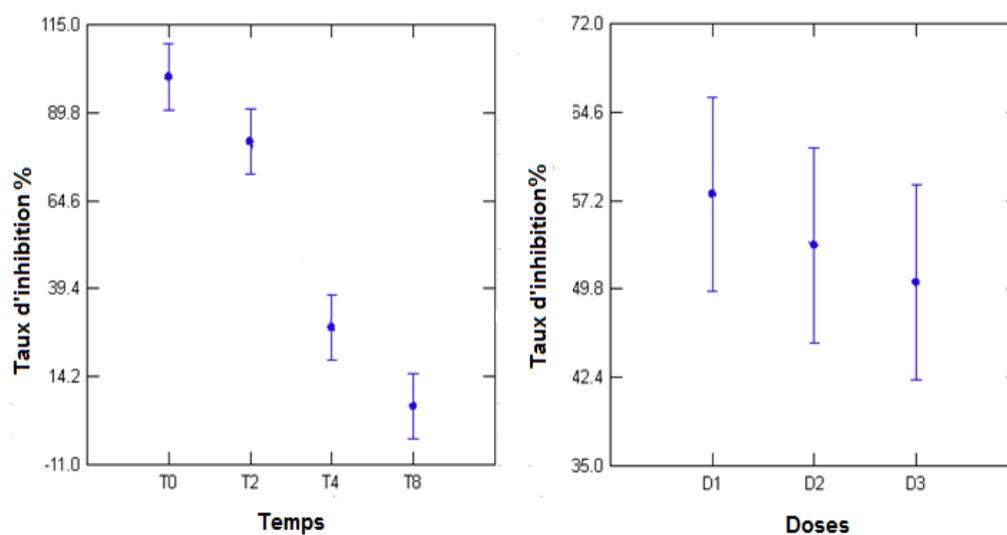


Figure 34 : Effets comparés du taux d'inhibition des doses (D1; D2 et D3) sur *Fusarium oxysporum f.sp albedinis* .

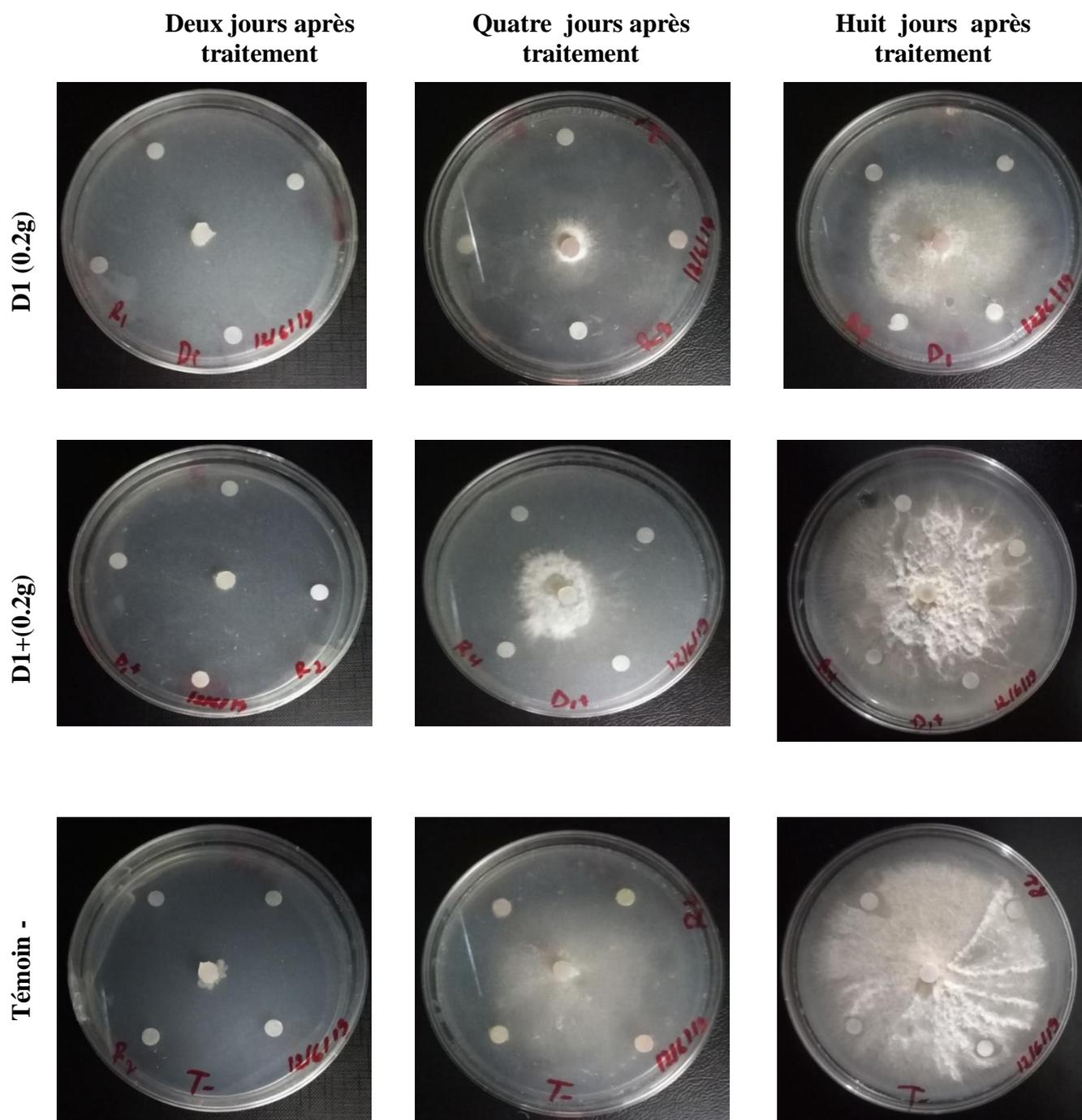


Figure 35 : test de l'activité antifongique de la dose D1 (0.2g)

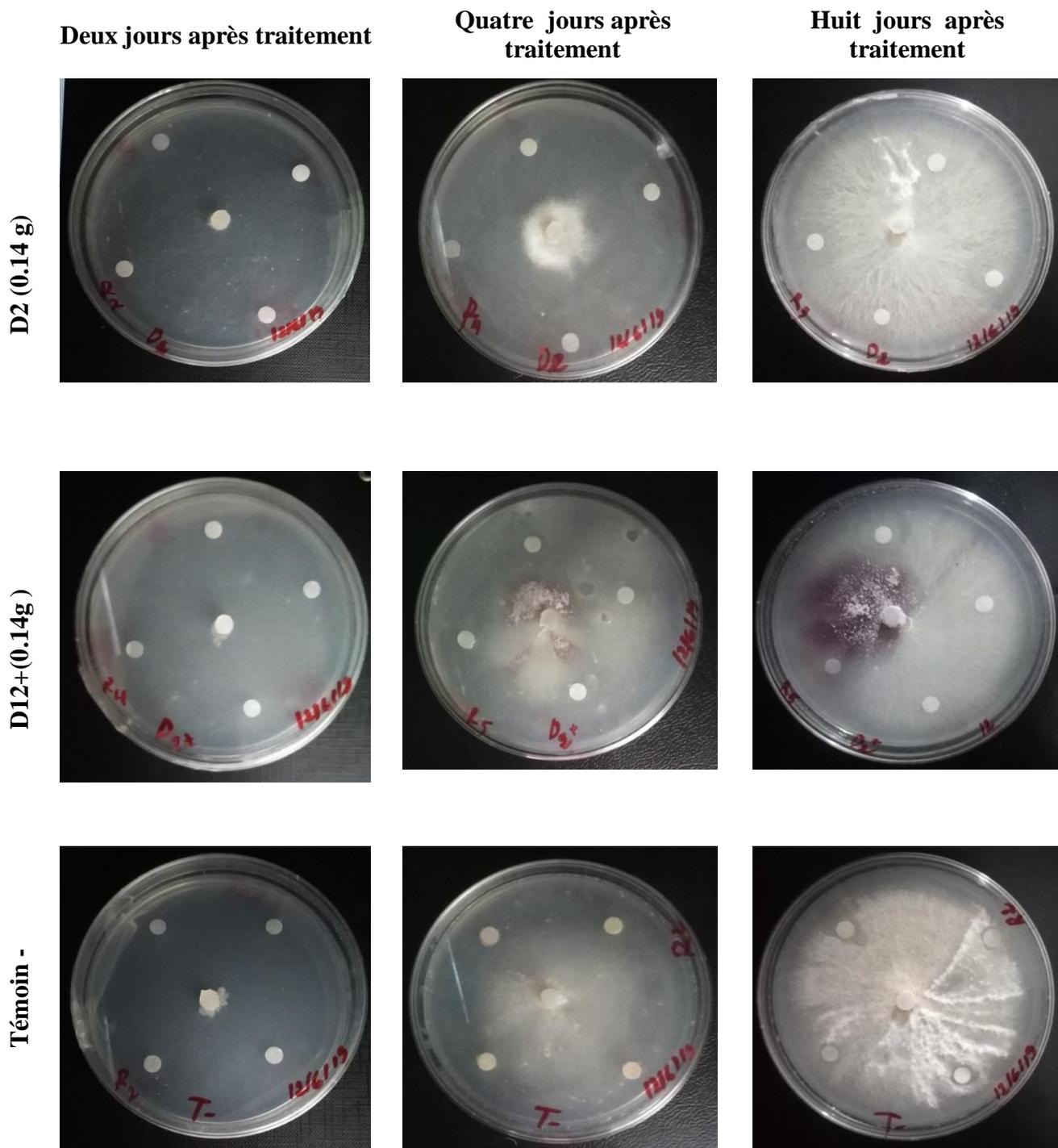


Figure. test de l'activité antifongique de la dose D2 (0.14g)

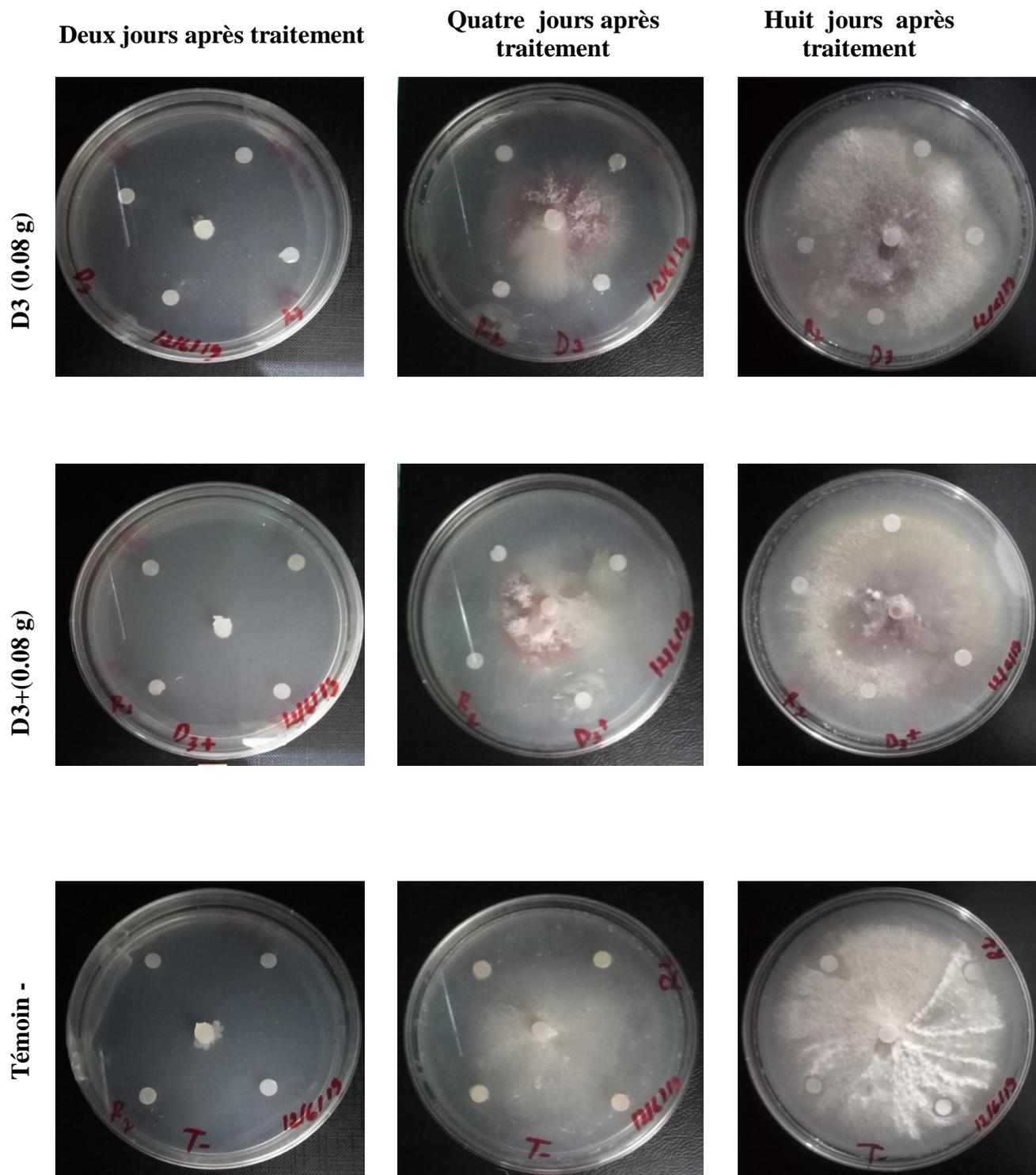


Figure. test de l'activité antifongique de la dose D3 (0.08g)

Chapitre V : Discussion.

Cette partie traite les principaux résultats de l'estimation temporelle de l'activité antifongique de l'huile essentielle formulée de *Juniperus oxycedrus* L. issue de la région (Tagdemt), sur la souche fongique *Fusarium oxysporum f.sp albedinis*.

V.1. Rendement de l'extraction en huile essentielle

Le rendement en huile essentielle de *Juniperus oxycedrus* s'est révélé fort intéressant avec un taux de 3,66%, obtenu à partir de la matière végétale sèche broyée des baies de cette plante issue de la région Tagdemt.

Cependant ce rendement est supérieur à celui (Bouyahyaoui ,2017) qui a enregistré un taux de 2,5% d'huile essentielle pour la même quantité de matière sèche (200 g) de baies de *Juniperus phoenicea*. Cette déférence de rendement pourrait être reliée à la différence d'altitude entre les deux sites de collecte, En effet Tagdemt est située à 852m d'altitude, alors qu'Ain safra est à 1480 m d'altitude.

Par ailleurs, le rendement en huiles essentielles est sous l'influence de facteurs divers, entre autres, l'ensoleillement, la nature et les composants du sol, la température, l'altitude, le climat, la région de culture et la composition génétique des individus (Achak, 2006 ; Massei et *al.*, 2006). De même, Mata et *al.* (2007) stipulent que l'espèce végétale, la durée d'extraction, la granulométrie de la matière et l'état de la matière végétale peuvent influencer le rendement en huile essentielle

V.2. Estimation de l'activité antifongique de l'huile essentielle formulée de *juniperus oxycedrus* sur *fusarium oxysporum f.sp albedinis*

Les résultats de l'activité antifongique de l'huile essentielle formulée de *juniperus oxycedrus* L. sur *Fusarium oxysporum f.sp albedinis*, révèlent qu'à partir du 2^{ème} jour après traitement, bien que les doses soient de faible concentration, on note une nette différence de croissance mycélienne et cela pour tous les traitements par rapport à celles des témoins. Cependant, de nombreuses études prouvent que les huiles essentielles possèdent une activité antifongique contre un certain nombre de mycètes (Bonnemain et *al.*, 2003).

L'activité fongistatique de l'huile essentielle de *Juniperus oxycedrus* L. sur *Fusarium oxysporum f.sp albedinis* dans le temps confirmée par les résultats de cette étude qui ont montré une reprise de la croissance mycélienne après le deuxième jour de traitement qui pourrait être expliquée par la présence des composés phénoliques connus pour leur volatilité ce qui confère à l'huile essentielle une courte rémanence

ainsi qu'à la capacité du *Foa* à développer une résistance contre de nombreux agents antimicrobiens,

En effet, plusieurs études sur la composition chimique des métabolites secondaires de *Juniperus oxycedrus L.*, ont montré des teneurs importantes en composés phénoliques. Chaouche et al., (2014) rapportent que l'écorce de racine de *Juniperus oxycedrus L.* récoltée en Algérie est une source riche en composés phénoliques tels que les oligomères de la proanthocyanidine, l'hexose de la quercétine, la quercitrine et le glucoside de la dysamnetine qui sont considérés comme des antioxydants naturels précieux alors que selon (Taviano et al., 2013), les huiles essentielles des baies de *Juniperus oxycedrus L.* de Turquie sont essentiellement composées de myrcène 44.6% ,pinène 19.9% et germacrène D 15.5% et celles du Liban sont composées de α -pinène 27.4% , β -myrcène 18.9% , α -phellandrene 7.1%.

Selon les données bibliographiques, l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *J. phoenicea* et *J. oxycedrus* de l'Algérie pourrait être associée à la quantité des terpènes et de leurs composés majoritaires (par exemple α -pinène, myrcène, β -pinène, linalol, myrcène, β -phellandrene et germacrène D). Ces composés possèdent une forte activité antimicrobienne (Deba et al., 2008 ; Derwich et al., 2010 ; Mansouri et al., 2010 ; Mazari et al., 2010 ; Devendra, 2011 ; Ramdani et al., 2013), en attaquant à la membrane plasmique, ce qui provoque une augmentation de la perméabilité et la perte de constituants cellulaires (Jacob et al., 1979 ; Knobloch et al., 1989 ; Denyer et Hugo, 1991; Sikkema et al., 1994).

De plus, l'effet antifongique de cette huile essentielle est confirmée par les résultats obtenus qui concordent avec ceux de Singh et al., (1980) qui rapportent que les huiles essentielles sont souvent reconnues comme de bons composés fongitoxiques.

Au 4^{ème} jour après traitement, on constate une précocité de reprise de la croissance mycélienne pour la dose (D3) par rapport à celle de la dose (D2) se traduisant par une réduction de croissance de l'ordre de 19.81% , et de la dose forte (D1) avec une réduction de croissance de l'ordre de 37.10% , qui s'est révélée qu'après huit jours d'exposition de la souche fongique formulée de *Juniperus oxycedrus L.*, présente une nature fongistatique vis-à-vis de la souche sur *Fusarium oxysporum f.sp albedinis* qui serait probablement due à la nature de l'huile essentielle et ses composants qui ont une durée d'action restreinte.

Ces mêmes résultats confirment l'effet toxique de l'huile essentielle formulée de *Juniperus oxycedrus L.* par rapport aux témoins positifs (sans matière active) et négatif (eau distillée qui ont révélé une vitesse de croissance mycélienne sous l'effet des doses (avec matière active) plus réduite à celle des témoins positifs (sans matière active) qui reste elle même inférieure à celle du témoin négatif qui enregistre la plus grande vitesse de la croissance mycélienne. Ces résultats nous confirment que l'activité antifongique est assurée par la présence de la matière active dans la

bioformulation testée. Selon Bouhache et *al.*, (2015), les effets secondaires négatifs des adjuvants peuvent être négligeables ou éphémères par contre d'autres, selon la dose utilisée, peuvent avoir des effets stimulateurs ou inhibiteurs de la croissance et du processus des systèmes biologiques.

Quant à l'effet dose, les résultats ont montré que tous les traitements du bioproduit formulé ont eu un effet sur la croissance mycélienne. Cependant, la forte dose (D1) se révèle la plus efficace avec un taux $\approx 58\%$; suivie de la (D2) avec un taux de $\approx 53\%$ et enfin la faible dose (D3) en affichant un taux d'inhibition de $\approx 50\%$. Nos résultats corroborent avec ceux de Mazari,(2009) qui a travaillé sur des espèces de genévrier (*Juniperus phoenicea* L., *Juniperus oxycedrus* L) de la région de Tlemcen et qui a enregistré un taux d'inhibition de 51,42 pour les tests réalisés avec l'huile essentielle de *J. oxycedrus* et un taux de 46,71% celle de *J. phoenicea*.

La forte dose (D1) a révélé le taux d'inhibition le plus important ce qui nous amène à dire que le taux d'inhibition est relatif à la dose .En effet plus la dose augmente plus l'efficacité augmente. Nos résultats concordent avec ceux de (Benamarouche., 2010) qui ont montré que la concentration pure présente le pourcentage d'inhibition le plus important alors que les autres concentrations ont montré une activité modérée. De même, Camara et *al.*,(2010) ont comparé l'activité antifongique de deux huiles essentielles issues de *Melaleuca quinquenervia* L. et *Eucalyptus platyphylla* F. Muell sur *Deightoniella torulosa* et ont constaté que des huiles à différentes concentrations se sont montrées toxiques sur le champignon en réduisant considérablement sa croissance mycélienne et en inhibant la production de spores respectivement aux doses de 7 μ l/ml et 10 μ l/ml.

De ce fait, les composés secondaires des plantes, entre autres, les huiles essentielles, possèdent plusieurs modes d'action sur les différentes souches fongiques mais d'une manière générale, leur action se déroule en trois phases : l'attaque de la paroi par l'extrait végétal, provoquant une augmentation de la perméabilité puis la perte des constituants cellulaires, l'acidification de l'intérieur de la cellule bloquant la production de l'énergie cellulaire et la synthèse des composants structuraux et enfin, la destruction du matériel génétique conduisant à la mort du champignon (Hammer et *al.*., 2001).

Figure	Titre	Page
Figure n° 01 :	Schéma du palmier dattier (Munier, 1973)	05
Figure n° 02 :	Régions phoenicicoles d'Algérie (Munier, 1981).	06
Figure n° 03 :	Situation épidémiologique du « Bayoud » du palmier dattier (Fernandez et <i>al.</i> , 1995).	08
Figure n° 04 :	Cycle infectieux de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i> , agent causal de la maladie du Bayoud. (Modification apportée depuis Agrios, 2005 ; Sedra, 2006)	10
Figure n° 05 :	Premiers symptômes typiques du Bayoud (première fronde de la couronne moyenne affectée) (Hakkou et <i>al.</i> , 2012)	11
Figure n° 06 :	Symptômes atypiques du Bayoud. (Sedra, 2006)	12
Figure n° 07 :	Coupe transversale au niveau central d'un tronc d'un dattier atteint du bayoud qui illustre la coloration rouge des tissus vasculaire (Djerbi, 1982)	13
Figure n° 08 :	Coupe transversale au niveau de l'apex du tronc d'un dattier atteint du bayoud qui montre l'impact du F.o.a sur certains vaisseaux (Djerbi, 1982)	13
Figure n° 09	Stade final de la maladie (Hakkou et <i>al.</i> 2012)	13
Figure n° 10 :	Organes de reproduction asexuée de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i> au MEB (Rahmania, 2000)	15
Figure n° 11 :	Diversité des structures de sécrétion des huiles essentielles (Fahn, 1988)	22
Figure n° 12 :	Structure chimique de l'isoprène (Bakkali <i>et al.</i> , 2008).	23
Figure n° 13 :	Structure chimique de quelques composés aromatique (Bakkali et <i>al.</i> , 2008).	23
Figure n° 14 :	Schéma du principe de l'hydro distillation (Samadi, 2017)	24
Figure n° 15 :	Répartition du genre <i>Juniperus</i> dans le monde (Mao et <i>al.</i> , 2010) in (Bouadam-Farhi, 2013).	26
Figure n° 16 :	<i>Juniperus oxycedrus</i> (Dupont et Guignard, 2007).	26
Figure n° 17 :	Région de récolte de <i>Juniperus oxycedrus</i> L. (Google earth, 2019).	29
Figure n° 18 :	Diagramme Ombrothermique de la région de Tagdemt (Tiaret) (Année 2018).	30

Figure n° 19 : Climagramme pluviométrique d'Emberger pour la région de Tagdemt (2008-2018)	31
Figure n° 20 : Baies de <i>Juniperus oxycedrus L.</i> (Original, 2019)	32
Figure n° 21 : Broyat des baies de <i>Juniperus oxycedrus L.</i>	32
Figure n° 22 : Schéma récapitulatif de l'extraction des huiles essentielles de <i>Juniperus oxycedrus L.</i>	33
Figure n° 23 : Etapes de préparation du milieu de culture PDA	34
Figure n° 24 : Etapes d'isolement de <i>Fusarium oxysporum f. sp albedinis</i>	35
Figure n° 25 : Souche de <i>Fusarium oxysporum f.sp .albedinis</i> après repiquage (original 2019)	36
Figure n° 26 : Préparation des dilutions pour les tests d'activité antifongique.	37
Figure n° 27 : Dépôt du disque mycélien au centre de la boîte de pétri contenant le milieu de culture PDA (Original, 2019)	37
Figure n° 28 : Disque imbibé d'huile essentielle formulée jusqu'à saturation (Original, 2019)	38
Figure n° 29 : Dépôt des disques imbibés d'huile essentielle formulée dans la boîte de pétri contenant le milieu de culture PDA (Original, 2019)	38
Figure n° 30 : Tests antifongiques des doses d'huiles essentielles de <i>Juniperus oxycedrus L.</i> sur <i>Fusarium oxysporum f.sp albedinis.</i>	39
Figure n° 31 : Schéma directeur de l'étude	40
Figure n° 32 : Effets comparés des doses sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium oxysporum f.sp albedinis</i> dans le temps.	43

Figure n° 33 :	Histogramme relatif à la vitesse de croissance mycélienne pour les différentes appliquées d'huile essentielle formulée de <i>Juniperus oxycedrus L.</i>	45
Figure n° 34 :	Effets comparés du taux d'inhibition des doses (D1; D2 et D3) sur <i>Fusarium oxysporum f.sp albedinis.</i>	47
Figure n° 35 :	Test de l'activité antifongique de la dose D1(0.2g)	48
Figure n° 36 :	Test de l'activité antifongique de la dose D2(0.14g)	49
Figure n° 37 :	Test de l'activité antifongique de la dose D3(0.08g)	50

Tableau	Titre	Page
Tableau n° 01 :	Production mondiale des dattes (FAO, 2007).	04
Tableau n° 02 :	Classification botanique de <i>Juniperus oxycedrus L.</i> (Klimko et <i>al.</i> , 2007).	26
Tableau n° 03 :	Principaux composants dominants dans les huiles essentielles de <i>Juniperus oxycedrus</i> rapporté dans différents travaux (Taviano et <i>al.</i> , 2013).	28
Tableau n° 04 :	Rendement en huile essentielle de <i>Juniperus oxycedrus L.</i> de la région de Tagdemt (Tiaret)	42
Tableau n° 05 :	Les résultats comparatives de test de WILCOXON.	44
Tableau n° 06 :	Modèle GLM appliqué à l'effet des doses dans le temps.	46

Liste des abréviations

F.o.a : *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*.

HE : Huile essentielle.

HEF : Huile essentielle formulée .

D : Dose.

PDA : Potato Dextrose Agar.

Moy : Moyenne.

g : Gramme.

ml :Milimètre .

G.L.M : General linear model .

V.CM : Vitesse de croissance mycélienne .

Conclusion générale
et perspectives

Conclusion générale et perspectives

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera*), occupe une place de choix dans le commerce international ; elle génère des revenus importants pour les pays producteurs. La pression parasitaire exercée sur les palmeraies peut se traduire par des pertes importantes. L'un des parasites du palmier est un champignon imparfait (*Fusarium oxysporum f.sp. albedinis*) responsable de la maladie vasculaire appelée Bayoud. Cette maladie est aujourd'hui parmi les pressions parasitaires affectant cette culture.

La recherche de moyens de lutte contre la maladie du Bayoud (ou fusariose vasculaire du palmier dattier) n'a abouti jusqu'à ce jour à aucun traitement efficace, la lutte chimique en particulier s'étant révélée inadéquate. Le recours aux substances naturelles suscite donc un intérêt croissant dans la recherche.

Au terme de ce travail, les résultats aux quels nous sommes parvenus confirment que l'huile essentielle formulée de *Juniperus oxycedrus L.* a manifesté un pouvoir antifongique sur la souche testée *Fusarium oxysporum f.sp. albedinis* présentant ainsi des potentialités phytosanitaires intéressantes vouées à une lutte biologique plus efficace et respectueuse à l'environnement de phéniculture.

La variation temporelle de la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum f.sp. albedinis* enregistrée durant les deux premiers jours après traitement par un taux d'inhibition de la forte dose D1 58% suivie de la moyenne dose D2 avec un taux d'inhibition de 53% et enfin de la faible dose D3 affichant un taux de 50% permet de dire qu'il y a une relation étroite entre la dose et la toxicité du bioproduit formulé à base d'huile essentielle de genévrier. En effet plus la dose augmente, plus l'effet fongitoxique est important.

La réduction progressive du taux d'inhibition traduit par la reprise de la croissance mycélienne du *Foa* démontre que l'huile essentielle formulée de *Juniperus oxycedrusL.* a une action fongistatique et non fongicide.

Enfin, ces résultats prometteurs nous incitent à prendre soin des forêts en général; et le genévrier en particulier en préservant cette essence forestière.

Dans cette perspective, Il serait intéressant dans les études futures de faire la caractérisation des molécules de l'huile essentielle de *Juniperus oxycedrus L.* , et d'étudier son activité sur les sclérotés de *Fusarium oxysporum f.sp. albedinis* pour éviter cette forme de conservation de ce champignon et de rechercher des moyens d'optimisation du rendement de l'huile essentielle de cette plante et d'étudier les paramètres bioclimatiques influençant sa qualité phytochimique.

Conclusion générale et perspectives

De même, il serait donc souhaitable d'envisager d'autres études approfondies pour mettre en évidence les effets biologiques et les vertus médicinales de cette plante et de ses huiles essentielles.

Références bibliographiques

Abdellah B A. 1990. CIHEAM. Option mediterranean's. la phoeniciculture, inrat, ser . A/n =11 , 1990, Les systemes agricoles Oasiens Agriculture. . 102 p.

Achak N., 2006. Contribution à la valorisation des substances naturelles : Etude des huiles essentielles des cupressacées de la région tensift Al haouz-Marrakech. Thèse de Doctorat.Université Kaddy ayad. Maroc. 240 p.

Agrios, G. N. (1997) Plant pathology . 4è ed. *Academic press*. London p-635.

Alabouvette, C. Olivain, C. Migheli, Q. Steinberg, C. (2009) Microbial control of soil-born phytopathogenic fungi with special emphasis on wilt inducing *Fusarium oxysporum*. *New phytol* 184: 529-544.

Amir, H. et Amir, A. (1988) Les relations plante-sol-microflore dans le déterminisme du Bayoud. *Table ronde sur le Bayoud, Alger*, 19- 20 Septembr. 106 p.

Amir, H. et Amir, A. (1988) Les relations plante-sol-microflore dans le déterminisme du Bayoud. *Table ronde sur le Bayoud, Alger*, 19- 20 Septembre.and control. *Date Palm Journal* I. (2):153-198.

and Jarni K. (2011). Absence of geographical structure of morphological variation in Africa

Anonyme ,(2006)- Agriculture par les chiffres.antioxydant, antibacterial and antifungal activities of the essential oils from *Bidens pilosa* Linn. var. *radiata*. *Journal of Food Control*, 19, 346-352.

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, Institue d'Agronomie, Centre Universitaire de Mascara, pp. 07-08.

Assigbetse K. B.,(1993) , Pouvoir Pathogène et diversité génétique chez *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* (Atk) SN. Et H. : Agent de la fusariose du cotonnier. Thèse de Doctorat. Université de Montpellier II, Paris, pp. 23-28.

Badji a, B. Riba A. b, Mathieu F. c, Lebrihi A. c, Sabaou N. (2005) Activité antifongique d'une souche d'Actinomadura d'origine saharienne sur divers champignons pathogènes et toxigènes. *Journal de Mycologie Médicale*. 15 : 211–219.

Bagnouls F. et Gausson H.,(1957) - Les climats biologiques et leur classification .*Annales de géographie* N° 335, pp 193-220.

Bakkali F., Averbek S., Averbek D. and Idaomar M.(2008). Biological effects

Baser H. C., Demirci K., Iscan B., Hashimoto G., Demirci T., Noma F. et Asakawa Y., (2006) - The essential oil constituents and antimicrobial activity of *Anthemis aciphylla* BOISS. var. *discoidea* BOISS. *Chem. Pharm.*

Bull., 54, pp 222-225.

Basil, A., Jimenez-carmonna M. M. & Clifford A.A. (1998).Extraction of rosemary by Super heated water. Journal of food chemistry.46,p:5205-5209.

Bayoud. FAO, (Rab/84/0/8), Alger, Algérie.

Belarbi R. Histologie du palmier dattier en relation avec la fusariose du palmier dattier. *Table ronde sur le Bayoud, Alger*, 19-20 septembre 1988.

BENAMAROUCHE S., 2010 - Pouvoir biopesticide d'une gamme de plantes spontanées à l'égard d'une collection de champignons.

Benhamou N., (2009) - Stimulateurs des défenses naturelles des plantes: une nouvelle stratégie phytosanitaire dans un contexte d'écoproduction durable.I. Principes de la résistance induite, 267p.

Betts T.J. (2001). Chemical characterisation of the different types of volatile oil

BONNEMAIN J-L. ET CHOLLET J-F., 2003 - Biologie et pathologie végétales. L'arsenal phytosanitaire face aux ennemis des plantes. Considérations générales. *C. R. Biologies* 326, pp: 1-7.

Bouhache M., Hajjaj B., Mrabet R. et Taleb A. (2015) - Enquête sur le désherbage des céréales en semis direct dans la région de la Chaouia, Maroc. Séminaire national sur l'agriculture de conservation: semis direct pour le système blé et alley-cropping pour le système orge parcours. INRA-CRRA de Settat.

Bouhired, L. (1988) Etude de la mycorhization du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Table ronde sur le Bayoud. Alger, 19-20 Septembre. INRAA-Beraki.

Boulenouar, N. Marouf A. Cheriti, A. (2009) Le BAYOUD : Symptômes et Lutte. Annales de l'Université de Bechar N° 5. [http://www.academia.edu/1998976/Le Bayoud Symptomes et Lutte.](http://www.academia.edu/1998976/Le_Bayoud_Symptomes_et_Lutte)

Bounaga N.,(1975), Germination de microconidies et macroconidies de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 66 : 39-44.

Malençon G.,(1947) , Mission d'étude dans les oasis du territoire d'Ain-Safra et de l'annexe du Tidikelt concernant une maladie du palmier dattier. *Ann. Agr. Alg.*,2:139-158.

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.

Bounaga, N et Djerbi, M. (1990) Pathologie du palmier dattier. *Options Méditerranéennes*, Sér. A | n 1 1, *Les systèmes agricoles oasiens*.

Bouyahyaoui A,2017- Contribution à la valorisation des substances naturelles :Etude des huiles essentielles des cupressacées de la région de l'Atlas algérien. Mostaganem : Thèse Pour l'obtention du Diplôme de

Doctorat en Sciences,58-59.

Bruneton, J. (1993) Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 2e édition, Tec et Doc., Lavoisier, Paris, 915 p.

Bruneton, J. (1993).Phytochimie. Plantes médicinales. Tec. & Doc., Lavoisier, Paris.

Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie, Phytochimie – Plantes médicinales – 3ème Ed Techniques et documentations. Paris. pp: 227-310-312-313-314.494.

Burfield T., Reekie S.L., (2005) - Mosquitoes, malaria and essential oils. Int. J. Aromatherapy. pp 30–41.

Camara B., Dick E., Sako A., Kone D., Kanko C., Boye M., Ake S. et Anno A., (2010)- Lutte biologique contre *Deightoniella torulosa* (Syd.) Ellis, par l'application des huiles essentielles d'*Eucalyptus platyphylla* F. Muell. et de *Melaleuca quinquenervia* L., Vol 8, Issue 4, pp 240–244

Chaiyasit D., Choochote W., Rattanachanpichai E., Parasitol R., (2006) - Essential oils as potential adulticides against two populations of *Aedes aegypti*, the laboratory and natural field strains, in Chiang Mai province, northern Thailand pp 99-715.

Chang C.W., Chang S.T. et Cheng S., (1999) - Antibacterial activities of plant essential oils against *Legionella pneumophila*. Water Research, 42(1-2), pp 278-286.

Chaouche T.M., Haddouchi F., Ksouri R., Medini F. and Atik-Bekara F. (2013) In vitro evaluation of antioxidant activity of the hydro-methanolic extracts of *Juniperus oxycedrus subsp. oxycedrus*. *Phytothérapie*. 11: 244–249. Chemical Characterization and Investigation of Some Biological Activities: A Critical Review. *Medicines*. 3 (4): 25. Chemistry, Bioactivity and Prospects for Australian Agriculture. *Agriculture*. 5: 48-

chromatography mass spectrometric (GCMS) analysis of essential oils of medicinal plants. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 4(8): 420-437.

Collins D.P. and Jacobsen B.J., (2003) - Optimizing a *Bacillus subtilis* isolate for biological control of sugar beet *Cercospora* leaf spot. Biol. Control, Vol 26 (2): pp 153-161.

Croteau R., Hooper CL., (1978) - Metabolism of monoterpenes: acetylation of -menthol by a soluble enzyme preparation from peppermint (*Mentha piperita*) leaves. Plant Physiol, Vol 61 pp 737–742.

date palms in Algeria. Plant Pathology. 55: 572.

De Kouassi M., (2001) - La lutte biologique : une alternative viable à l'utilisation des pesticides, Journal Vertigo. Vol 2 n°2, pp 7-12.

Dean. R, Jan A. L. Van Kan, Zacharias a. Pretorius, Kim e. Hammond-Kosack, Antonio Di Pietro, Pietro D. Spanu, Jason J. Rudd, Marty Dickman, Regine Kahmann, Jeff Ellis and Gary D. Foster. (2012) The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology* 13 (4), 414–430.

Deba F., Xuan T.D., Yasuda M. and Tawatu S., 2008. Chemical composition

and

Derwich E, Benziane Z. and Boukir A., 2010. Chemical composition of leaf essential oil of *Juniperus phoenicea* and evaluation of its antibacterial activity. *International Journal of Agriculture and Biology*, 12, 199–204.

Devendra M., Shivani J., Sangeeta P.S., Abhimanyu D. and Ganga B., 2011. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Senecio rufinervis* DC, (Asteraceae). *Indian Journal of Natural Products and Resources*. Vol. 2(1): 44

Dhifi W., Bellili S., Jazi S., Bahloul N., and Mnif W. (2016). Essential Oils'

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

Djerbi M. 1982. Bayoud disease in North Africa: history, distribution, diagnosis

Djerbi M. 1983. Diseases of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.).F.A.O.

Djerbi M. 1988. Les maladies du palmier dattier. Projet régional de lutte contre le

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

Djerbi M., Aouad L., Filali H., Saaidi M., Chtioui A., Sedra M.H., Allaoui M., Hamdaoui T., Oubrich M., 1986. Preliminary results of selection of high quality Bayoud resistant clones among natural dates palm population in Morocco. In : Proceedings of the second symposium of the date palm, Saudi Arabia, 383-399.

Djerbi, M. (1982) Diseases of date palm. *PNUD*, p. 119

Djerbi, M. (1990) Méthodes d'identification du Bayoud. FAO/PNUD/RAB/88/024. *Bulletin du réseau Maghrébin de recherche sur la phoeniculture et la protection du palmier dattier*. Octobre- décembre : 1 (1).

Dupont F. et Guignand J. L. (2007). Botanique: Systématique moléculaire. 14^{eme}

Duran-Vila N. 2006. First report of the "Maladie des feuilles cassantes (MFC)" of commercial gas chromatographic stationary phases. *Journal of Chromatography*. 936: 33–46.

Durraford, C.&Lapraz, J. C. (2002). Traité de phytothérapie clinique. Edition Masson.Paris.

Duschatzky C.B., Possetto M.L., Talarico L.B., Garcia C.C., Michis F., Almeida N.V., Lampasona M.P., Schuff C. et Damonte E.B., (2005) - Evaluation of chemical and antiviral properties of essential oils from South American plants. *Antivir. Chem. Chemother*. 16, pp 247–251.

Edition, Masson, Paris France. 188 p.

EL Hadrami A., EL Idrissi-tourane A., EL Hasseni M., Daayf F., EL

El Hadrami. A, El Idrissi-Tourane A. ; El Hassni, M. ; Daayf, F. ; El Hadrami, I. (2005) Toxin-based in-vitro selection and its potential application to date palm for resistance to the bayoud *Fusarium* wilt. *C. R. Biologies*, 328: 732–744.

El Hassni, M. El Hadrami, A. Daayfb, F. Chérif, M. Ait Barkad, E. El Hadram, I. (2007) Biological control of bayoud disease in date palm: Selection of microorganisms inhibiting the causal agent and inducing defense reactions. *Environmental and Experimental Botany*; **59** (2): **224–234**.

El hassni, M. El hadrami, A. Daayfe, F. Barka, E. A. et El hadrami, I: Chitosan. (2004) Antifungal product against *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* and elicitor of defence reactions in date palm roots.

El Modafar, C. (2010) Mechanisms of date palm resistance to Bayoud disease: Current state of knowledge and research prospects. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 74: 287- 294.

El Modafar, C. (2010) Mechanisms of date palm resistance to Bayoud disease: Current state of knowledge and research prospects. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 74: 287- 294.

Emberger L., (1952) - Sur le quotient pluviométrique. C.R. Academie Science: Paris; pp 2508–2510.

FAO. 2004. FAO stat data base, www.FAO.org.

FAO. 2007. Les Principaux Pays Producteurs de Dattes. FAOSTAT

Fernandez D, Lourd M, Ouinten M, Tantaoui A et Geiger JP. 1995. Le Bayouddu palmier dattier. Une maladie qui menace la phoeniciculture. Phytoma. La défense des végétaux. n° 469.

Fernandez, D. Ouinten, M. Tantaoui A. Geiger, J. P. (1995) Le Bayoud du palmier dattier; une maladie qui menace la phoeniciculture. Phytoma - *La défense des végétaux* - N° 469 Février.

Fourie, G. Steenkamp, E.T. Ploetz, R.C. Gordon, T.R. Viljoen, A. (2011) Current status of the taxonomic position of *Fusarium oxysporum* formae specialis cubense within the *Fusarium oxysporum* complex. *Infection, Genetics and Evolution* 11: 533–542.

Fravel, D. Olivain, C. Alabouvette, C. (2003) *Fusarium oxysporum* and its biocontrol. *Research revie. New Phytologist* 157 : 493–502.

Fredericks M., Denbrader K., 1988. Efficacité du bromure de méthyle et d'un

Garnero, M.J. (1977). Problèmes rencontrés au cours de l'étude de la composition chimique des huiles essentielles *in* Parfumes cosmétiques, arômes .14, p :31-40.

Gauvrit C. et Cabanne., (1993) - Oils for weed control: Uses and mode of action. Volume37. Pesticide Science. pp 147-153.**Brus R., Ballian D., Zhelev P., Pandz M., Bobinac M., Acevski J., Raftoyannis Y.**

Ghomari, F. N. (2009) Moyens de Luttés Chimique et Biologique Contre le *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* Agent Causal du Bayoud Chez le Palmier

Dattier *Phoenix dactylifera* L. thèse de magister. Univ. Oran. Algerie.

Hadrami I., 2005. Toxine-based in vitro selection and its potential application to date palm for resistance to the Bayoud *Fusarium* wilt – a review. C. R. Biol. 328, 732-744.

Hakkou, A. Chakroune, K. Souna, F. Bouakka, M. La fusariose vasculaire du palmier dattier (Bayoud): méthodes de lutte. Document présenté à la Conférence multidisciplinaire sur les bases écologique et culturelle de Figuig Oasis (Maroc), Oujda, Maroc 24 Février, 2012

Hammer O., Harper P., D Ryan., (2001) - PAST version 1.37 Paleontological statistical software package for education and data analysis. Paleontol. Electronica, 4: pp 9-9.

Hassan W., Rehman S., Noreen H., Gul S., Neelofar and Ali N. (2016). Gas **IMI (1994),** Distribution Maps of Plant Diseases. *CAB Int.*, UK, 3(24).

Jaiti, F. Meddich, A. El Hadram, I. (2007) Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in the protection of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) against bayoud disease. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 71; (4–6): 166–173.

Juniperus oxycedrus L. subsp. *Oxycedrus*. *European Journal of Forest Research*. 130 (4): 657-670.

Klarzynski O. et Fritig B., (2001) - Stimulation des défenses naturelles des plantes. *AcardSci C.R. Paris, Ser.III.324* : pp 953-963. **Larkin R.P. and Fravel D.R., (2002)** - Effects farying environmental conditions on biological control of *Fusarium* wilt of tomato by nonpathogenic *Fusarium* spp. *Phytopathology* .92 (11):1160–1166.

Klimko M., Boratynska K., Montserrat JM., Didukh Y., Romo A., Gomez D.,

Kluza-Wieloch M., Marcysiak K. and Boratynski A. (2007). Morphological variation of *Juniperus oxycedrus* subsp. *Oxycedrus* (Cupressaceae) in the Mediterranean region. *Flora—Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. 202: 133–147.

Lesjak M. M., Bearaa I. N., Orcic D. Z., Petar K. N., Simin N. D., Emilija S. D. and Mimica-Dukic N. M. (2014). Phytochemical composition and antioxidant, anti-inflammatory and antimicrobial activities of *Juniperus macrocarpa* Sibth. et Sm. *Journal of Functional Foods*. 53: 530–539.

Louvet J., Toutain G., 1973. Nouvelles observations sur le Bayoud et précisions concernant la lutte. *Annales phytopathologiques*, 5, 35-52.

Louvet, J. (1991) Que devons nous faire pour lutter contre le bayoud, ,Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi arides. 334-336 séminaire, Paris-Nancy, 20 mars-6 avril

Mace, M. Bell, A. Beckman. A. (2012) Fungal Wilt Diseases of Plants. *Elsevier*. p-654.

Maheshwari, D. K. et Dubey, R. C. (2008) Potential Microorganisms For Sustainable Agriculture: A Techno-Commercial Perspective.I.K. International

Pvt Ltd. p- 498.

Massei G., Watkins R. and Hartley Susan E., 2006. Sex-related growth and secondary compounds in *Juniperus oxycedrus* macrocarpa. Elsevier, Acta oecologica 29: 135-140

Mata, A.T., Proença, C., Ferreira, A. R., Serralheiro, M.L.M., Nogueira, J.M.F., Araujo, M.E.M.(2007). Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of five plants used as Portuguese food spices. *Food Chemistry*. 103:778-786.

Mazari K., Bendimerad N., Bekhechi C. and Fernandez X., 2010. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils isolated from Algerian *Juniperus phoenicea* L. and *Cupressus sempervirens* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4, 959-964.

Mazari Kh, 2009- *Etude phytochimique et pouvoir antimicrobiende Juniperus phoenicea L., Juniperus oxycedrus L. et Cupressus sempervirens L. de la région de Tlemcen. Tlemcen :these, 91-95.*

Messiaen, C. M. ; Blancard, D. ; Rouxel, F: (1991) les maladies des plantes maraichères. *Ed. Quae*, -p. 552.

Miara M. D., Ait Hammou M. et Hadjadj Aoul S. (2013). Phytothérapie et **Moussaoui K., Ahmed Hedjala O., Zitouni G et Djazouli Z., (2014) -** Estimation de la toxicité des huiles essentielles formulés de thym et d'eucalyptus et d'un produit de synthèse sur le parasite de l'abeille tellienne *Varroa destructor*. Université de Blida 1, faculté des sciences de la nature et de la vie, Département de biotechnologie. Institut technique des élevages, Route de Chebli Baba Ali.

Munier P. 1973. Le palmier dattier. Paris, France, Maisonneuve et Larose.

Munier P. 1973. Le palmier dattier. Paris, France, Maisonneuve et Larose.

Munier P. 1973. Le palmier dattier. Paris, France, Maisonneuve et Larose. nature's diversity and ingenuity. *Science*. 311: 808–811.

Nelson, P. E. (1981) *Fusarium: diseases, biology, and taxonomy.* Pennsylvania State University Press p457.

Nelson, P. E. Dignani, M. C. et Anaissie, E. J. (1994) Taxonomy, biology, and clinical aspects of *Fusarium* species. *Clin. Microbiol. Rev.* 7(4): 479.

Nelson, P. E., Tousson T. A. & Marasas, W. F. (1983). *Fusarium* species. An illustrated manual for identification. Penn. Stat. Univer. Press., 193 p.

Paris, R. & Hurabielle, M. (1981). Abrégé des matières médicales pharmacognosie. Edition Massoin. 339 p.

Pattnaik S., Subramanyan V.R., Bapaji M., Microbios C.R (1997) – Antibacterial and antifungal activity of aromatic constituents of essential oils vol 89: pp 39-46.

Pawar V.C. et Thaker V.S., (2006) - In vitro efficacy of 75 essential oils against *Aspergillus niger* . *Mycoses* 49, pp 316–323.

Pereau-Leroy P. 1958. Le Palmier dattier au Maroc. Min .Agric. Maroc, Service.

- Peyron, G. (2000)** Cultiver le palmier dattier, guide illustré de formation. *Ed. Quae*. p-110.
- PHILIPPEAU G., 1986** - Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. I.T.C.F., Paris, 63 p.
- HAMMER O., HARPER D.A.T., et RYAN P. D., 2001** - PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1), 9 p.
- Phytothérapie*. 11:206-218.
- Pichersky E., Noel J.P and Dudareva N. (2006)**. Biosynthesis of plant volatiles:plant pathology. 85 (2): 71-79.
- Ploetz, C. R. (2003)** Diseases of tropical fruit crops. Chap. 9 diseases of date. *Ed.Cabi*.p-527.
- Djerbi, M. (1982)** Diseases of date palm. *PNUD*, p. 119
- Rahmania, F. (1988)** Histopathologie : relation hôte-parasite. *Table ronde sur le Bayoud*, Alger, 19-20 septembre. *INRAA Beraki*.
- Ramdani M., Lograda T., Silini H., Zeraib A., Chalard P., Figueredo G., Bouchaala M. and Zerrar S., 2013**. Antibacterial activity of essential oils of *Juniperus phoenicea* from eastern Algeria. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3, 022-028.
- Recorbet, G. Steinberg, C. Olivain, C. Edel, V. Trouvelot, S. Dumas-Gaudot, E. Gianinazzi, C. et Alabouvette, S. (2003)** Wanted: pathogenesis-related marker molecules for *Fusarium oxysporum*. *Research review. New Phytologist*, 159 : 73–92.
- Richard, H. & Peyron, F. (1992)**. Epices et aromates. Ed .Tec & Doc. Lavoisier.Paris.339 P
- Rim I.S. et Jee C.H., (2006)** - Acaricidal effects of herb essential oils against *Dermatophagoides farina* and *D. pteronyssinus* (Acari: *Pyroglyphidae*) and qualitative analysis of a herb *Mentha pulegium* (pennyroyal). *Korean J. Parasitol.* 44, pp 133–138.
- Saadi I, Namsi A, Ben Mahamoud O, Takrouni ML, Zouba A, Bové JM and** of essential oils. A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 446-475.
- oxysporum f.sp.dianthi*, Résistante aux fongicides systémiques. *Annales de phytopathologie*,6, 221-231.
- Saaidi M., 1979**. Contribution à la lutte contre le Bayoud, fusariose vasculaire du palmier dattier. Thèse université de Dijon.
- Saaidi M., rodet J.R., 1974**. Lutte contre le Bayoud. II Efficacité de 2 fongicides sur *Fusarium oxysporum f.sp. albedinis*, agent du Bayoud « Invitro ». *El Awamia*, 53, 123-132
- Sabaou, N. (1977)** Le palmier dattier et la fusariose. IV.-Antagonisme d'*Aspergillus flavus* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis*. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord. Alger*, t.68,fasc. 1 et 2.

- Sadgrove N. and Jones G. (2015).** A Contemporary Introduction to Essential Oils:
- Schulz C., Jagel A. and Stutzel T. (2003).** Cone morphology in *Juniperus* in the light of cone evolution in Cupressaceae s.l. *Flora*. 198:161–177.
- Sedra My. H. (2011)** Dossier "le Bayoud", Stratégies de lutte contre le bayoud. *RADDO, El Waha*. N°2. Juillet.
- Sedra, My. H. (2006)** La maladie du Bayoud sur le palmier dattier, apparition; impact; propagation et conditions; méthodes de diagnostic et de lutte; recherches et perspectives. (en arabe) L'association arabe sur le développement agricole. *AOAD*. p- 77.
- Sedra, My. H. (2006).** La maladie du Bayoud sur le palmier dattier, apparition; impact; propagation et conditions; méthodes de diagnostic et de lutte; recherches et perspectives. (en arabe) L'association arabe sur le développement agricole. *AOAD*. p- 77.
- Selvaraj J.C., 1978.** Systemic fungicides in the control of Bayoud diseases of date palm. *World crops*, 30, 116-119.
- Senthilkumar, G. Madhanraj P, et Panneerselvam, A. (2011)** Studies on saprophytic survival of *Fusarium oxysporum* using precolonized paddy straw bits. *J. Nat. Prod. Plant Resour.* 1(3): 15-19 (<http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>)
- SEREME P.,1999.** La maladie des tâches brunes du niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] au Burkina Faso : Connaissance des agents pathogènes impliqués et développement des méthodes Effet Inhibiteur *in Vitro* et *in Vivo* de l'extrait de Poudre et de l'huile Essentielle de *Xylopiæ Aethiopicæ* (Dunal) A. Rich. (Annonaceae) sur *Fusarium oxysporum* f. sp *Radici-lycopersici* (Forl), Champignon Parasite des Cultures de Tomate.
- Sharma S., Roesti D., Gaur R., Johri B.N., Imfeld G., Kawaljeet K., et Aragno M., (2006)** - Plant growth stage, fertiliser management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. *Soil Biology and Biochemistry*. Vol 38, Issue 5, , pp 1111-1120.
- Shishkoff N. and McGrath M.T., (2002)** - AQ10 biofungicide combined with chemical fungicides or AddQ spray adjuvant for control of cucurbit powdery mildew in detached leaf culture. *Plant Dis.* 86:915-918.
- Singh B., Bhupinder S. et Annette C., (2006)** - Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment. *Australian Journal of Soil Research* 8p.
- Souna, F. Himri, I. Benabbas, R. fethi, F. Chaib, C. Bouakka, M. et Hakkou, A. (2012)** Evaluation of *Trichoderma harzianum* as a biocontrol agent against vascular fusariosis of date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6 (5) : 105-114.

Stewart G.T et Holt R.J., (1963) - Evolution of Natural Resistance to the Newer Penicillins. British Medical Journal pp 308-311.

Surico G., 1977. Sul possibile uso del Benomyl nella lotta contro il Bayoud (indotto da *Fusarium oxysporum f.sp. albedinis*) della palma da dattero. II. Assorbimento e distribuzione del Benomyl in piante e risultati di lotta in serra. Phytopath. Medit. 16, 69-74.

Takrouni L, Rhouma A, Khoualdia O. et Allouchi B. 1988. Observation préliminaire sur deux graves maladies d'origine inconnu du palmier dattier en Tunisie. Annales de l'Institut National de Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT). 61 (2) : 16.

Taviano M.F., Marino A., Trovato A., Bellinghieri V., Melchini A., Dugo P., Cacciola F., Donato P., Mondello L. Guvenc A., De Pasquale R. and Miceli N.(2013). Juniperus oxycedrus L. subsp. oxycedrus and Juniperus oxycedrus L. subsp. macrocarpa(Sibth & Sm.) Ball. "berries" from Turkey: comparative evaluation of phenolic profile, antioxidant, cytotoxic and antimicrobial activities. *Food and Chemical Toxicology*.58: 22-29.

Teuscher E., Anton R. et Lobstein A. (2005) – plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Tec et Doc éditions, Paris

Thakore Y., (2006) - The biopesticide market for global agricultural use. Industrial Biotechnology. Vol. 2 (3) : pp 294-208.

Toutain, G. (1967). Le palmier dattier, culture et production. *AL Awami*. 25: 84-143.

Tramier R., Bettachini A., 1977. Mise en évidence d'une souche de *Fusarium*

Triki MA, Zouba A et Khoualdia O. 2003. Maladies des feuilles cassante or

Valnet, J. (1984). L'Aromathérapie, édition. Livre de Poche, 1984.

Van Lenteren J. C., (2000) - Measures of success in biological control of arthropods by augmentation of natural enemies, In S. Ratten and G. Gurr Eds. Measures of Success in Biological Control. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. pp. 77-103.

Zoubiri, S., and A. Baaliouamar .2011 .GCand GC/MS analyses of the Algerian lantana camara leaf essential oil: Effect against Sitophilus granarius adults . Jouenal of Saudi chemical Society doi:10.1016/j.jscs.2011.01.013.