الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun–Tiaret
Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des sciences de la nature et de la vie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : sciences de la nature et de la vie

Filière : sciences de la nature et de la vie

Spécialité : Génétique moléculaire et amélioration des plantes

Présenté par :

Mme.FRIH Affaf

Melle.GOURARI Fatima

Melle.MEHDI Yasmine

Thème

Essai de lutte biologique in vitro à l'égard de fusariumoxysporuim*f.Sp.* albedinis agent de fusariose vasculaire du palmier dattier (*phoenixdactylefera*L)

Jury: **Grade: Master Académique**

Président:Dr. HASSANI.A
Encadreur: Dr.BOUMAZA.B
Co-encadreur: Dr.BENZOHRA.IE
Examinateur 1: Dr. RAHMOUN.B

Année universitaire :2018-2019

Remerciements

Avant tout je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné la force et la foi et de m'avoir permis d'arriver à ce stade là, Au terme de ce travail je tiens à remercier chaleureusement docteur ***BOUMAAZA.B*** *qui a assuré la direction scientifique pour la qualité de son encadrement, Je le remercie pour ces nombreux conseils et sa disponibilité et son soutien sans faille tout au long de ce travail qu'il trouve ici toute ma reconnaissance et ma gratitude.*

J'adresse mes vifs remerciements au professeur ***HASSANI.A*** *pour le grand honneur qu'il me fait en présidant le jury de ma soutenance. J'exprime également mes chaleureux remerciements au docteur* ***BENZOHRA.IE*** *et aussi au docteur* ***RAHMOUN.B*** *Pour l'honneur qu'ils m'ont fait d'avoir acceptés de faire partie du jury.*

Je tiens à remercier spécialement Le docteur ***BENAISSA.T*** *pour son aide et ces conseils.*

Je tiens à remercier mes camarades de la promotion pour leur aide à la réalisation de ce travail et pour leurs précieux conseils.

Je remercie plus particulièrement mes parents qui m'ont suivi, encouragé, et financé mes études ainsi que ma famille.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mon père **MOSTEFA** et

ma mère **KHEIRA** qui m'ont soutenu moralement et tout au

long de mes études.

Aussi je dédie ce travail

A mes frères: kadi, Abdelaziz, youcef, Ahmed, Abdeljalil et

Spécialement mon frère cheikh.

A mes sœurs: Sibal, Nadjat, Messouda, Hafidha, Aicha, Rachida et

Chira, Sirin, Amina.

A mes oncles et mes tantes

A tout ma famille **GOURARI**.

A tous mes amis et camarades.

Fatima

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mon père **Belkacem** et

ma mère **Gheziel** qui m'ont soutenu moralement et tout au

long de mes études.

Aussi je dédie ce travail

A mon marie: Belkacem.

A mes frères: Abde el rahmane, Hocin, Ilyes, Belkacem ,Mustapha, Yakoub ,et Zakaria, Sami, Haroune.

A mes sœurs: Samira, Ibtissem, Hafsa, Aridj, Soumia, Amina.

A mes oncles et mes tantes

A tout ma famille **Frih**.

A tous mes amis et camarades.

Affaf

Dédicaces

Avec l'aide de bon DIEU, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie à :

Mes chers parents, mes frères Sid Ahmed et Zakaria et ma sœur Rym.

Ma deuxième famille la plus chère « ARIBI ».

, à tous mes oncles et mes tantes.

Pour leur présence de tous les instants,

Pour le soutien qu'ils m'ont apporté.

Avec toute mon affection et ma reconnaissance.

Yasmine

Résumé

L'activité antifongique des trois huiles essentielles d'*Artemisia Herba Alba*, *Foeniculum vulgare*et *Citrus sinensis*a été réalisée *in vitro* sur *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* parasite de palmier dattier par la méthode de contact direct et de macrodilution en milieu liquide. Les activités des différents HE sur *F. oxysporum* f.sp *albedinis*, montre quel'armoise montrent un grand pouvoir inhibiteur de la croissance mycélienne avec une CL_{50} de 0.01%, suivi du fenouil (5%) puis citrus (>5%). En revanche, l'action d'huiles essentielle de citrus sur la souche *F. oxysporum* f.sp *albedinis* testées a permis d'avoir une activité très faible.Les trois HE présentent des CMI plus élevées(>5%). Ainsi, selon leurs activités sur cette souche, ces huiles ont été classées dans l'ordre décroissant suivant : *Artemisia Herba Alba>Foeniculum vulgare>Citrus sinensis*.

Mots clés : *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*,*Artemisia Herba Alba*,*Foeniculum vulgare*,*Citrus sinensis*, activité antifongique, huile essentielle,$CL_{50,}$CMI.

Abstract

The antifungal activity of three essential oils of *Artemisia Herba Alba, Foeniculum vulgare* and *Citrus sinensis* was evaluated *in vitro* against *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* parasitic on date palm by the direct contact and macrodilution method in liquid medium. The activities of the different HEs against *F. oxysporum* f.sp *albedinis*, shows that *Artemisia Herba Alba* presents a great inhibitory effect of mycelial growth with an LC_{50} of 0.01%, followed by *Foeniculum vulgare* (5%) and then *Citrus sinensis* (□5%). In contrast, the action of essential oils of *Citrus sinensis* on the strain *F. oxysporum* f.sp *albedinis* tested allowed having a very low activity. The three HEs have higher MICs (□5%). Thus, according to their activities on this strain, these oils were classified in descending order: *Artemisia Herba Alba> Foeniculum vulgare> Citrus sinensis*.

Keywords: *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis, Artemisia Herba Alba, Foeniculum vulgare, Citrus sinensis,* antifungal activity oil essential, $CL_{50,}$ MIC.

تمت دراسة النشاط المضاد للفطريات للزيوت الاساسية الخاصة بالشيح , البسباس و الليمون في المختبر على عينة من fusarium oxysporum f.sp albedinis الذي يعتبر طفيلي استنبات النخيل على طريقة الاتصال المباشر و التخفيف الجزيئي في وسط سائل

الانشطة المختلفة للزيوت الاساسية على عينة Fusarium oxysporum f.sp albedinis, بينت ان الزيت الاساسي الخاص بالشيح لديه القدرة الكافية على تثبيط نمو الفطر تحت التركيز المميت النصفي ل 0.01%, متبوع بالزبت الاساسي للبسباس (5%) وبعد ذالك الزيت الاساس<ي لليمون (>5%)

من ناحية اخرى, عمل الزيت الاساسي الخاص بالليمون على Fusarium oxysporum f.sp albedinis المختبرة, سمح بالكشف عن نشاط غير كافي على التثبيط.

الزيوت الاساسية الثلاثة تقدم تراكيز دنيا مثبطة اكثر ارتفاعا من (<5%)

و هكذا حسب نشاطاتها على هذه السلالة تم ترتيب هذه الزيوت من الاكثر تثبيطا الى اقل تثبيطا

الشيح > البسباس > الليمون.

Liste des figures

Figures	Titre	Page
1	Morphologie du Fusarium oxysporum (Leslie et Summerell, 2006)	**16**
2	les symptômes de la maladie Bayoud	**17**
3	Exemples de structures de mono- et sesquiterpènes	**24**
4	Exemples de structures de composés dérivés du phénylpropane	**25**
5	Fusarium oxysporum f.sp. albedinis (2019)	**33**
6	schéma de la méthode de mesure le diamètre dans les deux axes perpendiculaires	**35**
7	Action d'huiles essentielle de fenouil sur la croissance mycélienne de Fusarium oxysporum f.sp albedinis	**38**
8	Activité inhibitrice d'huiles essentielle de fenouil sur la croissance mycélienne de Fusarium oxysporum f.sp albedinis	**39**
9	Action d'huiles essentielle d'armoise sur la croissance mycélienne de F. oxysporum f.sp albedinis	**40**
10	Activité inhibitrice d'huiles essentielle d'armoise sur la croissance mycélienne de F. oxysporum f.sp albedinis	**41**
11	Action d'huiles essentielle d'citrus sur la croissance mycélienne de F. oxysporum f.sp albedinis	**42**
12	Activité inhibitrice d'huiles essentielle d'citrus sur la croissance mycélienne de Fusarium oxysporum f.sp albedinis	**42**

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
1	La répartition par wilaya	**8**
2	Matériel végétal et huile essentielle	**34**
3	La comparaison entre les activités des différents HEs sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* après 4 jours d'incubation	**43**
4	Concentrations minimales inhibitrices (CMI), légale (CL_{50}) et fongicide **(**CMF) des huiles essentielles d'Armoise, Fenouil et d'Citrus sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*	**43**

Liste des abréviations

H.E: huile essentielle

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

mm: millimètre

µl: microlitre

PDA: Potato Dextrose Agar

f.sp: forme spéciale

F.oxysporum : fusarium oxysporum

CMI: concentration minimale inibitrice

CL_{50}: la concentration L'Etale 50

CMF :La cytométrie en flux

CRSTRA: Centre de Recherche Scientifique et Technique sur la Régions Arides

F.o.a: Fusarium oxysporum sp.albedinis

TABLE DES MATIERES

Remerciement I
Dédicace II
Résumé..... V
Abstract VI
الملخص..... VII
Liste de figures..... VIII
Liste des tableaux..... IX
Liste des abréviations X
Table Des Matières XI
Introduction..... 01
Chapitre I
I. Généralités sur le Palmier dattier..... 05
I.1. Introduction..... 05
I.2. Historique de palmier dattier..... 05
I.3. Classification botanique du palmier dattier..... 05
I.4. Le cycle biologique de palmier dattier..... 06
Stade 1 : La graine..... 06
Stade 2 : Phase germinative..... 06
Stade 3 : Construction de la plantule..... 06
Stade 4 : Phase adulte végétative 06
Stade 5 : Phase adulte reproductive..... 06
I.5 La production mondiale et nationale de palmier dattier 07
I.5.1. La production mondiale..... 07
I.5.2. La production nationale..... 07
I.6. Les contraintes de la production de palmier dattier..... 09
I.6.1. Les principaux ravageurs du palmier dattier..... 09
I.6.1. a. Oligonychus afrasiaticus. (McGregor): 09
I.6.1. b. La cochenilleblanche (Parlatoria blanchardi Targ) 09
I.6.1.c. Myeloïs ceratoniae Zell (Pyrale de la datte) 10
I.6.2. Les maladies fongiques..... 10
I.6.2. a. La pourriture de l'inflorescence ou Khamedj..... 10
I.6.2. b. La pourriture du Cœur à Thielaviopsis..... 11
I.6.2. c. La pourriture du bourgeon ou Belâat..... 11
I.6.2. d Maladie des fruits..... 11
I.6.2. e. Maladies à dépérissement « Lethal Yellowing »..... 12
I.6.2. f. Le Bayoud ou Trachémycose du palmier..... 12
Chapitre II
II.1. Généralité sur le fusarium oxysporum f.sp albedinis..... 14
II.2.Position systématique..... 15
II.3.Biologie de F. oxysporum..... 15
II.4. La pathologie..... 16
II.4.a. Les Symptômes internes..... 16
II.4.b. Les symptômes externes..... 17
II.4.c.Epidémiologie: 18
II.5. Les moyennes de lutte..... 18
II.5.1.La lutte culturale..... 18
II.5.2.La lutte chimique..... 18
II.5.3.La lutte génétique..... 19

II.5.4. La lutte biologique..... 19
II.5.5.La lute physique..... 20
Chapitre III
Introduction..... 22
III.1-Généralités sur les huiles essentielles..... 22
III.2-Composition chimique des huiles essentielles..... 23
2.1. Terpènes..... 23
2.2. Composés aromatiques..... 24
2.3. Composés d'origine variée..... 25
III.3-Propriétés physico-chimiques..... 26
III.4-Activités biologiques des huiles essentielles..... 26
III.4.1-Activité antioxydante..... 27
III.4.2-Activité antibactérienne..... 28
III.4.3-Activité antifongique..... 29
III.4.4- Activité antivirale..... 29
III.5-Mode d'action des huiles essentielles..... 30
Partie expérimentale
Chapitre I Matériel et méthodes
I- Matériel..... 33
I.1-Matériel fongique..... 33
I.2-Milieu de culture utilisé..... 33
I.3 Matériel végétal et huile essentielle..... 34
II-Méthodes..... 34
II.1-Détermination de la concentration minimale inhibitrice..... 34
II.2-Préparation de l'inoculum..... 34
II.3-Méthodologie de test antifongique..... 35
II.3.1-Action d'huile de cade sur la croissance mycélienne..... 35
Méthode de contact direct..... 35
II-3 Analyses Statistiques..... 36
Chapitre II
II- Résultats 38
II. Action des huiles essentielles sur la croissance mycélienne de Fusarium oxysporum f.sp albedinis 38
II. 1Action d'huiles essentielle de fenouil sur la croissance mycélienne de Fusarium oxysporum f.sp Albedinis..... 38
II. 2Action d'huiles essentielle d'armoise sur la croissance mycélienne de F. oxysporum f.sp albedinis..... 39
II. 3Action d'huiles essentielle d'citrus sur la croissance mycélienne de Fusarium oxysporum f.sp albedinis..... 41
III. La comparaison entre les activités des différents HEs sur la croissancemycélienne de Fusarium oxysporum f.sp albedinis..... 42
Discussion..... 46
Conclusion..... 52
Références bibliographiques..... 54

Introduction générale

La phoeniciculture constitue un agrosystème très particulier dans les zones arides et semis arides chaudes. Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) compte parmi les principaux structure de ce système, formant ainsi un milieu indispensable à la pratique d'autres cultures (arboricoles, céréalières, maraîchères,...), garantissant ainsi une certaine autonomie économique du milieu oasien. Cette espèce fruitière présente actuellement une importance économique pour l'Algérie dans la mesure où elle est considérée comme une seconde source de devise après les hydrocarbures (**MADR 2009**). Selon les statistiques de MADR (2015), le palmier dattier occupe en Algérie une superficie évaluée à 167.000 hectares pour un nombre de palmiers estimé à plus de 18,6 millions pieds et une production de dattes, toutes variétés confondues, de près de 990.000 tonnes. Néanmoins, cet agrosystème est concentré principalement dans les wilayas Sud- Est et Sud-Centre du pays. La première place est occupée par Biskra avec plus 23 % du patrimoine national, Suivie par la wilaya d'Adrar de près de 21% et la wilaya d'El Oued avec plus de 20% (**Benziouche, 2012**)

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

Fusarium oxysporum f. sp. albedinis est un champignon tellurique responsable de la fusariose des palmiers dattiers connu sous le nom de « Bayoud ». Cette maladie continue à détruire les palmeraies en Algérie et au Maroc sans aucun traitement efficace (**Chakroune et *al*., 2005**).

De nos jours la lutte chimique s'est révélée être une méthode de lutte performante et indispensable pour combattre les agents pathogènes (**Leroux, 2003 ; Pezet et *al*., 2004**). Ce sont essentiellement des pesticides de synthèse qui sont considérés comme l'arme la plus efficace, mais l'épandage massif et répété de certains de ces pesticides chimiques conduit à une pollution de notre environnement (**Thakore, 2006**). En effet, l'utilisation massive des pesticides a engendré l'apparition de souches pathogènes multi-résistantes, contre lesquelles les produits actuels sont devenus peu efficaces voire inefficaces.

Eu regard à ces inconvénients, il est important de trouver des solutions alternatives qui permettront de continuer à lutter contre maladies tout en diminuant l´emploi des pesticides.

Néanmoins à l'heure actuelle où les pressions économique, écologique, sanitaire et législative sont de plus en plus fortes, on comprend l'intérêt d'exploiter d'autres moyens de lutte. Ces moyens sont donc basés sur la rationalisation des pratiques agricoles (fumigation-stérilisation en horticulture, désinfection des graines, rotation des cultures, contrôle du vecteur de la maladie…), par l´utilisation de variétés résistantes, des micro-organismes bénéfiques.

Une autre alternative à l'utilisation des pesticides consiste à utiliser des composés naturels et qui peuvent être essentiellement connues pour leur pouvoir antifongique ont une efficacité dans le traitement de quelques agents phytopathogènes (**Kassi et *al.*,2014 ;Xue et *al.*, 2014**).

Les huiles essentielles ont été considéré comme agents antimicrobiens les plus efficaces dans ces plantes. Les activités antifongiques de nombreuses huiles essentielles incluant les huiles de thym, de citronnelle, de cannelle et de *Melaleuca alternifolia* (**Burt, 2004**) ont été décrites.

L'objectif général de ce travail est d'étudier l'activité antifongique de trois huiles essentielles sur la croissance *in vitro* de *Fusarium oxysporum f. sp. Albedinis* agent causal de Bayoud de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.)

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

Partie-1

Synthèse bibliographique

Chapitre –I

Plante Hôte : Palmier dattier

(*Phoenix dactylifera* L)

I.Généralités sur le Palmier dattier

I.1.Introduction

Le palmier dattier était primitivement cultivé dans les zones arides et semis arides chaudes de l'ancien monde. Il fut propagé, par la suite, en dehors de son aire d'extension et de culture, non seulement comme essence ornementale.On le trouve en association avec d'autres palmiers d'espèces voisines dans toutes les localités privilégiées à hiver doux des rivages méditerranéens, ou sa présence communique au paysage une note de chaleur et d'exotisme.

I.2. Historique de palmier dattier

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

I.3. Classification botanique du palmier dattier

Le palmier dattier est un arbre de la famille des Phoenix est l'un des genres de cette famille, comprenant une douzaine d'espèces (**Chevalier, 1952**), dont principalement le palmier dattier (Phoenix dactylifera L.)palmacées, sous famille des Coryphoideaes.

Qui peut etre systématqiuement classé suit (**Dransfield et Uhl . 1986**)

Groupe	Spadiciflora
Ordre	Palmea
Famille	Palmaceae
Sous-famille	Coryphyoideae
Tribou	Phoeniceae
Genre	Phoenix
Espèce	Phoenix dactylifera L

I.4. Le cycle biologique de palmier dattier

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

Stade1 : la graine

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

Stade2 : phase germinative

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

Stade3 : construction de la plantule

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

Stade4 : phase adulte végétative

Durant cette phase qui peut durer 3 à 8 ans. Le palmier dattier construit son tronc, produit des feuille et accumule des réserves. Le tronc couvert par les bases pétiolaires des feuilles anciennes mort/ou coupées, peut atteindre 20 à 30 m de haut et environ 1 m de diamètre.

Stade5 : phase adulte reproductive

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

I.5. La production nationale et mondiale de palmier dattier

I.5.1. La production mondiale

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

I.5.2. La production nationale

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

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

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

Tableau1 : La répartition par wilaya se présente comme suit.

Wilaya	Production (Qts)	Nombre de pieds	Surface (hectares)
Biskra	4.077.900	4.315.100	42.910
El Oued	2.474.000	3.788.500	36.680
Ouargla	1.296.300	2.576.600	21.980
Adrar	910.300	3.799.000	28.330
Ghardaïa	565.000	1.246.500	10.580
Béchar	300.500	1.639.800	14.120
Tamanrasset	109.400	688.900	7.000
Khenchela	68.200	124.400	770
Tébessa	20.500	61.800	820
Laghouat	16.200	37.300	320
Illizi	15.600	129.100	1.250
Batna	14.000	28.700	190
El Bayadh	10.200	63.900	640
Naama	10.200	50.600	510
Tindouf	8.400	45.200	430
Djelfa	6.800	10.100	100
M'Sila	0	0	0
Total :	9.903.600	18.605.100	166.900

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

Le potentiel et la production par variété se présentent comme suit :

Variété	Nombre de pieds	Production (quintaux)
Deglet nour	7.194.700	5.249.500
Ghers et analogue	4.192.000	1.928.500
Degla Beida et analogue	7.218.400	2.725.700

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

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

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

I.6. Les contraintes de la production de palmier dattier

I.6.1. Les principales ravageurs du palmier dattier

I.6.1. a. Oligonychus afrasiaticus. (McGregor)

Mc Gregor, est le nom latin donné à un acarien appelé localement Boufaroua ou Ghobar au Maghreb Takar en Mauritanie, Goubar en Irak.II est présent dans tous les secteurs où pousse le dattier dans le vieux monde depuis la Mauritanie jusqu'au Golfe persique (**Bounaga et Djerbi,2009**).La présence des acariens sur les fruits est révélée par l'existence de toiles soyeuses blanchâtres ou grisâtres, et qui prend la couleur du sable ou de la poussière dont elles s'y imprègne et s'y attache. Ce réseau soyeux relie les dattes entre elles ainsi que les pédoncules et gène le développement du fruit (**Arib, 1998**).

Aux Etats-Unis une autre espèce Oligonychus pratensis est signalée. **Vilardebo (1973 et 1975)** détaille tout ce qui est connu sur cet acarien : biologie, comportement, moyens de luttes… Le poudrage au soufre reste le premier traitement préconisé par les services de protection des végétaux des pays concernés. **Montaigne et Fall (1986)** recommandent de poursuivre les investigations sur les autres possibilités de lutte (lutte chimique, lutte biologique) en insistant toutefois sur l'entretien et le nettoyage despalmeraies.

I.6.1. b. La cochenilleblanche (Parlatoria blanchardi Targ)

Cet insecte est le principal ennemi du palmier dattier, aussi bien par l'importance des dommages qu'il occasionne que par son extension géographique.La cochenille blanche (Parlatoria blanchardi Targ.), appelée 'Rheifiss' en Mauritanie, 'Guemla' au Maroc, 'Sem' en Algérie et 'Djereb' en Tunisie, cause des dégâts importants au palmier dattier. L'insecte se nourrit de la sève de la plante et injecte une toxine qui altère le métabolisme ; de plus, l'encroûtement des feuilles diminue la respiration et la photosynthèse et cause des altérations métaboliques, La cochenille peut entraîner une réduction de plus de la moitié de la production dattière, et rend les fruits inconsommables (**Bounaga et Djerbi,2009**).Elle

peut, également, attaquer les fruits et entraîner l'arrêt de leur développement (**Viladerbo, 1973**). L'utilisation de la coccinelle comme prédateur naturel de la cochenille blanche a fait l'objet de plusieurs travaux dans le cadre d'une lutte biologique contre l'insecte ravageur (**Montaigne et Fall, 1986**).

I.6.1.c. Myeloïs ceratoniae Zell (Pyrale de ladatte)

C'est le nom du ver de la datte, elle infeste les dattes dans l'arbre lui-même (**Arib, 1998**), Lépidoptère de la famille des Phyticidae appelée aussi Pyrale de la datte. Après **Vilardebo (1973, 1975)** ; **Leberre (1978)** fait une mise au point très complète sur cette. Elle est connue au Maghreb et jusqu'en Libye et en Egypte et plus au Nord vers l'Espagne, l'Italie et la Grèce. Pour **Lepesme (1947)** le Myeloïs est répandu en Mésopotamie et sur toute l'Afrique. Les larves, qui déprécient les dattes, sont aussi connues pour se rencontrer dans les autres fruits (figues, grenades, caroubes, et même les agrumes) ou sur des plantes spontanées, ce qui favorise l'extension de l'espèce.II ne faut pas le confondre avec les autres pyrales du genre Ephestia qui sont des espèces se développant après récolte, dans les magasins (**Bounaga et Djerbi, 2009**).

Parmi les traitements chimiques, il est recommandé en Algérie l'utilisation de Malathion à 2%, Parathion 1,25%, Phosalone 4% et Bactospéine l%, à raison de 100 g/palmier, avec 100 g de chaux viticole. Cependant **Bounaga et Djerbi (2009)** demande l'arrêt des traitements, la première semaine de Septembre, à cause de la toxicité des produits. II faudrait encore que cette recommandation tienne compte de la date de maturation des fruits qui est très variable suivant les variétés et les régions. Les essais de lutte biologique par les Hyménoptères- Braconidés ont été préconisés. De nombreux autres prédateurs ont été signalés (52 par **Carpenter et Elmer, 1978**) mais dont l'importance est moindre. II s'agit souvent d'insectes qui se développent dans les dattes en magasins.

I.6.2. Les maladiesfongiques

Différents travaux de synthèse ont été publiés, dont : **Fawcett et Klotz (1932),** Carpenter et **Klotz (1966), Rieuf (1970), Laville (1970, 1973)**...etc., et plus récemment **Djerbi (1988)**. Sans reprendre en détail ces maladies, citons parmi celles que les phoeniciculteurs connaissent le mieux : le Khamedj, le Mejnoun, le Belaat, et enfin le Bayoud sur lequel se base cette étude.

I.6.2. a. La pourriture de l'inflorescence ou Khamedj

Cette maladie est connue dans presque toutes les zones de cultures du dattier. C'est une maladie très grave qui sévit dans les régions de phoeniciculture les plus humides

ou pendant les années très humides. Dans ce cas, elle peut prendre des allures épidémiques. Elle est causée par un champignon imparfait de l'ordre des Hyphales, à chaînes de conidies hyalines, fragmentés en articles mono ou bicellulaires Mauginiella scaetae. Le champignon se conserve à l'état de mycélium latent et les spores semblent n'avoir qu'une faible longévité, c'est une maladie externe qui ne nécessite pas de blessure préalable. La lutte consiste d'abord à entretenir les palmeraies et les palmiers (après destruction par le feu des inflorescences atteintes) et au traitement des palmiers à l'aide de divers fongicides. Il semble que certaines variétés soient plus sensibles au Khamedj que d'autres (**Bounaga et Djebri,2009**).

I.6.2. b. La pourriture du Cœur àThielaviopsis

Le dessèchement noir des palmes, appelée aussi Mejnoun (palmier fou). Elle a été observée dans différentes régions du Maghreb, en Mauritanie, en Egypte, en Arabie Saoudite, en Irak, aux Emirats et à Bahrein ainsi qu'aux Etats-Unis. Sans êtretrèsimportante, elle peut être grave et entraîne la mort des sujets atteints. Certaines variétés seraient très sensibles. L'agent causal: est la forme imparfaite Thielaviopsis paradoxa (Des seynes) Sacc. Le champignon peut envahir aussi bien les parties aériennes que les racines du dattier causant: le dessèchement noir des feuilles; la pourriture des inflorescences; la pourriture du cœur et du stipe, la pourriture du bourgeon terminal. Les moyens de lutte consistent à détruire les feuilles et les inflorescences malades puis à traiter avec un fongicide (dichlone, thirame, bouillie bordelaise...) (**Bounaga et Djerbi, 2009**).

I.6.2. c. La pourriture du bourgeon ou Belâat

Ce terme signifie « étouffement », elle est due à Phytophthora sp., c'est une maladie peu fréquente, elle est signalée en Algérie pour la première fois par **Maire et Malençon** en **(1933)**. Elle est souvent liée à de mauvaises conditions de drainage. Elle est due à un Phycomycète, à thalle siphonné de l'ordre des Péronosporales. La maladie se caractérise par un blanchissement des palmes du cœur et par une pourriture humide à progression rapide. Elle est généralement mortelle. Comme moyens de lutte **Bounaga et Djerbi (2009)** recommande le drainage, la destruction par le feu des sujets malades. Curativement, les traitements cupriques et le manèbe ont donné des résultats intéressants.

I.6.2. d Maladie des fruits

Durant les années humides au cours de la maturation, différentes pourritures peuvent se rencontrer : de nombreux champignons ont été incriminés Alternaria,

Stemphylium,Helminthosporium, Penicillium et Aspergillus. Les moyens de lutte sont difficiles et essentiellement préventifs : protections des régimes par ensachage, limitation des régimes et ciselage.

I.6.2. e. Maladies à dépérissement « Lethal Yellowing »

Une maladie déjà signalée depuis quelques années provoquant une brûlure des feuilles qui se recroquevillent et se dessèchent et des déformations, semble se développer de façon plus ou moins épidémique en Tunisie et en Algérie. Elle est actuellement en cours d'études. Elle ne semble due ni, à un champignon, ni à une bactérie (**Bounaga et Djerbi, 2009**). **Takrouni et al., (1988)** l'appellent maladie des feuilles cassantes. Ils parlent aussi d'une maladie causant un dessèchement apical. La vérification de leur nature est en cours.

I.6.2. f. Le Bayoud ou Trachémycose du palmier

C'est la plus grave des maladies du palmier dattier, et elle menace véritablement tous les pays producteurs de dattes. Elle existe au Maghreb: au Maroc, et en Algérie. Elle semble être apparue durant le siècle dernier dans la vallée du Drâa et s'est répandue vers l'ouest et l'est en suivant les cordons du palmier. **Derjbi (1988)** reprend l'historique très complet de son développement au Maroc et en Algérie. Elle semble être localisée uniquement dans ces deux pays. Elle a ravagé les palmeraies marocaines : 10 à 12 millions d'arbres ont été détruits en un siècle et deux des variétés commercialisées ont pratiquement disparu. En Algérie elle aurait décimé 3 millions d'arbres, la variété Deglet Nour est très sensible. Elle a suivi un axe Nord-Sud dans les palmeraies de l'ouest du pays, et elle continue à progresser vers le centre, puisque Metlili, en (1950), et Ghardaïa, en (1978), sontatteintes.

Chapitre-II

Fusarium oxysporum f.sp. albedinis

Agent responsable de fusariose de palmier dattier

(Bayoud)

II.1.Généralités sur le fusarium oxysporum f.sp. albedinis

Le champignon Fusarium oxysporum f.sp albedinis est l'agent d'un flétrissement vasculaire du palmier-dattier (phoenix dactylifera), appelé maladie du Bayoud(CMI,1978.1992;Eppo/CABI,1997).

La maladie est généralement fatale, et les arbres meurent souvent au bout de 6mois à 2ans. Les principaux moyens de transmission sont les spores et le mycélium dans le sol .la contamination a lieu principalement par les racines s'étend dans les plantes par le système vasculaire.

C'est vraiment difficile d'établir exatement la date ,le lieu et les conditions dans lesquelles est apparue la maladie du "Bayoud ".cepenant ,plusieurs autres ,s'accordant sur l'origine Marocaine de la maladie (pays endémique) , où elle a été observée pour la première fois dans la vallée du Draà, au nord du Zagara avant 1870,A cette époque .toutes les palmeraies qui bodaient l'oued du draà ont été ravagée **(Malencon , 1934;perreau leroy , 1958;toutain , 1965;Bulit et al , 1967;Djerbi ;1982).**

Le bayoud s'est propagé en Algérie depuis plus d'un siècle , la progression de la maladie s'est effectuée de l'Ouest vers l'Est .Au total 34 communes sont touchéeset les foyers bayoudés sont parfois localisés ou dispersés (Béni Ounif , Saoura ,Gourara , Touat , Tidikelt à l'Ouest et au niveau des palmeraies du M'zab au centre). L'isolement du parasite responsable remonte à 1921 et son identification a été réalisée en 1934 par Malençon.

.

II.2.Position systématique

Le système Saccardo de la classification des champignons imparfaits « Fungi imperfecti » **(Henni, 1998)**, classe le Fusarium comme suit :

Embrancement .....Thallophytes.

Classe .....Deutéromycètes.

Ordre .....Moniliales.

Famille..... Tuberculariacée.

Genre..... Fusarium.

Espèc.....**.**oxysporum

II.3.Biologie de F. oxysporum

F.oxysporum f.sp.albedinis persiste pendant l'hiver sous la forme de chlamydospores dans les tissus de palmiers malades (racine, rachis,etc.).La désintégration de ces tissus permet la libération des chlamydospores dans le sol où elles demeurent à l'état dormant .Il peut aussi survivre dans les porteurs sains tel que le henné,la luzerne ou le trèfle.

Ce champignon est très inégalement réparti dans le sol,on le trouve entre 0et30cm de la surface du sol,mais parfois jusqu'à 1m **(Tantaoui,1989)**.Les chlamydospores sont peu nombreuses et peuvent demeurer dans le sol pendant plus de 8 ans ,meme si les palmiers sont morts depuis.Un petit nombre de propagules suffit pour initier la maladie et quelques racines infectées peuvent provoquer la mort de l'arbre.

Les chlamydospores germent dès que les conditions sont favorables et pénètrent dans les tissus vasculaires des racines,à partir desquels le mycélium atteint la tige.Dans les vaisseaux,le mycélium produit des microconidies qui sont transportées vers le haut par la sève.Quand ce mouvment est empêché par une paroi transversale,les microconidies germent,le tube germinetif pénètre dans la paroi et la formation de microconidies reprend de l'autre côté de la paroi.La mort de l'arbre intervient quand le champignon atteint avec ses toxines le bourgeon terminal.Au cours de sa progression,F.oxysporumf.sp.albedinis s'échappe du xylème et colonise le parenchyme environnant par un mycélium inter et intracellulaire,c'est cr qui donne plus tard la coloration brun rougeâtre caractéristique des arbres malades.Après la mort de l'arber ,le mycélium continue à se développer dans les tissus morts et forme de nombreuses chlamydospores dans les cellules du sclérenchyme **(Louvert,1977).**

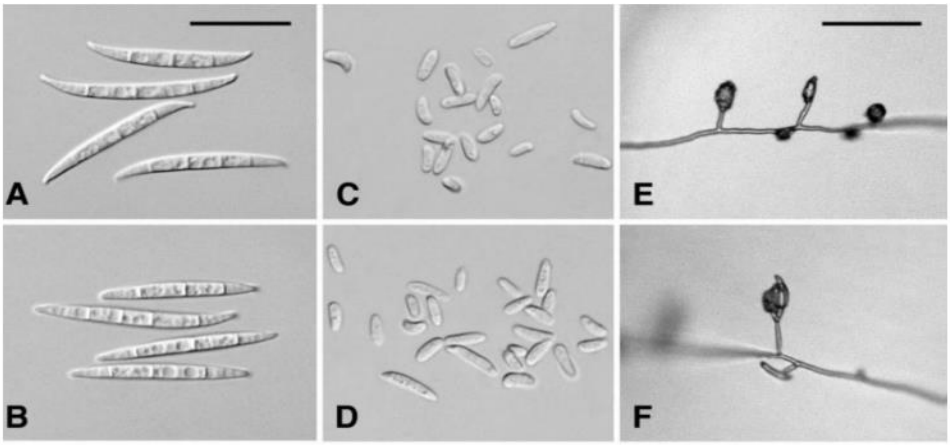


Figure 1: Morphologie du Fusarium oxysporum (Leslie et Summerell, 2006) A – B: Macroconidies ; C – D: Microconidies ; E – F: Conidiophores et microconidies

En générale,les conditions favorables à une croissance rapide du palmier-dattier favorisent aussi le développement de la maladie.La température de croissance optimale du pathogène est entre 21 et 27,5 °c;la croissance reste importante à 18°c et à 32°c,mais s'arrête à 7°c et37°c **(Bounaga,1975).**

II.4. La pathologie

II.4.a. Les Symptômes internes

Les racines malades correspondent à plusieurs groupes de faisceaux vasculaires du stipe ont pris une coloration brun-rougeâtre ,de meme que le parenchyme et le sclérenchyme environnants d'ailleurs.vers la base du stipe ,les taches sont larges et nombreuses.Au cours de leur ascension dans l'arbre, les faisceaux vasculaires colorés se séparent et leurs chemins tortueux , à l'intérieur des tissus sains, peuvent etre suivis.les frondes qui manifestent des symptomes externes ont une couleur brun rougeatre et des faisceaux vasculaires très colorés quand on les coupe.Il y a donc continuité des symptomes vasculaires qui existent depuis les racines jusqu'aux feuilles apicales du palmier**.(Boulenouar et al,2009)** .

A: premiers symptômes Bayoud B: Stade final de la maladie

Figure2: les symptômes de la maladie Bayoud.

II.4.b.les symptômes externes

En général, les premiers signes de la maladie se manifestent par un dépérissement progressif , de la base vers l'extrémité,d'une ou de plusieurs palmes au niveau de la couronne moyenne.Les folioles ou les épines situés sur le meme coté de la palme se dessèchent et se replient contre la nervure principale(rachis),c'est l'attaque hémiplégique typique de la fusariose.Losque tout ce coté est atteint,le dépérissement commence sur l'autre coté,de l'extrémité jusqu'à la base **(Bulletin OEPP/EPPO2003).**

En se desséchant,la palme fini par mourir et prend l'aspect d'une mouillée, avec une couleur blanchatre,d'où le nom du "Bayoud",qui dérive du mot arabe "abyed"et qui veut dire blanc **(Djerbi,1990;Ouinten,1996).**

L'évolution du desséchement sur les folioles s'accompagne par l'apparition d'une rayure brune longitudinale sur le rachis.Depuis l'attaque se généralise sur la totalité des palmes du bourgeon terminal,entrainant ainsi la mort de l'arbre.

Le palmier dattier atteint, meurt 06 mois à 12 ans,après l'attaque par le Fusarium oxysporum f.sp.albedinis et l'apparition des premiers symptomes de la maladie **(Bulletin OEPP/EPPO?2003).**

II.4.c.Epidémiologie

Le champignon est distribué inégalement dans le sol, présent entre 0 et 30 cm parfois jusqu'à plus de 1m de profondeur (Tantaoui, 1989). Il peut être alternativement saprophyte ou parasite (Bounaga, 1985).Il peut aussi se conserver pendant plusieurs années sous forme de chlamydospores, dans le sol, en absence de la plante hôte ou dans les tissus d'un palmier dattier infecté **(Louvet, 1977).**

La contamination s'effectue d'une manière régulière par le contact entre les racines malades et les racines saines entre les palmiers dattiers, ainsi, l'irrigation importante favorise l'expansion de la maladie.

Les plantes des autres cultures, associées à la phoeniciculture, dont on a déjà parlé, et qui sont des « porteurs sains », peuvent contribuer au maintien du Fusarium oxysporum f.sp. albedinis dans le sol.

La propagation de la maladie du « Bayoud » entre les palmeraies contaminées et celles indemnes, peut être assurée par la dispersion des conidies **(Laville, 1973),** principalement par l'échange du matériel végétal (rejets), du sol, d'outils ou de machines agricoles, ..., etc **(Bulletin OEPP/EPPO,2003).**

L'étendue de cette dispersion dépend aussi des pratiques culturales (fertilisation, irrigation,...) et des conditions climatiques (température, vent,...) **(OEPP, 1994)**.

II.5. les moyennes de lutte

II.5.1 .la lutte culturale

Il est difficile de prévoir l'effet de toute intervention sur un milieu aussi complexe que le sol, et de formuler des règles générales .Généralement, la lutte culturale se résume en deux formules :

1-La répétition de cultures d'un hôte sensible à un parasite tend à faire augmenter le nombre de germes de celui-ci dans le sol.

2- Réciproquement, la culture de plantes non sensible et l'incorporation de matière organique non colonisable par le parasite permettront la prolifération d'organismes susceptibles.

II. 5.2. La lutte chimique

Avec l'apparition des pesticides de synthèse, il y environ 50 ans, certains ont imaginé que les ennemies des cultures seraient battus en brèche et éliminés. De toute évidence, cela ne c'est pas produit. Toutefois, l'augmentation de la quantité et de la qualité des denrées agricoles

produites n'est certainement pas étrangère à l'utilisation des pesticides, et les agricultures ayant accès aux pesticides de synthèse sont rarement victimes d'infections dévastatrices (Hislop, 1993).

II.5.3.La lutte génétique

Comme de nombreuses maladies parasitaires, la méthode la plus efficace pour le contrôle des maladies provoquées par Fusarium est l'introduction de gènes de résistance au niveau des plantes qui deviennent plantes trans-génétiques **(Fravel et al., 2003).** Des gènes de résistance vis – à – vis des Fusarium existent chez beaucoup d'espèces végétales et ont été introduits par sélection dans des variétés cultivées. Ainsi, chez la tomate, le melon, le haricot et le pois chiche des gènes dominants de résistance ont été identifiés.

(Huang et Lindhout, 1997; Hawkins et al., 2001; Schneider et al., 2001; Halila et al., 2008; Diener et Ausubel, 2005). Cependant, l'efficacité de variétés résistantes dans le contrôle d'une maladie peut être inefficace par le temps, d'où l'apparition de nouvelles races pathogènes par des mutations ou des parasexualités aléatoires et spontanées **(Sidhu et Webster, 1979 ; Beckman, 1987; Cai et al., 2003).**

II.5.4.lutte biologique

Une autre alternative pour protéger les plantes contre les agents pathogènes est l'application des méthodes de biocontrôle **(Azco' n-Aguilar et Bare, 1997),** par l'utilisation de différents micro-organismes doués d'activité antagoniste, conduisant à des phénomènes d'antibiose et d'hyperparasitisme.

Plusieurs chercheurs se sont intéressés aux micro-organismes antagonistes tels que les bactéries, les champignons et les actinomycètes, dans l'espoir de mettre au point un procédé de lutte efficace capable de limiter la gravité des fusarioses **(Alabouvette et al., 1986).**

Parmi les bactéries utilisées en lutte biologique, on peut citer les Pseudomonas fluorescens et Serratia marcescens, et parmi mes champignons, il existe les Fusarium non pathogènes et le Trichoderma harzianum.

Amir **(1991 a) et Amir et Mahdi (1993),** ont sélectionné des souches de Fusarium solani et Fusarium oxysporum non pathogène, pour leur pouvoir compétitif élevé et inhibiteur de deux formes spéciales : Fusarium oxysporum f.sp. Lini et Fusarium oxysporum f.sp. Albedinis. Hibar et ses collaborateurs (2005), ont montré qu'il est d'intérêt primordial d'utiliser le Trichoderma harzianum en tant qu'agent de lutte biologique contre la fusariose vasculaire.

II.5.5.La lutte physique

La lutte physique en protection des plantes regroupe toutes les techniques de lutte dont le mode d'action primaire ne fait intervenir aucun processus biologique ou biochimique.

C'est une technique passive faisant appel à une barrière physique. Le traitement des semences de blé à l'aide de micro-ondes pour le contrôle de Fusarium graminearum a été évalué.

Chapitre - III

Généralités sur les huiles essentielles

Introduction

Depuis la plus haute antiquité, les huiles essentielles isolées à partir des plantes ont été utilisées d'une manière empirique pour embaumer les défunts en Egypte, pour se parfumer en Grèce, pour prévenir en traiter les maladies, et pour conserver les aliments, etc…Actuellement, elles font l'objet d'importantes transactions commerciales partout dans le monde (Afrique, Asie, Amérique, Australie, Europe). En effet, elles constituent une matière première destinée à des secteurs d'activités industrielles diverses et multiples comme: la parfumerie, les cosmétiques, l'agroalimentaire et la pharmacie.

La variabilité de ces essences végétales due à différents facteurs comme l'origine géographique, le mode d'extraction, les caractéristiques physico-chimiques, … et les fraudes éventuelles ont conduit les utilisateurs particulièrement les industriels à établir les normes internationales qui permettent d'une manière adéquate d'évaluer les preuves de l'identité, de même l'innocuité et l'efficacité d'une huile essentielle.

III.1-Généralités sur les huiles essentielles

Les huiles essentiels ou essences végétales ont des produits huileux, volatils, odorants et incolores ou légèrement teintés, obtenus par distillation à la vapeur d'eau, par expression, par incision ou par enfleurage du matériel végétal. Ces essences végétales sont largement distribuées dans le règne végétal. En effet, elles de trouvent en quantité appréciable chez environ 2000 espèces réparties en 60 familles botaniques comme par exemple chez les Lamiacées (Lavande, basilic, menthe, …), les Myrtacées (eucalyptus, …), Lauracées (cannelle, sassafras, …), et les Apiacées (coriandre, cumin, fenouil, persil, …). Les huiles essentiels se trouvent dans tous les organes la plante: racines, fruits, graines, fleurs, feuilles, écorces, bois, etc… Elles se forment dans les cellules spécialisées, le plus souvent, regroupées en canaux ou en poches sécréteurs et elles sont ensuite transportées dans les différentes parties de la plante, lors de la croissance de cette dernière. Elles se différencient des huiles grasses, par leurs propriétés physiques et leur composition, du fait qu'elles de volatilisent à la chaleur et que leurs taches sur le papier sont passagères. Elles se caractérisent par leurs propriétés organoleptiques (odeur, couleur et gout). A la température ambiante, elles sont généralement liquides de densité souvent inférieure à celle de l'eau. Elles sont incolores ou jaune pâle, sauf quelques exceptions comme les H.Es de la cannelle (orange), de l'absinthe (vert) ou de la camomille (bleu).

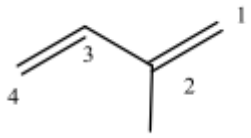
III.2-Composition chimique des huiles essentielles

La composition chimique des essences est complexe et peut varier selon l'organe, les facteurs climatiques, la nature du sol, les pratiques culturales et le mode d'extraction. Les H.Es sont un mélange de constituants qui appartiennent à trois catégories de composés : terpéniques, aromatiques et variés.

2.1. Terpènes

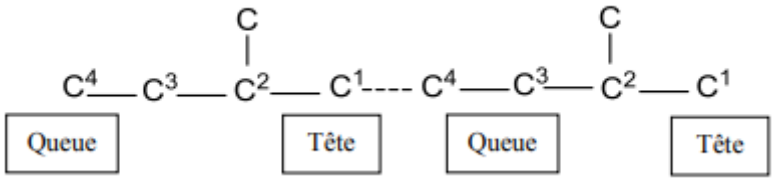
Les terpènes sont des hydrocarbures formés par assemblage de deux ou plusieurs unités isopréniques.

. Ce sont des polymères de l'isoprène de formule brute (C5H8)n.



Isoprène (2méthylbuta-1,3-diène)

Selon le nombre d'unités associées, on distingue : les mono- en (C10) ; les sesqui- en (C15) ; les di- en (C20) ; les tri- en (C30), les tetraterpènes en (C40) et les polyterpènes.



Les huiles essentiels contiennent particulièrement des monoterpènes, des sesquiterpènes et peu souvent de diterpènes. Les terpènes sont de structures très diverses (acycliques, monocycliques, bicycliques, …), et contiennet la plpart des fonctions chimiques des matières organiques. A titre indicatif, quelques structures de monoterpènes et de sesquiterpènes sont représentées sur la figure suivante : (figure 4).

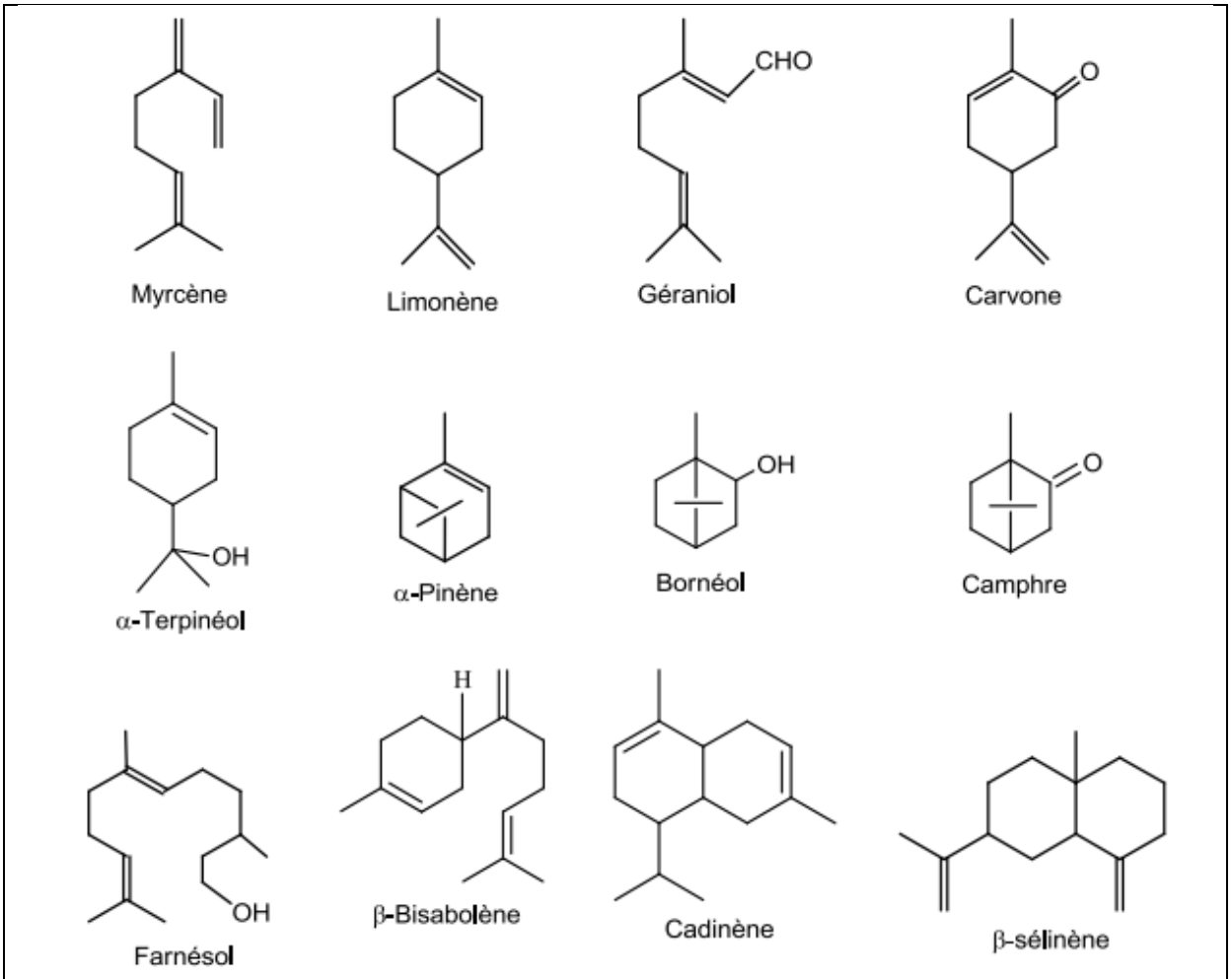


Figure (3) : Exemples de structures de mono- et sesquiterpènes

2.2. Composés aromatiques

Les composés aromatiques dérivent du phénylpropane (C6-C3). Ils sont moins fréquents que les terpènes. Cette classe comprend des composés odorants comme la vanilline, l'eugénol, l'anéthole, l'estragole, … (Figure (A1). Ils sont fréquemment rencontrés dans les H.Es d'Apiaceae (anis, fenouil, persil, etc…) et sont caractéristiques de celles de la vanille, de l'estragon, du basilic, du clou de girofle, … . Ils se distinguent entre eux par :

- Le nombre et la position des groupements hydroxyle et méthoxy
- La position de la double liaison de la chaine latérale, allylique et propénylique
- Le degré déoxydation de la chaine aliphatique (alcool, aldéhyde, cétone ou acide…).

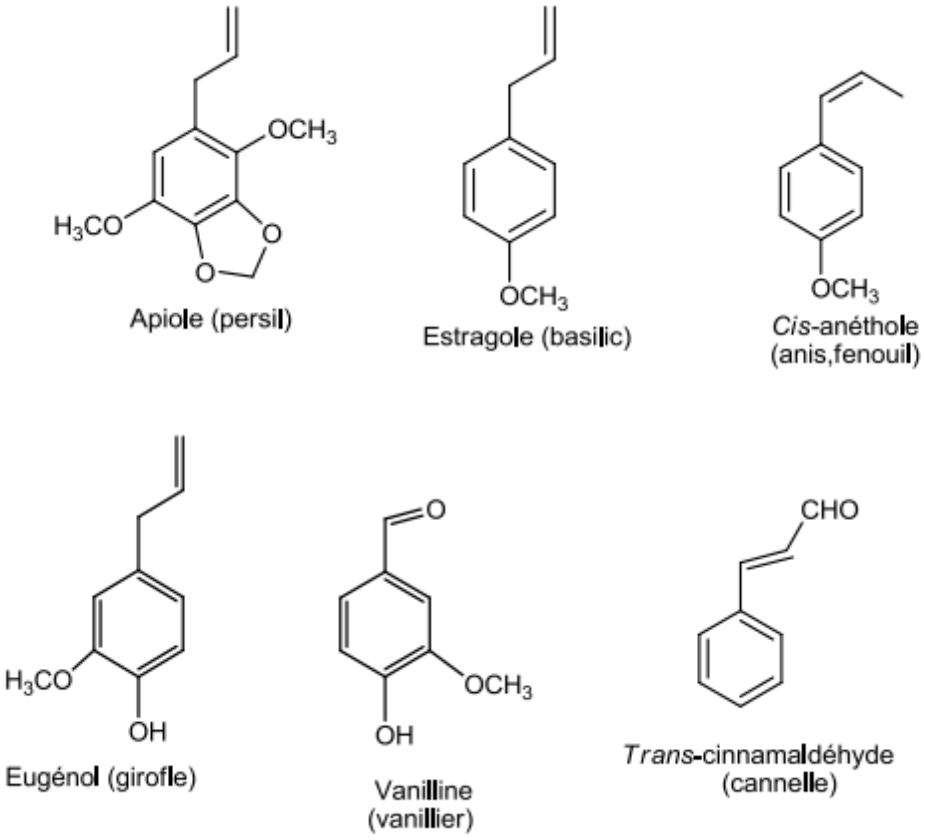


Figure (4) : Exemples de structures de composés dérivés du phénylpropane

2.3. Composés d'origine variée

En général, les composés d'origine variée de faible masse moléculaire, entrainables lors de l'hydrodistillation, sont des hydrocarbures aliphatiques à chaine linéaire ou ramifiée porteurs de différentes fonctions. A titre indicatif, on peut citer :

- L'heptane et la paraffine dans l'essence de camomille
- Des acides en C3 et C10
- Des esters acycliques présents surtout dans les fruits : acétate de butyle (pomme), acétate d'isoamyle (banane)
- Des aldéhydes comme l'octanal et le décanal des Citrus
- Des alcool comme le 1 –octèn-3-ol de l'essence de Lavande, …etc

III.3-Propriétés physico-chimiques

Les propriétés physico-chimiques sont exigées pour leurs évaluations commerciales. Malgré leurs différences de constitution, les huiles essentielles possèdent en commun un certain nombre de propriétés physiques :

- ✓ elles sont généralement liquides à température ordinaire
- ✓ elles sont volatiles et entrainable à la vapeur d'eau
- ✓ elles sont généralement incolores ou jaune pâle lorsqu'elles viennent d'être préparées. Cependant, on rencontre quelques-unes d'entre elles qui sont colorées comme l'essence de cannelle, d'absinthe et de camomille qui sont respectivement colorées en rouge, vert et bleu
- ✓ elles sont légères que l'eau. Il existe toutefois des huiles plus lourdes comme par exemple les essences de cannelle et de girofle. Leur densité varie de 0.8 à 1.08, leur température d'ébullition de 160°C à 240°C
- ✓ elles sont solubles dans la plupart des solvants organiques et dans les huiles fixes
- ✓ elles ont des indices de réfraction élevés et elles sont le plus souvent optiquement actives car elles contiennent des molécules asymétriques
- ✓ elles se caractérisent par des indices chimiques qui permettent d'évaluer approximativement la quantité de fonctions chimiques (acide, ester, alcool…) présente dans les composants de l'essence (**Bruneton, 1987 in Rahili, 2002 ; El Abed et Kambouche, 2003, Catier et Roux, 2007**)

III.4-Activités biologiques des huiles essentielles

La diversité moléculaire des métabolites qu'elles contiennent, leur confère des rôles et propriétés biologiques. Un effet anti-inflammatoire a été décrit pour les huiles essentielles de Protium strumosum, Protium lewellyni, Protium grandifolium (**Siani et al., 1999)**. Plus récemment, des études ont montré que les huiles essentielles de Chromoleana odorata et de Mikania cordata, donnaient des tests d'inhibition positifs sur la lipoxygénase L-1 de soja, modèle de la lipoxygénase humaine (5-LO) impliquée dans les processus de l'inflammation (**Bedi et al., 2004**).

Ensuite, dans une autre étude, il a été montré que celles de Chromoleana odorata présentaient des actions positives sur la fonction Cyclooxygénase de la Prostaglandine H-synthétase (**Bedi et al., 2010**). Enfin, les mêmes auteurs ont montré que les huiles essentielles

de Cymbopogon giganteus, Ocimum gratissimum, Eucalyptus citriodora avaient des activités inhibitrices sur la cyclooxygénase (**Bedi et al., 2003**). Les activités antifongiques de nombreuses huiles essentielles incluant les huiles de thym, de citronnelle, de cannelle et de Melaleuca alternifolia (**Burt, 2004**) ont été décrites. L'efficacité des huiles extraites des achillées, Achillea fragrantissima (**Barel et al., 1991**), A. terefolia (**Unlu et al., 2002**) et A. milefolium (**Candan et al., 2003**), contre la levure pathogène Candida albicans, a également et mis en évidence. Certaines huiles essentielles présentent des activités anti-tumorales et sont utilisées dans le traitement préventif de certains types de cancers.

L'huile essentielle isolée des graines de Nigella sativa L., démontre une activité cytotoxique in vitro contre différents lignées tumorales. In vivo, elle limite la prolifération des métastases hépatiques et retarde la mort des souris ayant développé la 8 tumeur P815 (**Mbarek et al., 2007**). L'huile essentielle de Melissa officinalis s'est, quant à elle, révélée efficace contre des cellules de lignées cancéreuses humaines, incluant des cellules leucémiques HL-60 et K562 (**De Sousa et al., 2004**).

D'autres applications médicales ont fait l'objet d'études. Les travaux réalisés par Oussou (2009), ont prouvé la capacité de l'huile essentielle d'Ocimum canum à limiter la formation d'ulcères gastriques induits par l'éthanol. Ceux de **Monti et al., (2002)** ont montré que les huiles essentielles facilitent la pénétration transdermique de substances médicamenteuses lipophiles, comme l'œstradiol. Des travaux tentent également d'analyser les effets des huiles essentielles sur le comportement (**Umezu, 1999**) ou d'évaluer la possibilité de les utiliser dans la lutte contre l'addiction de certaines drogues, comme la nicotine (**Zaho et al., 2005**).

III.4.1-Activité antioxydante

L'activité antioxydante des huiles essentielles est une autre propriété biologique de grand intérêt parce qu'elles peuvent conserver des nourritures des effets toxiques des oxydants. Si les huiles essentielles peuvent nettoyer quelques radicaux libres, elles peuvent également agir en tant qu'agents anti-inflammatoires, parce qu'une des réponses inflammatoires est l'éclat oxydant qui se produit en cellules diverses (**Miguel, 2010**).

In vitro et in vivo les études ont démontrés comment ces substances agissent en tant qu'antioxydants. La recherche scientifique de la décennie passée a concentré son intérêt sur les huiles essentielles extraites en tant que sources naturelles des composés antioxydants (**Viuda-Martos, 2011**).

L'action antiseptique et l'activité bactéricide des huiles essentielles en usage externe ont donnés lieu à de nombreuses études objectives et indéniables. En revanche, les autres propriétés qui leur sont attribuées ont été rares à avoir reçu une preuve expérimentale, encore exclusivement en laboratoire, et surtout dans la première moitié de ce siècle (**Duraffourd & Lapraz, 2002**).

Plusieurs études ont documentés les propriétés, anti-ulcéreuses, anti-cancérogènes et antivirales des huiles essentielles de plante (**Zoubiri & Baaliouamer, 2011**). In vitro, les huiles essentielles présentant la plus haute fréquence d'activité sont celles qui contiennent les principes les plus antiseptiques (**Duraffourd & Lapraz, 2002**).

III.4.2-Activité antibactérienne

L'effet antimicrobien des HE est connu depuis longtemps. La composition de ces HE et, en particulier, la nature de leurs composés majoritaires sont responsables de cette activité antimicrobienne (**Simeon De Buochberg et coll., 1976**). Plusieurs auteurs ont montré que les HE ont un spectre d'action assez large puisqu'elles agissent aussi bien sur les bactéries, les levures, les moisissures que sur les virus (**Remmal 1994; Siddiqui et al., 1996**). Des travaux plus récents ont confirmé l'effet antimicrobien in vitro des HE sur les bactéries à Gram+ et à Gram- et les levures (**Cox et al., 2001; Delaquis et al., 2002; Rhayour et al., 2003**). En effet, d'après **Hulin et coll (1998)** et **Ultee et coll (1999)**, le carvacrol semble être un puissant inhibiteur de croissance de bactéries telles que Baccillus cereus et Salmonella.

Babili et al. (2009) ont montré que l'huile essentielle des feuilles de C. campestris était active sur les souches de Staphylococcus aureus et Enterococus feacalis.

Il a été observé une diversité d'actions toxiques des huiles essentielles sur les bactéries comme la perturbation de la membrane cytoplasmique, la perturbation de la force motrice de proton, fuite d'électron et la coagulation du contenu protéique des cellules (**Davidson, 1997**). L'organisation structurale de la paroi cellulaire des bactéries à Gram positif est moins complexe que celle des bactéries à Gram négatif. Cette différence structurale la rend moins sensible à l'action des huiles essentielles et des extraits de plantes (**Kalemba & Kunicka, 2003**).

Il est établi aussi dans de nombreux travaux que l'activité d'une huile essentielle est en rapport avec les composés majoritaires et les possibles effets synergiques entre les constituants (**Oussou et al, 2008 ; Oussou et al, 2010 ; Saint, 2003, Kalemba &Kunicka, 2003**).

III.4.3-Activité antifongique

Plusieurs études rapportent les propriétés antifongiques des huiles essentielles (**Chebli et al., 2003; Duru et al., 2003; Dohou et al., 2004 et Mohammedi, 2006; Talibi et al., 2012**). Un grand nombre de composés volatils ont été testés contre une large gamme de champignons : Candida (C. albicans), Aspergillus (A. niger, A. flavus, A. fumigatus), Pénicillium chrysogenum. La plupart de ces composés sont également de très bons agents antifongiques : le thymol, le carvacrol, l'eugénol, etc. (**Piochon, 2008**). **Benjilali et al. (1986)**, ont enregistré le pouvoir antifongique de 26 huiles essentielles testées : huile essentielle de l'armoise blanche (de trois régions), du thym, d'eucalyptus et du romarin. L'huile essentielle du thym s'est révélée la plus active sur les 37 souches de moisissures étudiées, suivie de l'armoise blanche, celle du romarin et de l'eucalyptus étant les moins efficaces.

Les travaux de **Chebli et al. (2003)**, ont permis de mettre en évidence l'effet antifongique de 25 huiles essentielles distillées à partir de plantes médicinales marocaines contre Penicillium digitatum, Phytophthora citrophthora, Geotrichum citriaurantii et Botrytis cinerea. L'huile essentielle de Ghrysanthemum viscidehirtum à une concentration de 150 ppm a fortement inhibé la croissance in vitro de quatre champignons. Les 24 autres huiles réduisent le développement des champignons à une concentration de 250ppm. Ainsi selon **Mohammedi (2006)**, les huiles essentielles de Lavandula stoechas et Citrus ladaniferus se sont avérées active sur les sept moisissures testées : Rhizopus stolonifier, Mucor sp, Trichoderma sp, Alternaria sp, Fusarium sp, Penicillium sp et Aspergillus flavus.

III.4.4- Activité antivirale

De très nombreuses familles chimiques ont révélé des activités antivirales in vitro. C'est le cas des phénols monoterpéniques ou aromatiques (difficiles à utiliser, car dermo- et hépatotoxiques), des alcools monoterpéniques ainsi que des aldéhydes monoterpéniques et aromatiques. L'activité antivirale découle de la liposolubilité des HE, ce qui leur permet de pénétrer dans l'enveloppe virale riche en lipides.

Les HE sont plus actifs sur les virus enveloppés car ils sont plus fragiles que les virus nus. Ils sont donc particulièrement efficaces envers les virus herpes simplex, VHS-1 (herpès labial) et VHS-2 (herpès génital).

Il existe une synergie d'action entrer cinéol et monoterpénol, cette association est fréquemment rencontrée dans les HE issues de la famille des Myrtacées (ex. : Arbre à thé, Niaouli et Cajeput). Ce couple est très utile pour traiter des pathologies virales touchant la sphère respiratoire. De même, le couple oxyde de linalol et linalol que l'on retrouve dans l'HE d'Hysope des montagnes présentent une puissante activité antivirale au niveau respiratoire. Les aldéhydes, en usage interne ou en diffusion atmosphériques, sont de bons compléments dans le traitement des infections virales.

Sydney et al. (2014) ont également suggéré que l'HE d'Ocinum basilicum (basilic) ainsi que différentes molécules retrouvées dans les HE (camphre, thymol et 1,8-cinéole) pouvaient avoir une activité antivirale à l'encontre du virus de la diarrhée bovine.

III.5-Mode d'action des huiles essentielles

Le mode d'action des huiles essentielles dépend en premier lieu du type et des caractéristiques des composants actifs. En raison de leurs actions bactéricides, fongicides, leurs propriétés pharmaceutiques et alimentaires, il a été observé une diversité d'actions toxiques des huiles essentielles sur les bactéries comme la perturbation de la membrane cytoplasmique, la perturbation de la force motrice de proton, fuite d'électron et la coagulation du contenu protéique des cellules (**Davidson, 1997**).

Les huiles essentielles peuvent induire un changement de conformation de la membrane, une perturbation chémo-osmotique et une fuite d'ions (K^+) des micro organismes: ce mécanisme a été observé avec l'huile de Melaleuca alternifolia sur les Staphylococcus aureus et Escherichia coli et levure Candida albicans in vitro (**Cox et al., 2000; Carson et al., 2002**).

Des composés phénoliques des huiles essentielles interfèrent avec les protéines de la membrane des micro-organismes comme l'enzyme ATPase, soit par action directe sur la partie hydrophobe de la protéine, soit en interférant dans la translocation des protons dans la membrane prévenant la phosphorylation de l'ADP (**Knobloch et al., 1989; Sikkema et al., 1995**). Une inhibition de la décarboxylation des acides aminés chez Enterobacter aerogenes a aussi été rapportée (**Wendakoon et Sakaguchi, 1995**). Les huiles essentielles peuvent aussi inhiber la synthèse de l'ADN, l'ARN, des protéines et des polysaccharides (**Zani et al., 1991**).

Partie-II

Partie expérimentale

Chapitre-I

Matériel et méthode

Matériel et méthodes

I- Matériel

I.1-Matériel fongique

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

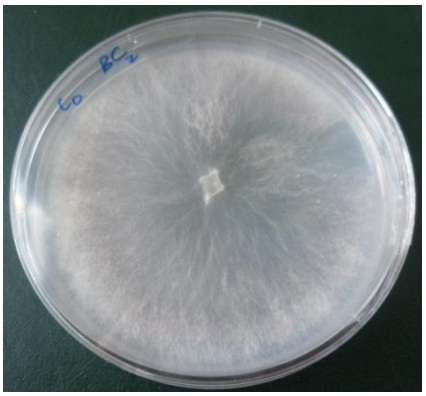


Figure 5:*Fusariumoxysporum f.sp. albedinis*(2019)

I.2-**Milieu de culture utilisée**

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

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

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

I.3 Matériel végétal et huile essentielle

Les troisHE nous ont été fournis par laboratoire de recherche de « *BIOLOGIE VEGETALE* » de l'université d'AbdElhamid Ibn Badis-Mostaganem

Tableau 2: Matériel végétal et huile essentielle

Nom vernaculaire	famille	Espèce	Molécule
Armoise	Astéracées	*Artemisia Herba Alba*	Terpènes
Orange	Rutacées	*Citrus sinensis L.*	Limonène
Fenouil	Apiacées	*Foeniculumvulgare*	Estragole

II-Méthodes

II.1-Détermination de la concentration minimale inhibitrice

A l'issue de cette étude préliminaire, toutes concentrations ayant présentées un pourcentage d'inhibition > 50% sur une souche fongique sont sélectionnées pour la détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) par la méthode de dilution en milieu liquide (**Alcamo, 1984; Rotimi et *al*., 1988**).

Pour faciliter la miscibilité des huiles essentielles dans le milieu liquide, nous avons utilisé le Tween 80 à raison de 90% d'huile essentielle pour 10 % de tween 80 (**Oussou et *al*., 2008**). Le tween a servi de dispersant des huiles dans l'eau. Il est à la fois miscible à l'huile et à l'eau. La solution obtenue est agitée au vortex pendant 3 min de sorte à avoir une bonne homogénéisation. L'huile a été ensuite dissoute dans des tubes stériles contenant de l'eau distillée, de manière à générer une dilution de raison 2. Des dilutions sont préparées pour avoir des concentrations finales de 0.01; 0.1; 1; 3et 5 %.

II.2-Préparation de l'inoculum

L'isolat *FOa*est cultivé sur le milieu PDA quinze jours à l'obscurité et à 25°C afin de favoriser la croissance mycélienne. La surface chargée de spores est alors raclée stérilement à l'aide d'une spatule métallique, le mycélium et les spores sont mises en suspension dans l'eau distillée stérile, puis agités pendant 5min. La suspension est filtrée pour séparer les spores des fragments mycéliens.

II.3-Méthodologie de test antifongique

II.3.1-Action d'huile de cade sur la croissance mycélienne

Méthode de contact direct

Dans les boites de Pétri, 100µl de chaque concentration des huiles préalablement préparée sont distribués distinctement sur des boites gélosées puis homogénéisés dans tous les sens de sorte à couvrir toute la surface de la boite gélosée. Un disque mycélien de 4 mm de diamètre, prélevés à partir de la zone de croissance active d'une culture d'une semaine, est placé au centre d'une boite de pétri. L'incubation se fait à l'obscurité pendant 4 j à 25 °C. Chaque essai est répété cinq fois. La croissance de filaments sur chaque boîte est relevée et il est procédé, à une mesure des diamètres de différentes colonies de champignons filamenteux pour calculer le taux d'inhibition (I'%) (**Kordali et *al*., 2003**). Pour cette méthode, la technique consiste à mesurer les diamètres de champignon après le temps d'incubation requis puis résoudre l'équation :

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

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

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

dE = Diamètre de colonies dans les boîtes contenant HE de plante

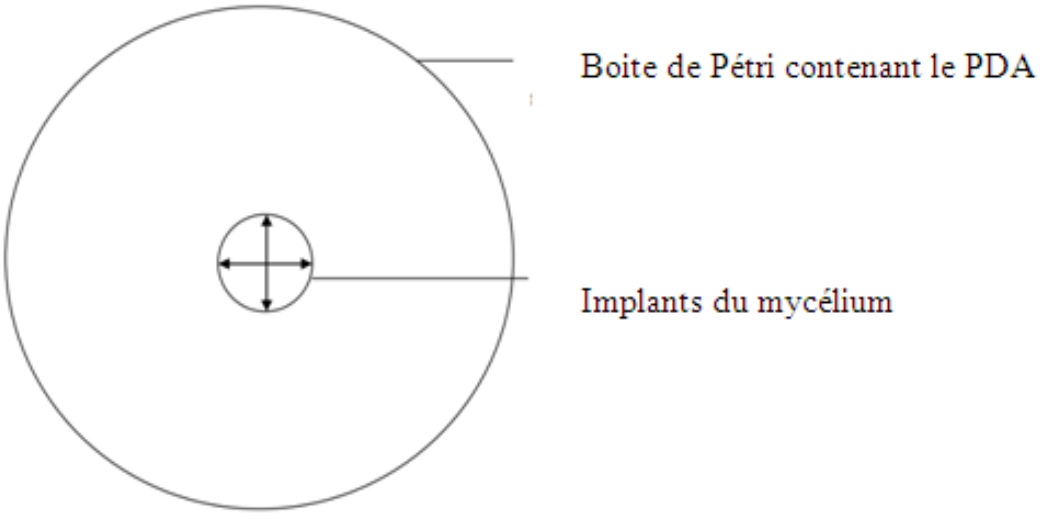


Figure 6: schéma de la méthode de mesure le diamètre dans les deux axes perpendiculaires

II-3 Analyses Statistiques.

Toutes les analysesstatistiques ont été analyséespar (STATBOX 6.0.4, Grimmersot). Lesdonnées ont été analysées par les deux sens factoriels. Comparaison des moyens et desinteractions a été réalisée par le test "Duncan's multiple range" au seuil de 5 %.

Chapitre –II

Résultats et discussion

II- Résultats

II. Action des huiles essentielles sur la croissance mycéliennede *Fusariumoxysporum*f.sp*albedinis*

L'activité antifongique des huiles essentielles defenouil, armoise et citrus a été évaluée in *vitro* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*; elle est exprimée par l' d'inhibition de la croissance mycélienne radiale.

Toutes les huiles essentielles ont été testées par la méthode de contact direct en milieu gélosé(**Grover et Moore, 1962**).

II. 1Action d'huiles essentielle de fenouil sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*

Les résultats indiqués dans la figure 7 montrent un pouvoir inhibiteur significatif

(P = 0) sur la croissance mycélienne radiale remarquable par les cinqconcentrations d'huile essentielle testées.

Il semble que d'inhibition augmente avec l'augmentation de la concentration soit pour les cinqconcentrations testées.

Après 2 jour d'incubation, les résultats montrent que les cinq concentrations d'huile essentielle (0.01%; 0.1%; 1% ; 3% et 5%) produisent une inhibition de 3.02; 2.74; 2.52;2.50cm respectivement.

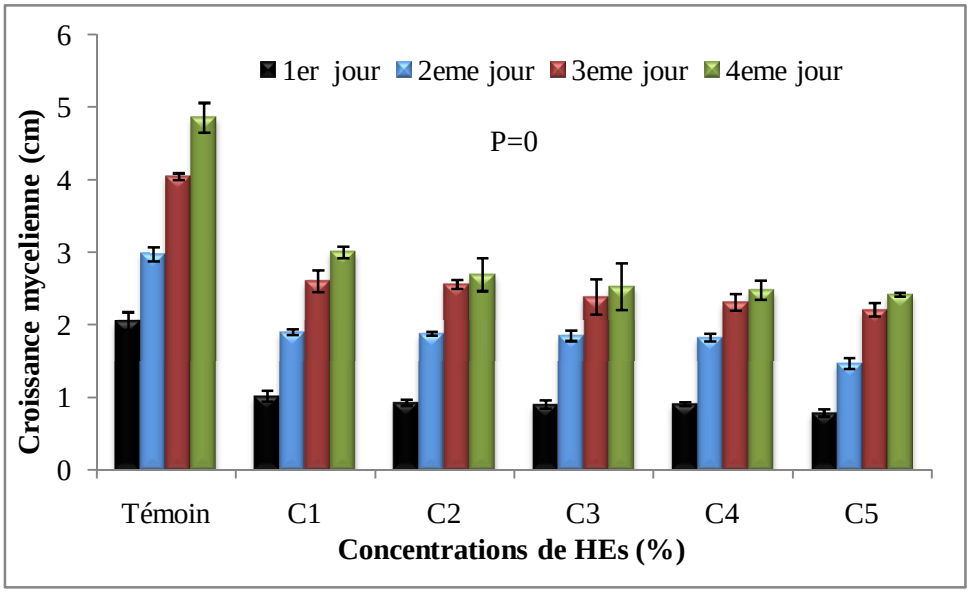


Figure 7: Action d'huiles essentielle de fenouil sur la croissance mycélienne de*Fusariumoxysporum*f.sp*albedinis*

En effet, l'huile essentielle de fenouila donné des taux d'inhibition atteint après 4 jours 35.91; 36.74; 37.57; 38.40 et 50.41% pour les doses0.01;0.1;1; 3 et 5% respectivementfigure 8.

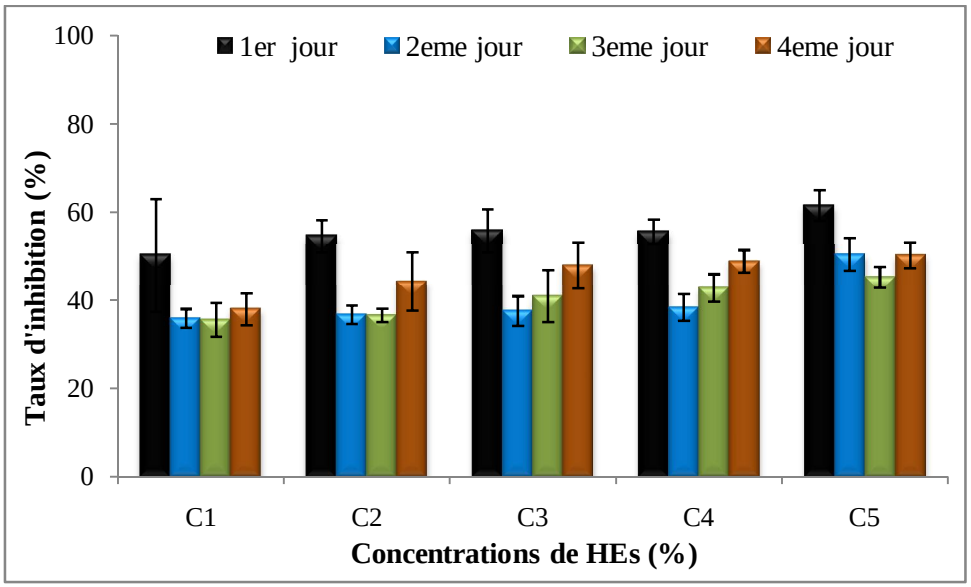


Figure 8: Activité inhibitrice d'huiles essentielle de fenouil sur la croissance mycélienne de*Fusariumoxysporum*f.sp*albedinis*

Entre 0,01 et 5 %, le taux d'inhibition de la croissance mycélienne est proportionnel à la concentration d'huile essentielleaprès deux à quatre jours de culture.

Il semble d'après ces résultats quel'huile essentielle defenouilexerce untaux d'inhibition supérieurs à 50% dans les boites de Pétri contenant des concentrations d'huile essentielle de 5%.

II. 2Action d'huiles essentielle d'armoisesur la croissance mycélienne de *F. oxysporum*f.sp*albedinis*

Le résultat de la figure (9), montre qu'au bout de 4 jours de traitement, toutes les concentrations de l'huile testée montrent des effets non semblables à celle de témoin non traité (P=0).

L'huile essentielle de d'armoise exerce une activité forte sur *F. oxysporum* f.sp *albedinis*par rapport les autres huiles. L'analyse statistique des résultats obtenu montre que l'huile de l'armoise inhibe de manière significative (P=0) la croissance mycélienne de cet agent pathogène.

Toutefois, il est à signaler que la souche de *F. oxysporum* f.sp *albedinis* testée dans notre étude était sensible à l'action de toutes concentrations l'huile essentielle d'armoise évaluées de 0.01 à 5% avec une activité antifongique plus efficace.

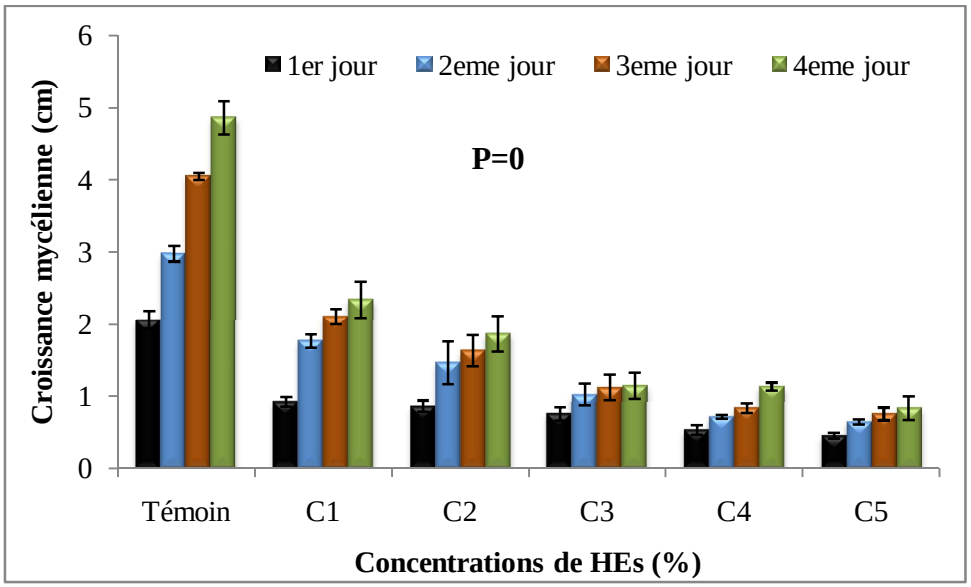


Figure 9: Action d'huiles essentielle d'armoise sur la croissance mycélienne de *F. oxysporum*f.sp*albedinis*

L'analyse des résultats (Figure.9) relatifs à la croissance mycélienne chez *F. oxysporum*f.sp*albedinis*soumis à l'action de différentes concentrations d'huile essentielle nous permet de constater que l'huile essentielle d'armoise exerce une action inhibitrice plus forte sur *F. oxysporum*f.sp*albedinis*avec un taux d'inhibition dépasse80% par rapport aux autres essences.

Une réduction dans la concentration de l'huile essentielle entraine une diminution dans le pouvoir inhibiteur de celle-ci.

De manière générale, l'action des concentrations 0.01; 0.1; 1; 3 et 5% d'armoise testées a permis d'avoir des taux d'inhibition allant respectivement de 51.93;61.5; 76.25; 76.48 et 82.61%.

En effet, la concentration égale ou supérieure à 0.01% d'huile essentielle inhibe 50% la croissance de *F. oxysporum* f.sp *albedinis*.

En terme de cinétique d'action, 24h de traitement sont suffisantes pour une inhibition de 50% de la croissance mycélienne (Figure10).

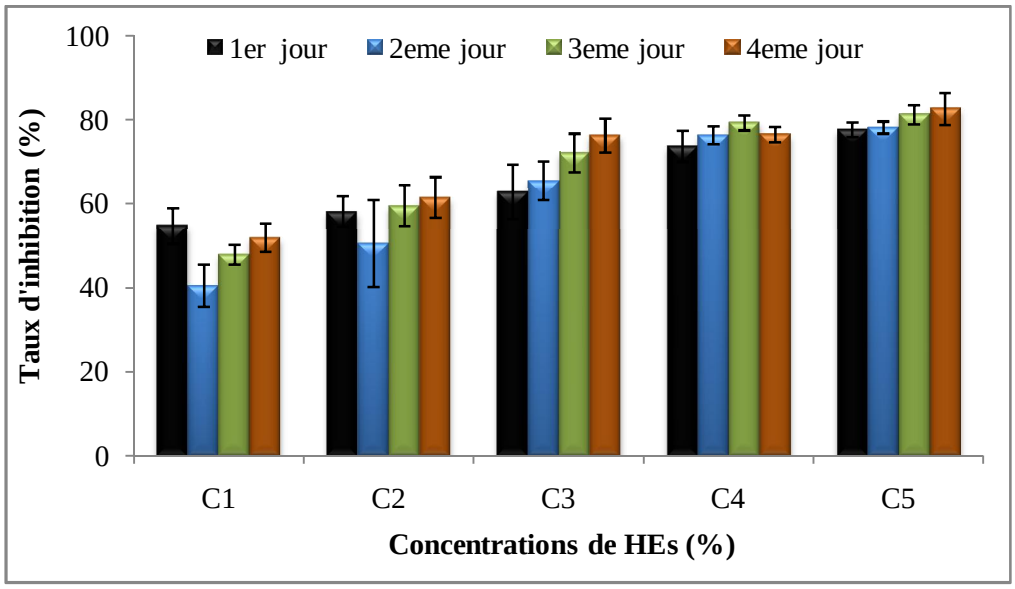


Figure 10: Activité inhibitrice d'huiles essentielle d'armoise sur la croissance mycélienne de *F. oxysporum*f.sp*albedinis*

II. 3Action d'huiles essentielle d'citrus sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*

Les résultats indiqués dans lafigure 11 annoncent un pouvoir inhibiteur significatif (**p=0**) sur la croissance mycélienne remarquable par la totalité des concentrations testées.

En effet, l'action d'huiles essentielle d'citrus sur la souche *F. oxysporum* f.sp *albedinis* testées a permis d'avoir une activité très faible.

Tous les croissances obtenusaprès 4 jours d'incubationpour l'ensemble des concentrations varient de 3.18 à 4.86cm.

De façon générale, nous constatons qu'huiles essentielle d'citrus,montre un léger effet sur la croissance mycélienne.

Entre 0,01 et 5 %, le taux d'inhibition de la croissance mycélienne est proportionnel à la concentration d'huile essentielleaprès deux à quatre jours de culturefigure12.

l'action de d'huiles essentielle d'citrussur *F. oxysporum* f.sp *albedinis*testée a permis d'avoir des taux d'inhibition allant respectivement de 23,37; 25,94;28,46;28,44 et 34,61% pour des concentrations 0.01;0.1; 1; 3 et 5%.

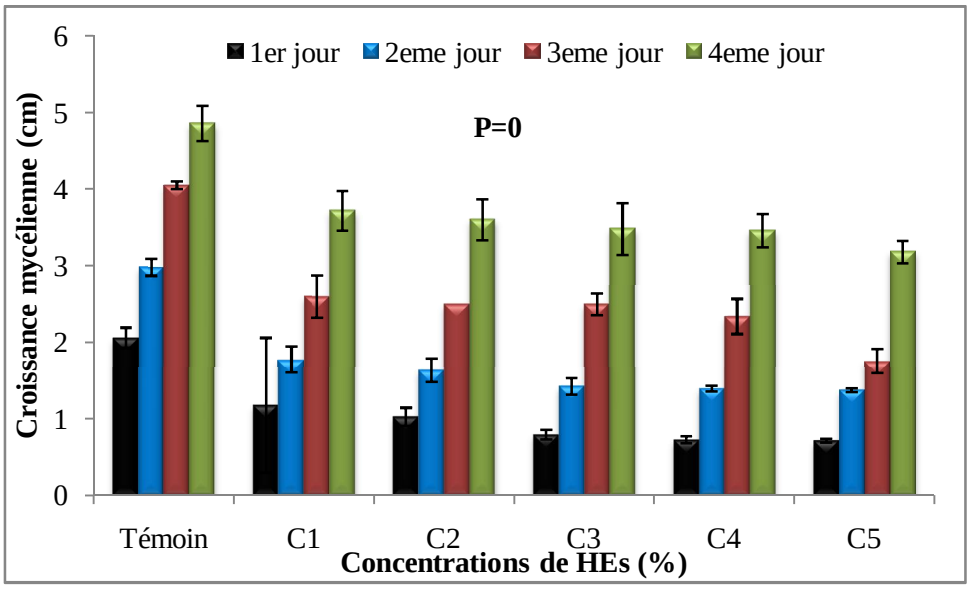


Figure 11: Action d'huiles essentielle d'citrus sur la croissance mycélienne de *F. oxysporum* f.sp *albedinis*

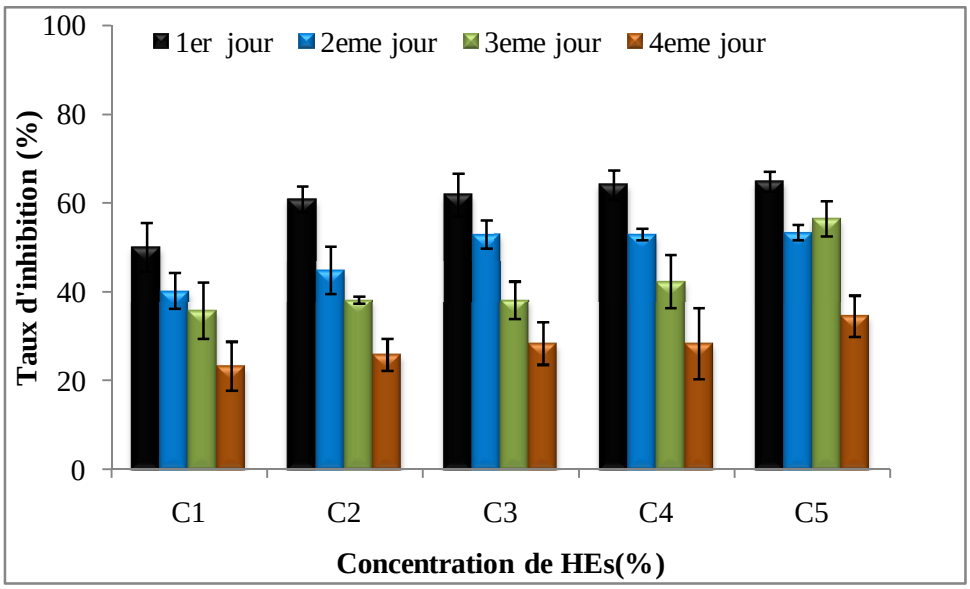


Figure 12: Activité inhibitrice d'huiles essentielle d'citrussur la croissance mycélienne de *Fusariumoxysporum*f.sp*albedinis*

III. La comparaison entre les activités des différents HEs sur la croissance mycélienne de *Fusariumoxysporum*f.sp*albedinis*

La concentration minimale inhibitrice (CMI) des huiles essentielles pour l'inhibition de la croissance mycélienne des champignons a été déterminée selon la méthode citée par **Mishra et Dubey (1994).**

La concentration minimale fongicide (CMF) est définie comme la plus faible concentration de l'antifongique qui tue 99,9% de la concentration cellulaire.

La concentration létale 50 (CL_{50}) est la dose qui entraîne 50 % de décès parmi les populations traités.

Tableau 3: La comparaison entre les activités des différents HEs sur la croissance mycélienne de *Fusariumoxysporum*f.sp*albedinis*après 4 jours d'incubation.

	Les concentrations des HEs (%)				
Les huiles essentielles	**0.01**	**0.1**	**1**	**3**	**5**
Armoise	**51,93**	**61,5**	**76,25**	**76,48**	**82,61**
Fenouil	37,98	44,25	47,95	48,79	**50,18**
Citrus	23,37	25,94	28,46	28,44	34,61

Tableau 4: Concentrations minimales inhibitrices(CMI), légale (CL_{50})et fongicide**(**CMF) des huiles essentielles d'Armoise, Fenouil et d'Citrus sur la croissance mycélienne de *Fusariumoxysporum*f.sp*albedinis.*

	Les huiles essentielles		
	Armoise	Fenouil	Citrus
CMI	□5%	□5% ou égale le double CL_{50}	□5%
CL_{50}	0.01%	5%	□5%
CMF	□5%	□5%	□5%

Les résultats de l'inhibition de la croissance mycélienne par les huiles essentielles sont représentés dans le tableau 5. Comparés aux témoins, ils sont exprimés par le pourcentage d'inhibition de cette croissance.

La comparaison entre les activités des différents HE sur *Fusariumoxysporum*f.sp*albedinis*, montre que l'armoise présente unemeilleuractivité inhibitrice de croissance mycélienne. En revanche, l'armoise, fenouilet citrusprésentent des CMI des croissances mycéliennes similaires sur cet agent pathogène.

La valeur de la CMI et CMF est supérieurde 5% pour les trois huis essentielles. L'armoise s'est révélé la plus active sur *Fusariumoxysporum*f.sp*albedinis* avec des CL_{50}inférieures à celles obtenues avec les HE de fenouil et d'citrus(CL_{50}=0.01%).

La plus faible CL_{50}a été obtenue avec l'HE Armoise (0.01%), tandis que la plus haute CMI a été obtenue par l'HE d'citrusavec une concentration de (□5%).

Sur plan théorique, pour l'huile essentielle du l'armoise et fenouil,il faut au moins le double de la CL_{50} pour obtenir l'effet fongicide. Au contraire, avecles essences d'citrus, il suffit de triple de CL_{50}pour atteindrecet effet (CMF).

*Fusariumoxysporum*f.sp*albedinis*a montré une sensibilité à l'huile essentielle d'armoise. La croissance mycélienne a été inhibée à partir de la concentration létale de 0.01%. On remarque que cette souche s'est montrée un peu plus résistant aux deux huiles essentielles testées (fenouil et agrume).

Discussion

Discussion

L'activité antifongique des huiles essentielles de fenouil, armoise et citrona été évaluée *in vitro* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* agent causal de Bayoud de palmier dattier.

Les résultats obtenus dans cette étude révèlent une inhibition significative par les huiles essentielles sur la croissance mycélienne de*Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*.

D'après les taux d'inhibition générée par les huiles essentielles étudiées, l'huile essentielle d'armoise exerce une action inhibitrice plus forte sur *F. oxsysporum* avec un taux d'inhibition de 82.61% a 5% de concentration tandis que la même concentration provoque un taux d'inhibition50.41 et 34.61 respectivement pour l'huile de fenouil et citron.

L'activité biologique des huiles essentielles est probablement liée a une relation avec les groupes fonctionnels des composants, leurs proportions et l'interaction entre eux **(Dorman et Deans, 2000; Delaquis et *al.* 2002).**

La suppression de la croissance des champignons après le traitement avec de nombreuses huiles essentielles est associée à la dégénérescence des hyphes fongiques et des altérations dans le système endomembranaire (**Soylu et *al.*, 2006**).

L'évaluation de l'activité antifongique de ces huiles essentielles a révélé que leur taux d'inhibition varie selon plusieurs facteurs, dont la nature et la concentration de l'huile essentielle ainsi que de la souche fongique utilisée.

La présente étude a démontré également que l'armoise présente une faible concentration létale sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* pour une CL_{50} de 0.01%, suivi du fenouil (5%) puis citron (□5%).

En revanche, l'armoise, fenouilet citronprésentent des CMI la plus élevées des croissances mycéliennes sur *F.oxysporum* f.sp *albedinis*.(□5%).

À travers ces résultats, on peut suggérer que l'activité antifongique de l'armoiseest due principalement à son profil chimique riche en monoterpènes oxygénés (**El Massry et *al*, 2002; Akrout et *al*., 2010**). **Mighri et *al*., (2010)** et **Sharifian et *al*, (2012)**, ont montré que l'huile essentielle *d'Artemisia herba-alba* est marquée par la codominance de quatre composants principaux : le 1.8-cineole, camphre et thujones (α, β). **Santos et Rao., (2000)**, ont trouvé que le cineole inhibe la formation des prostaglandines et des cytokines par les monocytes stimulés *In-vitro*.En outre, **Dahmani-Hamzaoui & Baaliouamer (2010)** ont

mis en exergue le camphre (49,3%) dans les HE d'*Artemisia herba alba*du nord du Sahara Algérien.

Toutefois, certains éléments chimiques secondaires ont été décrits par d'autres chercheurs comme composés majoritaires des huiles essentielles d'*A. herba-alba*. C'est le cas de l'α-thujone, principal constituant des HE extraites par **Ouyahya et *al*. (1990)** et de celles obtenues par**Kadri et *al*. (2011)** en Tunisie et du davanone souligné par **Benjilali et *al*. (1982)** et **Salido et *al*. (2001).**

L'huile essentielle d'*Artemisia Herba alba*qui est très actif contre différents micro-organismes (**Saleh et *al*, 2006**). Les constituants d'huiles essentielles: Davanone, Camphre et Thujone prouvés par plusieurs chercheurs possédant un pouvoir antifongique (**Mahilrajan et *al*, 2014; -Shafi et *al*., 2004**). Il a été constaté que l'extrait de plante riche en Carvone et en pipéritone avait un grand pouvoir sur les champignons *Penicillium citrinum* et *Mucora rouxii*(**Saleh et *al*, 2006**).

L'activité antifongique l'huile essentielle d'*Artemisia Herba alba*peut être attribuée à la présence de composants ayant une activité antifongique pouvant causer de graves dommages à la membrane et à la perte de l'homéostasie dans laquelle la mort cellulaire ou l'inhibition totale.

Les résultats obtenus prouvent les faibles propriétés inhibitrices de l'HE de fenouil.En effet, il est à signaler que l'huile essentielle de fenouil a une CMI nettement plus élevé 5%. *F. oxysporum* s'est révélé moins sensible à l'ensemble des concentrations testées sur lequel nous avons observés les plus faibles taux d'inhibition.

Certains chercheurs ont trouvé que l'huile essentielle des graines du fenouil est efficace par la méthode des boites inversées que par la méthode de contact direct.

Nos résultats sont conformes à ceux qui ont été obtenus par d'autres auteurs sur l'activité antimicrobienne de l'HE du fenouil.**Singh et *al*. (2006),**ont obtenu une inhibition complète de la croissancede100%contre*A. niger* et *A. flavus*à une dose de 6µl/disqued'huile essentielle des graines du fenouil.

Des composés épurés dérivés de l'huile essentielle du fenouil, comme l'anéthole, ont été déjà étudiés pour tester leurs activités antimicrobiennes (**Curtis et *al*, 1996; Nychas, 1998; De et *al*, 2002**).

D'après les observations de **Soylu et *al*. (2005)**, l'huile essentielle de *Foeniculum vulgare* Mill. a entraîné des détériorations de la morphologie des thalles ; ils ont observé également des grandes vésicules à l'intérieur de la paroi cellulaire. Ils ont supposé que la nature lipophile des huiles essentielles les rendent plus absorbables par les mycéliums fongiques que par l'agar de nature hydrophile (**Soylu et *al*, 2005**).

Dans beaucoup des cas, les cellules du mycélium n'ont plus un cytoplasme ou un cytoplasme épuisé des organelles. Des observations similaires avec d'autres huiles essentielles ont été rapportées par **Zambonelli et *al*. (1996)** et **Fiori et *al*. (2000)**.

En fait, les composés actifs attaquent la paroi et la membrane cellulaire, affectant de ce fait la perméabilité et le dégagement des constituants intracellulaires, en interférant également avec la fonction de la membrane (**Bajpai et *al*, 2008; Yen & Chang, 2008; Bajpai & Kang, 2010**).

D'après les résultats obtenus, l'action d'huiles essentielle d'citrus sur la souche *F. oxysporum* f.sp *albedinis* testées a permis d'avoir une activité très faible.

La littérature rapporte le pouvoir antifongique qu'expriment les huiles essentielles des citrus (**Sharma et Tripathi, 2008**). Leur pouvoir inhibiteur est important avec l'augmentation de la concentration. Les auteurs (**Hamdaniet Allem,2015**) rapportent que la croissance mycélienne diminue avec l'augmentation de la concentration en huile essentielle.

De nombreux facteurs écologiques tels que la température, l'humidité relative, l'insolation et la nature du sol peuvent influencer la composition chimique des huiles essentielles (**Oliveira et *al*, 2005**).

La composition des huiles de citrus est dominée par les hydrocarbures monoterpéniques et contient en plus du limonène, β-pinène, une quantité considérable de γ-terpinène et une plus petites quantités d'autres monoterpènes : 2-thujène, l'α-pinène, le camphène, le β- phellandrène, o-cymène, et terpinolène (**Soković et *al*., 2010; Francis et Bui, 2015**).

Beaucoup de travaux rapportent la richesse des huiles essentielles des citrus en monoterpènes (**Sawamura, 2010; Phillips et *al*, 2012**). Ce sont des composés apolaires doués d'un grand pouvoir pénétrant (**Mishra et Dubey 1994**). Ils se diffusent dans les structures membranaires fongiques et les endommagent en augmentant leur perméabilité. Ils inhibent les enzymes intercellulaires et extracellulaires.

Les travaux de **Hamdaniet Allem(2015)** sur l'activité antibactérienne de l'HE du citrus, ont trouvé un pouvoir inhibiteur des huiles essentielles de *Citrus aurantium*, *Citrus limon* et *Citrus reticulata* sur la croissance mycélienne radiale *d'Alternaria alternata* et *Penicillium* sp.

Conclusion

Conclusion

L'activité antifongique des huiles essentielles a été réalisée sur une souche de *F. oxysporum* f.sp *albedinis* par la méthode de contact direct et de macrodilution en milieu liquide. Les huiles essentielles ont montré une activité plus ou moins variée.

La présente étude a démontré également que l'HE d'Armoise a exercé une importante activité inhibitrice sur la croissance mycélienne de *F. oxysporum* f.sp *albedinis*. En revanche, les trois HE présentent des CMI plus élevées sur *F. oxysporum* f.sp *albedinis*. Ainsi, selon leurs activités sur cette souche fongique, ces huiles ont été classées dans l'ordre décroissant suivant : Armoise>Fenouil >Citrus.

La CL_{50} la plus faible a été obtenue par la concentration de 0.01%. L'huile essentielled'Armoise enregistre une forte pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne.

La propriété antifongique d'huiles essentielle de fenouil est obtenue avec une CL_{50} de 5%. Le taux d'inhibition était de 50.41% pour la concentration de 5 %.

En effet, l'action d'huiles essentielle d'citrus sur la souche *F. oxysporum* f.sp *albedinis* testées a permis d'avoir une activité très faible.

Pour le paramètreétudié (croissance mycélienne), les variations de l'activité antifongique évaluées sont liées à plusieurs paramètres dont la nature et la concentration de l'HE, la méthode d'application ainsi que la souche fongiques utilisée.

À la lumière des résultats obtenus, le travail ouvre la voie à d'autres perspectives. Dans le but de proposer une formulation biofongicide commerciale et d'approfondir les recherches concernant les effets des facteurs environnementaux sur la capacité antifongique des huiles essentielles, il serait intéressant de compléter le travail plus particulièrement par :

- L'étude des facteurs influençant la composition biochimique des huiles essentielles à savoir, les facteurs environnementaux (la localisation géographique, le climat, la saison de collecte, les conditions de plantation et le milieu), les facteurs propres à la plante (le génotype, l'organe de prélèvement et les stades phénologiques) et les conditions de conservation des huiles essentielles (température et durée de stockage).
- La prise en considération des conditions affectant le cycle de vie du champignon (température, pH, humidité et milieu de culture).
- L'étude de l'activité antifongique *in vivo* des huiles essentielles en fractions.

Références bibliographiques

Akrout, Ahmed, EL JANI, Hajer, Amouri, Sondes, et al. 2010. Screening of antiradical and antibacterial activities of essential oils of *Artemisia campestris* L., *Artemisia herba alba* Asso, &*Thymus capitatus* Hoff. et Link. growing wild in the Southern of Tunisia. Recent Research in Science and Technology, vol. 2, no 1.

Bajpai V.K. and Kang S.C., 2010. Antifungal activity of leaf essential oil and extracts of Metasequoia glyptostroboides Miki ex Hu. J. Am. Oil. Chem. Soc. 87: pp. 327-336.

Bajpai V.K., Shukla S. and Kang S.C., 2008. Chemical composition and antifungal activity of essential oil and various extract of Silene armeria L. Bioresource Technology 99: pp.8903-8908.

Benjilali B., Sarris J. & Richard H. 1982.Nouveaux chimiotypes d'Artemisia herba-alba.Sci. Aliment, 2, 515-527.

Curtis O.F., Shetty K., Cassagnol G. & Peleg M., 1996.Comparison of synthetic and lethal effects of synthetic versions of plant metabolites (anethole, eugenol, carvacrol, thymol) on food spoilage yeast (Debaromycesd hanenei).Food Biotechnology, 10, pp.55-73.

Dahmani-Hamzaoui N. & Baaliouamer A. 2010. Chemical composition of Algerian Artemisia herba-alba essential oils isolated by microwave and hydrodistillation. J. Essential Oil Res., 22, 6, 514-517.

De M., De A.K., Sen P. & Banerjee A. B., 2002. Antimicrobial properties of star anise (Illicium verum Hook f). Phytotherapy Research, 16, pp. 94-95

Deb Roy S., Bania1 R., Chakraborty J., Goswami1 R., Laila R., Ahmed S. A.,(2012). Pharmacognostic, phytochemical, physicochemical property andantimicrobial activity studies oflemon peel oil J. Nat. Prod. Plant Resour., 2 (3) pp.431-435.

Delaquis PJ, et al. (2002) Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *Int J Food Microbiol* 74(1-2):101-9

Dorman H.J.D. and Deans S.G., 2000. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. Journal of Applied Microbiology 88, pp. 308-316.

El-Massry KF, El-Ghorab AH, Farouk A (2002) Antioxidant activity and volatile components of Egyptian Artemisia judaica L.J Food Chem 79:331–36

Fiori A.C.G., Schwan-Estrada K.R.F., Stangarlin J.R., Vida J.B., Scapim C.A., Cruz M.E.S. and Pascholati S.F., 2000. Antifungal activity of leaf extracts and essential

oils of some medicinal plants against Didymellla bryoniae. J. Phytopathol., 148: pp.483-487.

Francis, G.W. et Bui, Y.T.H. (2015). Changes in the composition ofaromatherapeutic citrus oils during evaporation.Evidence-Based Complementary andAlternative Medicine, 6 pages.

Hamdani · F.Z; R. Allem 2015. Propriétés antifongiques des huiles essentielles des feuilles de Citrus vis-à-vis *d'Alternaria alternata et Penicillium* sp *in vitro*. Phytothérapie DOI 10.1007/s10298-015-0978-3

Kadri A., Zarai Z., Békir A., Gharsallah N., Damak M. & Gdoura R. 2011. Chemical constituents and antioxidant activity of the essential oil from aerial parts of Artemisia herba-alba grown in Tunisian semi-arid region. Afr. J. Biotechnol., 10, 15, 2923-2929.

Mahilrajan S; Nandakumar J; Kailayalingam R; Manoharan N A; SriVijeindran S. Screening the antifungal activity of essential oils against decay fungi from palmyrah leaf handicrafts. Biological Research, 2014, 47(1), 35

Mighri, H.; Hajlaoui, H.; Akrout, A.; Najjaa, H.; Neffati, M.(2010). Antimicrobial andantioxidant activities of Artemisia herba-alba essential oil cultivated in Tunisian arid zone.Comptes Rendus Chimie, 13: 380-386.

Mishra et Dubey 1994 Evaluation of some essential oils for their toxicity against fungi causing deterioration of stored food commoditie. Applied and Environmental Microbiology 60(4):1101-5

Nychas G.J. E., 1998. Natural antimicrobials from plants. New York: Chapman & Hall. In Singh G., Maurya S., de Lampasona M.P. and Catalan C., 2006. Chemical constituents, antifungal and antioxidative potential of Foeniculum vulgare volatile oil and its acetone extract. Food Control, Vol. 17, pp.745–752.

Oliveira M.J., Iani F.P.C., Oliveira C.B.A., Santos M.R., Souza P.S., Santos S.C., Seraphin J.C. and Ferri P.H. (2005) – Influence of growth phase on the essential oil composition of Hyptis suaveolens. Biochemical Systematics and Ecology, 33: 275-285.

Ouyahya A., Nègre R., Viano J., Lozano Y.F. & Gaydou E.M. 1990. Essential oils from Moroccan Artemisia negrei, A. mesatlantica and A. herba-alba. Lebensm.-Wiss. u.-Technol, 23, 528-530.

Saleh, M. A., M. H. Belal, and G. El-Baroty, "Fungicidal activity of Artemisia herba alba Asso (Asteraceae)", Journal of Environmental Science and Health Part B, vol. 41, issue 3: Taylor & Francis, pp. 237-244, 2006

Salido S., Altarejos J., Nogueras M. &Sánchez A. 2001. Chemical composition of the essential oil of Artemisia herba-alba Asso ssp. valentina (Lam.) Marcl. J. Essential Oil Res., 13, 4, 221-224.

Santos, F. A. et Rao, V. S. N. (2000). Anti-inflammatory and Anti-nociceptive Effects of 1,8-Cineole a Terpenoid Oxide Present in many Plant Essential Oils. Phytotherapy Research, 14:240–244.

Sawamura M (2010). Citrus essential oils flavor and fragrance.Ed John Wiley. New Jersey, 398p

Shafi PM, Nambiar MKG, Clery RA, Sarma YR, Veena S. (2004) Composition and antifungal activity of the oil of Artemisia nilagirica (Clarke) Pamp. Journal of Essential Oil Research, 16, 377-379.

Sharifian, I., Hashemi, S.M., AGHAEI, M. et Alizadeh, M. (2012). Insecticidal activity ofessential oil of Artemisia herba-alba Asso against three stored product beetles. BIHAREANBIOLOGIST, 6 (2): 90-93.

Sharma N. and Tripath A, 2008.Effects of Citrus (L.) Osbeck epicarp essential oil on growth and morphogenesis of Aspergillus niger (L.) Van Tieghem. Microbiol.Res.In press.

Singh G., Maurya S., de Lampasona M.P. and Catalan C., 2006. Chemical constituents, antifungal and antioxidative potential of Foeniculum vulgare volatile oil and its acetone extract. Food Control, Vol. 17, pp.745–752.

Soković, M., Glamočlija, J., Marin, P.D., Brkić, D. et van Griensven, L.J.L.D. (2010). Antibacterial effects of the essential oils of commonly consumed medicinal herbsusing an in vitro model. Molecules, 15: 7532-7546.

Soylu E.M., Yigitba H., Tok F.M., Soylu S., Kurt S., Baysal Ö. and Kaya A.D., 2005. Chemical composition and antifungal activity of the essential oil of Artemisia annua L. against foliar and soil-borne fungal pathogens. Journal of Plant Diseases and Protection 112 (3), pp.229–239.

Soylu E.M., Yigitba H., Tok F.M., Soylu S., Kurt S., Baysal Ö. and Kaya A.D., 2005. Chemical composition and antifungal activity of the essential oil of Artemisia annua

L. against foliar and soil-borne fungal pathogens. Journal of Plant Diseases and Protection 112 (3), pp.229–239.

Yen T-B., and Chang S-T., 2008. Synergistic effects of cinnamaldehyde in combination with eugenol against wood decay fungi. Bioresource Technology 99: pp. 232-236.

Zambonelli A., Zechini A., Binchi A. and Albasin A., 1996. Effects of essential oils on phytopathogenic fungi in vitro. J. Phytopathol., 144: pp.491-494.