

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE BLIDA 1



FACULTE DE SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE

Mémoire en vue de l'obtention de Master :
Biotechnologie et valorisation des plantes

Thème :

**Activité antifongique des huiles essentielles de *Lavandula dentata* L. et
Lavandula stoechas L. sur *Fusarium* spp. de l'orge hydroponique**

Présenté par : **CHEGGOUR Mounir Chahin**
KOUACHE Bilel

Soutenu le : 27/06/2018

Devant le jury composé de :

Mme Mefti	M.C.A	USDB	président
Mme Ghanai	M.A.A	USDB	examinatrice
Mme Moumen, S.	M.C.A	USDB	promotrice

Année universitaire : 2017/2018

Remerciements

Nous remercions notre créateur Allah, Grand et Miséricordieux, le tout puissant pour le courage qu'il nous a donnés pour mener ce travail à terme. On commence par exprimer notre profonde reconnaissance et nos vifs remerciements au Dr. Moumene S qui m'a honoré en acceptant de diriger ce travail, pour ses encouragements, ses conseils, sa disponibilité et surtout pour sa patience dans la correction de ce mémoire.

On aimerait exprimer nos vifs remerciements au Pr. Mefti pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury, et notre chère enseignante Ghenaï d'avoir accepté d'être notre examinatrice.

Nos remerciements vont aussi à Mr Bellatreche qui a fait l'analyse statistique au niveau d'INPV. Ainsi qua Khalida et Hind membre du laboratoire de mycologie d'INPV.

On tient à remercier tous ceux qui nous ont aidés de prêt ou de loin et surtout tous les enseignants qui ont su nous transmettre leurs savoir.

Dédicace

Tout d'abord je remercie ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la foi, et qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long du travail, et de m'avoir permis d'en arriver là.

A la lumière de ma vie, mes très chères parents qui ont été toujours à mes côtés, qui m'ont soutenue et encouragé, et qui sans leur amour, leur compréhension, leur conseil et leur tolérance je n'ai jamais pu atteindre mes objectifs, ma mère et mon père je vous dis merci et que dieu vous protège pour nous

A celles qui m'ont supportée, encouragée, et surtout qui m'ont aimée ;

Mes Sœur et Mon frère

A mes chères amies qui a partagés avec moi les moments difficiles et les beaux souvenirs de ce travail.

A toute ma famille, mes oncles et tantes, cousins et cousines

A tous mes amis

A tous mes enseignants depuis le primaire jusqu'à l'université avec tous mes sincères remerciements et tous mes respects.

A tous qui m'aiment, que j'ai cité ou non ; je leurs dis du fond du cœur

Merci pour tout

Bilel

Dédicace

Tout d'abord je remercie ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la foi, et qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long du travail, et de m'avoir permis d'en arriver là.

A la lumière de ma vie, mes très chères parents qui ont été toujours à mes côtés, qui m'ont soutenue et encouragé, et qui sans leur amour, leur compréhension, leur conseil et leur tolérance je n'ai jamais pu atteindre mes objectifs, ma mère et mon père je vous dis merci et que dieu vous protège pour nous

*A mon frère qui ma supportée, encouragée, et surtout qui ma aimée
A mes ami quis qui ont partagés avec moi les moments difficiles et les beaux souvenirs de ce travail.*

A toute ma famille, mes oncles et tantes, cousins et cousines

A tous mes amis

A tous mes enseignants depuis le primaire jusqu'à l'université avec tous mes sincères remerciements et tous mes respects.

A tous qui m'aiment, que j'ai cité ou non ; je leurs dis du fond du cœur

Merci pour tout

Chahin

Résumé

Activité antifongique *in vitro* des huiles essentielles de *Lavandula dentata* L. et *Lavandula stoechas* L. sur les moisissures « *Fusarium* spp. » de l'orge « *Hordeum vulgare* L. » hydroponique

Notre travail vise l'évaluation de l'activité antifongique des huiles essentielles extraites à partir des feuilles de *Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L., collectées de la région de Gouraya, wilaya de Tipaza, vis-à-vis de trois isolats de *Fusarium* spp. agent responsable de l'altération des cultures de l'orge en hydroponie. Ces huiles essentielles ont fait l'objet de préparation des émulsions à 1/25 (4%), en les mélangeant séparément à un volume d'une solution d'eau-agar préparée à 0,2%. L'étude du pouvoir inhibiteur des émulsions préparées à partir des huiles essentielles des deux espèces de lavandes étudiées a été réalisée selon la technique de contact direct et celle de micro-atmosphère à l'égard des trois isolats de *Fusarium* spp. étudiés. Les résultats ont révélé un pouvoir inhibiteur total (100%) seulement selon la technique de contact direct confirmant ainsi, une inhibition complète de la croissance mycélienne des trois isolats de *Fusarium* spp. sous l'effet des deux émulsions d'huiles essentielles de *L. stoechas* et *L. dentata*. En revanche, un faible pouvoir inhibiteur a été enregistré par les deux émulsions d'huiles essentielles de lavandes sur la croissance mycélienne selon la technique de micro-atmosphère. Le pouvoir inhibiteur de l'huile essentielle de *L. dentata* s'est avéré légèrement plus important sur la croissance mycélienne des isolats de *Fusarium* spp. (5F 10.41%) (4F 19.75) (3F 19.40%) que celui de l'huile essentielle de *L. stoechas* (5F 6.22%) (4F 9.37%) (3F 11.37%). Les taux d'inhibition de la germination n'étaient pas également importants pour les deux huiles essentielles testées sur les isolats de *Fusarium* spp. mis à part en vers l'isolat 3F dont les taux d'inhibition ont dépassé les (50%). Cependant, la reprise de la croissance mycélienne de cet isolat (3F) et sa survie ont affirmé juste son pouvoir fongistatique. Dans ce sens, l'huile essentielle de *Lavandula dentata* L. testée peut être préconisée comme solution alternative contre *Fusarium* spp. de l'orge *Hordeum vulgare* L. aux champs et comme traitement biofongicide en culture hydroponique.

Mots clés : *Fusarium* spp., huile essentielle, *Lavandula stoechas* L., *Lavandula dentata* L., taux d'inhibition.

Abstract

In vitro antifungal activity of the essential oils of *Lavandula dentata* L. and *Lavandula stoechas* L. on molds “*Fusarium* spp.” “*Hordeum vulgare* L.” barley hydroponic

Our work extends the evaluation of the antifungal activity of essential oils extracted from leaves of *Lavandula stoechas* L. and *Lavandula dentata* L., collected from the Gouraya region, Tipaza wilaya, vis-à-vis three isolates of *Fusarium* spp. agent responsible for the alteration of barley crops in hydroponics. These essential oils were mixed with 1/25th (4%) emulsions in a separate mixer to a volume of a water-agar solution prepared at 0.2%. The study of the inhibitory power of emulsions prepared from the essential oils of two lavender species was carried out using the direct contact technique and that of the micro-atmosphere with respect to the three isolates of *Fusarium* spp. studied. The results revealed a total inhibitory power (100%), according to the direct technique method thus confirming a complete inhibition of the mycelial growth of the three isolates of *Fusarium* spp. under the effect of two emulsions of essential oils of *L. stoechas* and *L. dentata*. On the other hand, a low inhibitory power was recorded by the two lavender essential oil emulsions on the mycelial growth according to the micro-atmosphere technique. The inhibitory potency of *L. dentata* essential oil was slightly greater in mycelial mycelial growth of isolates of *Fusarium* spp. (5F 10.41%) (4F 19.75) (3F 19.40%) than that of the essential oil of *L.stoechas* (5F 6.22%) (4F 9.37%) (3F 11.37) %. Germination inhibition rates are also important for both essential oils tested on *Fusarium* spp. Isolates. except for the 3F isolate whose inhibition rates exceeded (50%). However, the resumption of mycelial growth of this isolate (3F) and its survival are just right its power fungistatic power. In the sense, the essential oil of *Lavandula dentata* L. tested can be recommended as an alternative solution against *Fusarium* spp. barley *Hordeum vulgare* L. in fields and as a biofungicide treatment in hydroponics.

Key words: *Fusarium* spp., Essential oil, *Lavandula stoechas* L., *Lavandula dentata* L., inhibition rate.

الملخص

تثمين و استعمال مستخلصات الزيوت الأساسية لفصائل من نبتة الخزامى ضد الفطريات الضارة لنبتة الشعير في الوسط المائي أثناء

يتضمن عملنا تثمين اورراق نبتة الحلحال في مرحلة النمو النباتي المأخوذة من منطقة قورايا بولاية تيبازة بالجزائر لاستعمالها في محاربة بعض الفطريات الضارة فوزار يوم ف5 ' 4م و 3م المسنولة عن تعفن نبتة الشعير في فترة التخزين و الحفظ

هذه الدراسة تعتمد على حساب معدل تثبيط النمو ' معدل تثبيط الانبات و معدل البقاء. محلول الزيوت المخفف بنسبة 250/1 المعمول على فصائل الفطريات الضارة بواسطة طريقة الاتصال المباشر اعطى نسبة تثبيط نمو تقدر 100/100 على كل فصائل الفطريات. وعلى العكس من ذلك نسبة تثبيط النمو بواسطة طريقة الاتصال الغير مباشر او الاتصال الهوائي اعطى نسبة تثبيط نمو اقل فاعلية. *Lavandula dentata* L. 100/ 10.41 بالنسبة ل ف5 و 100/19.75 بالنسبة ل ف4 و 100/19.40 بالنسبة ل ف3 ' كما ان نسبة تثبيط النمو بواسطة نفس الطريق لنبتة *Lavandula stoechas* L. ب 100/6.22 ل ف5 و 100/9.37 ل ف4 و 100/11.37 ل ف3. بالتسوية لنسبة تثبيط النمو فقد لاحظنا اختلاف واضح في حساسية كل فصيلة و كذلك في و في فعالية الزيوت الاساسية بالنسبة لفصيلتي النبتة المدروسة بحيث لاحظنا ان الفصيلة الاكثر حساسية هي ف3 ثم ف5 و في الاخير 3م بنسب متفاوتة و باختلاف بين نسب الزيوت بالنسبة لفصيلتي النبتة المدروسة' و قد تم ملاحظة عودة نمو كل فصائل الفطريات المدروسة المثبطة سابقا مما يعطي انطبعا ان الزيوت لها قوة مثبطة و ليس قاتلة للفطر

وعلى هذا الاساس يمكننا ان نعتبر انه بإمكاننا استعمال الزيوت المستخلصة من نبتة الحلحال كحل حيوي بديل لمحاربة الفطريات الضارة ف5م و 4م و 3م بنبتة الشعير اثناء فترة التخزين و الحفظ

الكلمات المفتاحية :

Fusarium spp, huile essentielle, *lavandula stoechas* L., *lavandula dentata* L., taux d'inhibions

Liste des abréviations

LVS	<i>Lavandula stoechas</i> L.
LVD	<i>Lavandula dentata</i> L.
HE	huile essentielle
sp.	Espèce
spp.	Espèces
USDB	Université Saad Dahleb Blida
v/v	Volume / volume
CD	contacte directe
CID	contacte indirecte

Liste des Figures

- Figure 1 :** Aspect morphologique des deux lavandes (Gilda, 2006)
- Figure 2 :** Répartition géographique de la lavande (<http://routes-lavande.com>)
- Figure 3 :** Orge commune (*Hordeum vulgare* L.) (Raul dupagne, 2007).
- Figure 4 :** Installation de culture hydroponique (Belaid, 2014)
- Figure 5 :** Formes de diverses espèces de *Fusarium* spp. (Nelson et al., 1992)
- Figure 6 :** Structure de quelques monoterpènes (MENACEUR 2011)
- Figure 7 :** Exemples de sesquiterpènes entrant dans la composition chimique des huiles essentielles (MENACEUR 2011)
- Figure 8 :** Structure de quelques dérivés du phénylpropanoïde (MENACEUR 2011)
- Figure 9 :** Matériel fongique utilisé dans notre étude (Moumen et al., 2017)
- Figure 10 :** Site de récolte des deux espèces de lavandes (original 2018)
- Figure 11 :** Extraction des huiles essentielles par hydrodistillation (original 2018)
- Figure 12 :** Pouvoir inhibiteur des extraits des deux lavandes étudiés sur la croissance mycélienne des trois isolats de *Fusarium* spp. selon les deux techniques
- Figure 13 :** Inhibition de la croissance mycélienne des isolats testés selon la technique de microatmosphère en modèle GLM selon les extraits (a) et (b)
- Figure 14 :** : Pouvoir inhibiteur des huiles essentielles de *L. dentata* et *L. stoechas* sur la croissance mycélienne des trois isolats de *Fusarium* spp. testés selon la méthode de micro atmosphère en modèle GLM
- Figure 15 :** Inhibition de la croissance mycélienne des isolats de *Fusarium* spp. testés selon la méthode de contact direct en modèle GLM selon les extraits (a) et (b)
- Figure 16 :** Pouvoir inhibiteur des huiles essentielles de *Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L. sur la croissance mycélienne des isolats de *Fusarium* spp. testés (a), (b) et (c) selon les deux techniques d'études en modèle GLM
- Figure 17 :** Comparaison entre le pouvoir inhibiteur de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. et de *Lavandula dentata* L. sur la germination conidienne des isolats de *Fusarium* spp. testés en modèle GLM
- Figure 18 :** Morphologie des isolats de *Fusarium* spp. sous l'effet des huiles essentielles des deux lavandes testées
- Figure 19 :** Modification morphologique des isolats de *Fusarium* spp. étudiés sous l'effet de *Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L observé au microscope photonique. (Gr × 500).
- Figure 20 :** Survie de l'isolats de *Fusarium* spp. 3F préalablement inhibés par l'effet de l'huile essentielle de *Lavandula dentata* L.

Liste des Annexes

Annexe 1: Préparation de la suspension d'eau-agar (à 0,2%)

Annexe 2 : préparation de l'eau agar

Annexe 3: symptôme et dégât de *Fusarium* sp. sur la culture de l'orge

Annexe 4: Préparation du milieu PDA (Potato Dextrose Agar, agar de dextrose de pomme de terre) selon Ismaili et al. (2014)

Annexe 5: Préparation de la concentration 1/25 v/v (4 %) de l'huile essentielle

Annexe 6 : Analyse de la variance des taux d'inhibition de la croissance mycélienne selon la méthode indirecte par rapport aux huiles essentielles par le test ANOVA

Annexe 7 : Analyse de la variance des taux d'inhibition de la croissance mycélienne selon la méthode indirecte par rapport aux isolats par le test ANOVA

Annexe 8: Analyse de la variance comparative des taux d'inhibition de la croissance mycélienne selon la méthode directe et indirecte par le test ANOVA

Annexe 9: Analyse de la variance des taux d'inhibition de la germination par le test ANOVA selon les isolats fongiques

Annexe 10 : caractéristiques morphologiques observés après survie pour 5F

Annexe 11 : caractéristiques morphologiques observés après survie pour 4F

Annexe 12 : caractéristiques morphologiques observés après reprise de croissance pour 3F

Annexe 13 : caractéristiques morphologiques observés après survie pour 3F

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
Chapitre 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	2
1.1 Généralités sur les lavandes.	2
1.1.1 Historique	2
1.1.2 Taxonomie	2
1.1.3 Description botanique des deux lavandes.....	3
1.1.4 Description géographique	4
1.1.5 Ecologie	5
1.1.6 biologie.....	6
1.1.7 Utilité	6
1.1.8 Les travaux sur la lavande et ses extraits	7
1.2 Généralité sur l'orge	8
1.2.1 Apersu.....	7
1.2.2 Classification	9
1.2.3 Importance et utilisation de l'orge	9
1.2.4 Composition nutritionnelle.....	10
1.2.5 Situation de la culture de l'orge.....	10
1.2.6 Culture hydroponique de l'orge	11
1.2.7 Avantages et inconvénient de la culture hydroponique	11
1.3 Généralité sur <i>Fusarium</i> spp	12
1.3.1 Classification	12
1.3.2 Morphologie	13
1.3.3 Biologie	15
1.3.4 Les mycotoxines	15
1.3.5 Conditions de développement	15
1.3.6 Méthode de lutte contre la fusariose	16

1.3.7 Utilisation des extraits de plantes en phytoprotection et en conservation.....	17
1.3.8 Activité antifongique des extraits de plantes en phytopathologie.....	17
1.4 Les huiles essentielles	18
1.4.1 Définition des huiles essentielles.....	18
1.4.2 Historiques	18
1.4.3 Localisation et lieu de synthèse	18
1.4.4 Propriété physico chimique des huiles essentielles.....	19
1.4.5 Composition chimique des huiles essentielles.....	19
1.4.6 Les méthodes d'extraction des huiles essentielles.....	22
1.4.7 Importance économique.....	24
1.5 Rendement en extrait de plante	24
1.6 Etude de l'activité antifongique.....	24
1.6.1 Technique de contact direct.....	24
1.6.2 Technique de micro atmosphère.....	24
Chapitre 2 : MATERIEL ET METHODES	25
2.1 Matériel.....	25
2.1.1 Matériel fongique.....	25
2.1.2 Matériel végétal	26
2.1.2.1 Présentation de la localité de récolte.....	26
2.2 Méthode	27
2.2.1 Extraction des huiles essentielles des deux lavandes.....	28
2.2.2 Evaluation du rendement des huiles essentielles	28
2.2.3 Préparation d'émulsion des huiles essentielles de lavande	28
2.2.4 Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles de <i>L. stoechas</i> et <i>L. dentata</i> sur la morphologie de <i>Fusarium</i> spp.	28
2.3 Lecture des résultats.....	29
2.3.1 Inhibition de la croissance mycélienne.....	29
2.3.2 Inhibition de la germination	30
2.3.3 Etude de la survie.....	30
2.4 Analyse statistique.....	30

Chapitre 3 : RESULTATS ET DISCUSSION	31
3.1 Résultats	31
3.1.1 Rendement en huile essentielle	31
3.1.2 Activité antifongique <i>in vitro</i> des huiles essentielles de lavandula	31
3.1.3 Inhibition de la croissance mycélienne des isolats de <i>Fusarium</i> spp. sous l'effet des huiles essentielles étudiées	32
3.1.4 Inhibition de la germination	36
3.1.5 Description culturelle et morphologique des isolats de <i>Fusarium</i> spp. sous l'effet des huiles essentielles des deux lavandes testées	37
3.1.6 Pouvoir antifongique des huiles essentielles sur la morphologie des isolats étudiés ...	38
3.1.7 Survie	40
3.2 Discussion.....	41
Chapitre 4 : CONCLUSION ET PERSPECTIVES	43
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	45
ANNEXES	



Introduction

INTRODUCTION

Avec la croissance démographique mondiale, la population atteindra probablement les 10 milliards dans les prochaines années, et plus la population mondiale augmente, plus les besoins en nourriture augmentent, surtout pour les cultures stratégiques à grande impact économique notamment la culture de l'orge (UNPD, 2008).

En Algérie la culture de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) occupe une place importante parmi les autres céréales (blé dur et tendre). Elle était destinée à l'autoconsommation humaine et à l'alimentation animale. Aujourd'hui face aux crises économiques, changement climatique et la désertification, l'Algérie sera confrontée à des difficultés pour assurer sa sécurité alimentaire. (Rahal Bouziane, 2015).

A cause de cette crise le système hydroponique fut adopté (Texier, 2015). Cette culture présente plusieurs avantages comme le contrôle de la nutrition, la conservation de l'eau, donne un meilleur rendement et meilleure qualité d'orge et réduit l'utilisation des pesticides. Mais le grand problème qui pose sur cette technique c'est le développement des agents fongiques qui attaquent et détériorent la qualité de l'orge par la production des mycotoxines. Environ 70% des maladies des plantes cultivées sont causées par des champignons (Graniti, 1992). Dans ce sens, notre présente étude vise l'évaluation de l'efficacité des huiles des deux espèces de lavande (*Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L.) Récoltée dans la région de Ghouraya la wilaya de Tipaza, vis-à-vis des espèces de *Fusarium* spp. de l'orge «*Hordeum vulgare* L.» au cours de la conservation et du stockage. Ce travail porte sur l'étude du pouvoir antifongique de ces huiles essentielles sur les isolats de *Fusarium* spp. issus des plantes d'orge cultivées en hydroponie.

Les plantes ont été choisies selon leurs disponibilités, leurs rendements en huile essentielle élevés et sont utilisées dans la cuisine locale, ce qui indiquerait l'absence de toxicité dans cette plante.

Plusieurs études sur ce sujet ont présenté des résultats prometteurs en se basant sur les extraits de plantes. Comme l'huile essentielle de *Laurus Nobilis* L. contre *Fusarium Sporotrichoide* (Salhi et al., 2015), et l'huile essentielle de *Chenopodium ambrosioides* contre *Phyllosticta citricarpa* des agrumes (Lombardo et al., 2016).



Synthèse
Bibliographique

1. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1 Généralité sur les lavandes

1.1.1 Historique

La lavande et ses utilisations étaient déjà connues dans l'Antiquité. Les vivants s'en servaient comme eau de toilette et mettaient des urnes parfumées dans le tombeau de leurs morts, après 3000 ans. Elle devint également une plante très populaire pour éliminer les mauvaises odeurs. Elle était d'une manière générale très appréciée de tous et lorsque les moines ambulants traversèrent les Alpes au 11ème siècle et l'amènèrent dans les contrées, on ne tarda pas à voir des champs de lavande aux fleurs bleues à violettes dans toute l'Europe. La lavande soulageait bien des maladies et l'on ne tarda pas à l'utiliser également pour aromatiser des mets délicats. La lavande devint bien vite indispensable dans la vie de tous les jours. Son nom générique *Lavandula* le confirme: il est dérivé du latin *lavare* – laver et se réfère à l'importance qu'avaient autrefois les bains à la lavande, tout en soulignant l'action purifiante de cette dernière. Son odeur fraîche et vivifiante dégageait dans la pièce une atmosphère paisible et harmonieuse tout en protégeant contre les germes pathogènes et les insectes de tout genre. C'est ainsi que la lavande est, de longue date, un remède de bonne femme très apprécié, qui éloigne les parasites tels que les poux, les mites vestimentaires ou alimentaires. (EGK Caisse de Santé 2008)

1.1.2 Taxonomie

Selon la base de données Euro+Med (2017), la lavande est classée comme suit :

- Règne : Plantae
- Division : Tracheophyta
- Sous-division : Spermatophytina
- Classe : Magnoliopsida
- Superordre : Asteranae
- Ordre : Lamiales
- Famille : Lamiaceae Lindl.
- Genre : *Lavandula*

Il existe environ 45 espèces de lavandes dans le monde dont deux sont très importantes en Algérie : *Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L.

L'espèce *stoechas* L. est appelée communément : lavande papillon, lavande à toupet ou lavande stoechad.

En anglais : French lavender, Italian lavender, Spanish lavender.

Appellations locales : حلحال (arabe : helhal), أمزير (amazigh : amezir).

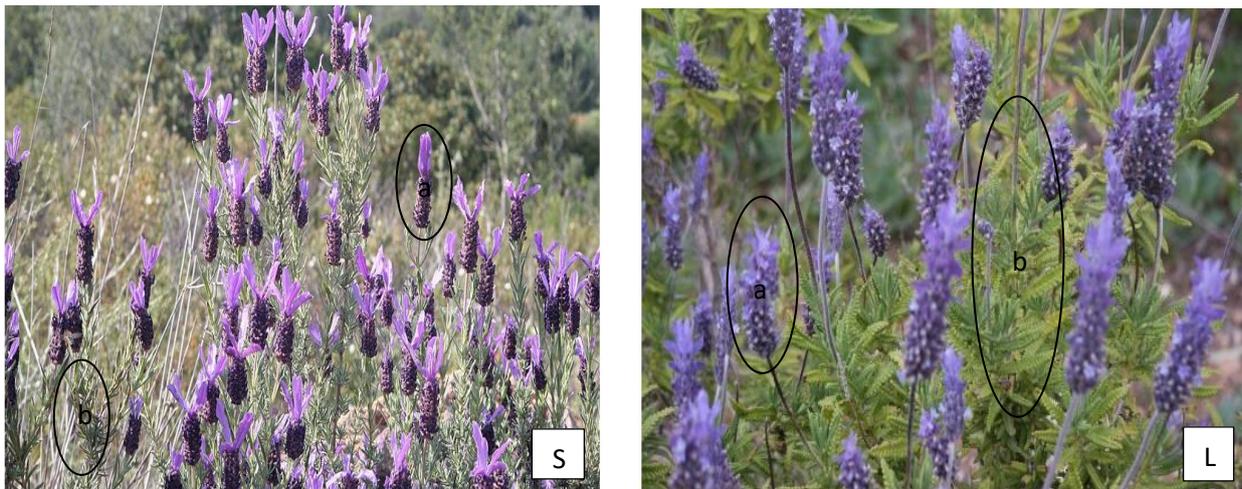
L'espèce *dentata* L. est appelée communément la lavande dentée, lavande anglaise ou lavande alpine.

En anglais : fringed lavender.

Appellations locales : الخزامى

1.1.3 Description botanique des deux espèces de lavandes

Les lavandes se définissent et se distinguent des autres lamiacées par la morphologie de leurs fleurs (figure 1) : *Lavandula stoechas* L. est un Arbuste de 40-70 cm à feuilles souvent tomenteuses grises avec un apex surmonté de bractées florales stériles, élargies, obovales ou spatulées 1-2 cm de long. Corolle noir-violet à couleur mauve. Quant à *Lavandula dentata* L., c'est un arbuste boisé aromatique, 50-100 cm, avec un indument de densité variable donnant aux plantes un aspect vert à gris-vert. Fleur épineuse de 3-6 cm, bractées florales stériles élargies, de forme rhombique, de couleur violette-bleue, se terminant par des bractées non modifiées entièrement fertiles. Corolla principalement des nuances de violet-bleu à mauve (Upson et Lis-Balchin, 2002).



(S) : *Lavandula stoechas* L., (L) : *Lavandula dentata* L.

(a) : inflorescence, (b) : tige + feuilles.

Figure 1 : Aspect morphologique des deux lavandes (a : Nunes Alberto, 2009/b : Gilda, 2006

1.1.4 Distribution géographique

Depuis ses débuts, la culture de la lavande reste une activité localisée dans le sud-est de la France. Quatre départements (les Alpes de Haute-Provence, les Hautes Alpes, la Drôme et le Vaucluse).

D'autres pays comme la Belgique, l'Ukraine, la Chine cultivent des clones de *Lavandula angustifolia* sélectionnés à partir de population française. Même si l'huile essentielle obtenue est moins riche sur le plan objectif, son prix compétitif a permis à ces essences de prendre une part significative du marché international, tandis que le marché de la lavande française connaissait une baisse constante. (<http://routes-lavande.com>).



Figure 2 : Répartition géographique de la lavande (<http://routes-lavande.com>).

1.1.5 Ecologie

La lavande se développe sur des sols calcaires, jamais sur des sols acides. Elle support la mi-ombre et tolère le froid jusqu'à -5°C . Les sols lourds et imperméables sont impropres à la culture des lavandes qui s'accommodent mieux d'un excès d'humidité (Fabiani et *al*, 2002) (Meunier, 1999) (Ben Abdel Kader, 2012).

1.1.6 Biologie

La multiplication de la lavande est obtenue par la technique du semis qui est effectué à partir des graines récoltées sur des plants de lavande. Le semis traditionnel se fait au printemps, en raies espacé, éclairci et arrosé pour un bon développement des jeunes plants. Au bout d'un an, les plants sont repiqués pour constituer une plantation de lavande (Meunier, 1999).

La période de plantation s'étale entre mi-novembre et mi-avril. La plantation réalisée à l'automne permet d'éviter la sécheresse et assure une meilleure reprise, sauf dans les régions aux hivers trop rigoureux où les jeunes plants souffriraient du froid trop intense (Meunier, 1999).

1.1.7 Utilité

Les espèces de la lavande sont principalement cultivées pour leurs huiles essentielles, qui sont utilisées dans la parfumerie, la cosmétique, la transformation des aliments et, de nos jours, dans les produits d'"aromathérapie". Les fleurs séchées ont également été utilisées depuis des temps immémoriaux dans des oreillers, des sachets, etc. pour favoriser le sommeil et la relaxation. De nombreuses plantes de lavande sont également vendues comme plantes ornementales pour le jardin (Maria Lis-Balchin, 2002)

Les espèces de lavandes sont d'une grande valeur marchande due à leur arôme plaisant. La matière végétale et leurs huiles essentielles sont principalement utilisées en parfumerie, cosmétique, et en industrie alimentaire. L'importance médicinale de la plante est bien documentée et les extraits préparés à partir de cette plante sont enregistrés dans beaucoup de pharmacopées (sultan et *al.*, 2008)

La lavande est bien connue et utilisée à travers toute la région méditerranéenne pour ses vertus médicinales principalement attribués à sa teneur en HE. Elle était utilisée par les médecins musulmans qui la considéraient comme céphalique (tonique), résolvente, désobstruant, et carminative. Ils la prescrivent pour lutter contre désinfections pulmonaires et pour l'expulsion des humeurs bilieuses et flegmatiques (Said, 1996)

En Crète, l'huile essentielle et l'infusion des feuilles sont utilisées par des thérapeutes traditionnels comme spasmolytiques, contre le diabète, les douleurs menstruelles féminines, les calculs rénaux, l'anthrax, l'otite, l'hypertension et la matière végétale brute est également utilisée comme insectifuge (Skoula et *al.*, 1996). La plante est également utilisée dans la

médecine populaire comme antispasmodique dans les douleurs des coliques (Usmanghani et *al.*, 1997 ; Nadkarni, 1982), expectorant, stimulant, (Giray et *al.*, 2008) et pour les différentes maladies du système nerveux central, comme l'épilepsie et la migraine. Elle est appelée 'le balai du cerveau' (Nadkarni, 1982). Elle est d'ailleurs utilisée sous forme de fumigation pour soigner "le mal des sinus" (Simonpoli et *al.*, 1993). Cette lavande a aussi des effets positifs sur les plaies, les infections urinaires, les maladies cardiaques et l'eczéma (Baytop, 1999). Finalement, elle possède également des vertus analgésiques, sédatives, antiseptiques (Baytop, 1999) et antimicrobiennes (Asimgil, 1997).

En plus de son utilisation pour ses diverses propriétés médicinales, la lavande est aussi appréciée dans d'autres domaines. Dans l'ornemental, les horticulteurs ont eu recours au lavande pour de nombreuses sélections variétales, voire même pour la réalisation de croisements.

Elle est aussi très appréciée dans la production du miel. Guyot-Declerck et *al.* (2002) ont affirmé que cette plante constitue une source excellente de nectar pour les abeilles, et dont le miel est produit en Portugal et en Espagne.

1.1.8 Les travaux sur la lavande et ses extraits

La plupart des travaux rencontrés sur les lavandes traitent de leurs huiles essentielles et leurs activités biologiques (antimicrobienne, insecticides et antifongiques). La majorité des travaux ont été faits dans le Maghreb : en Tunisie, Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* (Bouzouita et *al.* 2005). Caractérisation morphologique et chimique de deux espèces de lavande : *Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L. en Tunisie (Souihi et *al.* 2017). Au Maroc, étude Phytochimique Et Activité Antibactérienne de deux espèces de lavande autochtones au Maroc : *Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L (Bachiri et *al.* 2016). En Algérie, pouvoir antifongique et antioxydant de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L (Mohammedi et *al.* 2012). Valorisation des extraits de *Lavandula stoechas* L. de la région de Blida vis-à-vis des moisissures des fruits au cours du stockage et de la conservation (BENKHELIL. 2017). Pouvoir antifongique des extraits de la lavande *Lavandula stoechas* L. de la région de Gouraya sur les moisissures des fruits et des légumes au cours de la conservation et du stockage (IDJLIDINE. 2017). Ainsi qu'en Europe aussi comme l'Italie, chemical composition, seasonal variability, and antifungal activity of *Lavandula stoechas* L. essential oils from stem/leaves and flowers. (Angioni et *al.* 2006).

1.2 Généralité sur l'orge

1.2.1 Aperçu

L'orge est une plante annuelle de la classe des monocotylédones, qui appartient à la famille des graminées et au genre *Hordeum* qui comprend 31 espèces, mais seule vulgare est couramment cultivée, *Hordeum vulgare* est une espèce diploïde ($2n=14$). Elle a été l'une des premières cultures domestiquées, il y a 10 000 ans dans le croissant fertile du moyen –orient (Baik et Ulrich, 2008).

L'orge est l'une des plus anciennes céréales cultivées sur terre. Les études génétiques, incluant les analyses récentes en Biologie moléculaire confirment que l'orge cultivée actuellement a évolué à partir de *Hordeum spontaneum* L. (Nevo, 1992), espèce d'orge spontanée présente encore au Proche et Moyen-Orient qui porte des épis à deux ou six rangs (Bonjean et Picard, 1990).

L'orge est classée selon les types printemps ou hiver (sensible au gel ou au contraire résistant au froid environ jusqu'à -15°C), sa classification est basée sur la fertilité des épillets latéraux, la densité de l'épi et la présence ou l'absence des barbes (Rasmusson, 2005).



Figure 3 : Orge commune (*Hordeum vulgare* L.) (Raul dupagne, 2007).

1.2.2 Classification

- D'après Feillet (2000), l'orge cultivée appartient à la classification suivante :
- Règne Plantae
- Division Magnoliophyta
- Classe Liliopsida
- S/Classe Commelinidae
- Ordre Poale
- Famille Poaceae
- S/Famille Hordeoideae
- Tribu Hordeae (Hordées)
- S/Tribu Hordeinae
- Genre Hordeum

Espèce *Hordeum vulgare* L..

1.2.3 Importance et utilisation de l'orge

A l'échelle mondiale et par ordre d'importance, l'orge est utilisée en alimentation du bétail, pour le maltage (notamment en brasserie) et en alimentation humaine. Dans les régions tropicales et subtropicales. En Ethiopie et en Erythrée, la plus grande partie de l'orge en grains sert à confectionner un pain local qui ressemble à une crêpe ; mais on en fait aussi bien des bouillies et des soupes que des boissons alcoolisées (Ceccarelli et Grando, 2006).

Par ailleurs, l'orge est riche en fibres solubles, dont la consommation peut contribuer à une normalisation des concentrations sanguines de cholestérol, de glucose et d'insuline (McIntosh et al., 1991). Ces fibres sont donc des composés intéressants dans le traitement nutritionnel des maladies cardiovasculaires. Cette céréale contient des tocotriénols, une forme de vitamine E particulièrement bénéfique. L'orge est également fortifiante, régénératrice, bénéfique pour le système respiratoire, et anti-diarrhéique. En tisane, elle est utilisée pour soulager la toux (Ceccarelli et Grando, 1996).

En Algérie, la culture d'orge était destinée à l'auto consommation humaine et servait de complément fourrager pour les troupeaux dans les régions steppiques (Hakimi, 1993). Actuellement, l'orge est utilisée dans l'alimentation humaine selon les régions sous formes de galette, de couscous et de soupe (Rahal, 2007). C'est une espèce fourragère importante par sa production en vert, en foin (en association avec d'autres espèces), en ensilage et par son grain

et sa paille (Belaid, 1986). Dans toutes les régions, du nord au sud, elle reste la plus importante ressource fourragère (Boulal *et al.*, 2007).

1.2.4 Composition nutritionnelle

La composition chimique de l'orge pour 100 g de partie comestible est la suivante : 9,4 g d'eau, 354 kcal d'énergie, 12,5 g de protéines, 2,3 g de lipides, 73,5 g de glucides, 17,3 g de fibres alimentaires, 33 mg de Ca, 133 mg de Mg, 264 mg de P, 3,6 mg Fe, 2,8 mg de Zn, 22 UI de vitamine A, 0,65 mg de thiamine, 0,29 mg de riboflavine, 4,6 mg de niacine, 0,32 mg de vitamine B6. (USDA, 2004).

L'orge contient huit acides aminés essentiels (tryptophane, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, valine, leucine et isoleucine) Ses principaux acides gras sont : l'acide linoléique, l'acide palmitique, l'acide oléique, et l'acide linoléique (USDA, 2004).

Selon Arbouche *et al.* (2008), les variétés d'orge européennes importées ont des valeurs nutritives moins importantes que celles des variétés locales. Leur teneur moyenne en matière azotées totales est de 13,3% de MS avec une valeur maximale pour la variété Tichedrett de 15,5% de MS. Le taux de cellulose brute est de 7,8% de MS et celui de la lignine est le double de celui des orges européennes.

1.2.5 Situation de la culture de l'orge

L'orge constitue la quatrième céréale cultivée au niveau mondial après le maïs, le blé et le riz (FAO-STAT, 2016). Les principaux pays producteurs sont les Etats-Unis, la Fédération de Russie, et le Canada. Le rendement moyen orge dans le monde est de 2045 t/ha (Burny, 2011).

En Algérie, 35% de la superficie céréalière est consacrée à la culture de l'orge qui est concentrée entre les isohyètes 250 et 450 mm (Menad *et al.*, 2011).

Confrontée à des contraintes d'ordre climatiques et techniques, la production algérienne d'orge est faible et surtout variable dans l'espace et le temps (Bouzerzour et Benmahammed, 1993).

La culture de l'orge est pratiquée essentiellement sur les hautes plaines, en Algérie. Les superficies qui lui sont consacrées varient d'une année à l'autre avec une moyenne, sur plus d'un siècle (1901-2005), de 1 million d'hectares, une production moyenne variant de 3 à 16 millions

quintaux et une moyenne de rendement en grain de 7q/ha. Parmi les pays du Maghreb, l'Algérie se classe en seconde position après le Maroc, qui produit plus de 16 millions de quintaux en moyenne (Fao stat, 2008).

L'orge est une espèce très adaptée aux systèmes de cultures pratiqués en zones sèches. Cette adaptation est liée à un cycle de développement plus court et à une meilleure vitesse de croissance en début du cycle (Abbas et Abdelguerfi, 2008)

1.2.6 Culture hydroponique de l'orge

Ce type de culture vise l'utilisation de l'orge germé comme fourrage pour ruminants car c'est le fourrage concentré qui est dominant en Algérie. Les éleveurs pratiquant sa germination cherchent avant tout une amélioration de valeur nutritive. Il existe diverses installations pour la germination de l'orge basées sur la conservation dans un enceinte close d'un taux d'humidité et de température précise de graines à tremper. Dès la germination, les graines produisent des plantules de 10 cm à côté d'installation moderne avec atmosphère contrôlé existe une foule d'installation bricolées par des éleveurs ou des artisans. (Belaid, 2014)



Figure 4 : Installation de culture hydroponique (Belaid, 2014)

1.2.7 Avantages et inconvénients de la culture hydroponique

La rapidité avec laquelle les plantes poussent et s'étoffent en hydroponie suppose une grande consommation d'eau. Cependant, toute l'eau utilisée sera transpirée par la plante, sans le moindre gaspillage par infiltration dans le sol ou par évaporation. Si l'on compare avec la culture des

mêmes plantes en terre la totalité de l'engrais utilisé et absorbé par la plante. La culture hydroponique assure à la plante une croissance saine et rapide, lui permettant ainsi de surmonter les attaques des nuisibles ou du moins, d'y résister à ses derniers. La plupart du temps, l'hydroponie permet d'offrir aux plantes des conditions idéales de nutrition, de luminosité, de température et d'humidité. Le maillon faible, alors, devient le dioxyde de carbone. Grâce à l'hydroponie, c'est possible. Le niveau élevé de nitrate dans la solution nutritive suscite une croissance végétatif phénoménal.

Il a aussi des inconvénients. Le premier et le plus important, c'est que les plantes n'ont pas de protection. La terre a un pouvoir tampon. Autrement dit, elle a la capacité de maintenir une certaine stabilité autour de la masse racinaire. Dans un sol sain, tout les paramètre physiques et biologiques sont en équilibre. La température est aussi un aspect délicat. En hydroponie la température idéale à maintenir dans la zone racinaire pour que la croissance soit maximale est comprise en 18 et 22°C. les racines peuvent tolérer bien plus. Jusqu'à 26 °C environ, il ne se passe rien, ensuite, la croissance ralentie et au-delà de 35°C, racine est plante meurent rapidement à cause du manque d'oxygène, en particulier dans les pays tropicaux ou en intérieur, ou la lumière artificielle génère beaucoup de chaleur. Un autres grand inconvénient et l'accumulation de l'humidité dans le milieu de culture qui va résulter dans le développement des agents pathogène (Texier, 2014).

1.3 Généralité sur *Fusarium* spp.

La fusariose de l'épi affecte toutes les céréales à paille, mais touche principalement les productions de blé et d'orge, Environ 17 espèces de *Fusarium* sont associées à la maladie. Celle qui cause le plus de dommage est *Fusarium graminearum*. Les *Fusarium* qui infectent les fleurs et les grains des graminées se disséminent dans les tissus tels les enveloppes florales, le rachis des épis et les tiges à la sénescence de la plante (le RAP, 2017)

1.3.1 Classification

Le genre *Fusarium* appartient au *phylum Ascomycota*, classe *Ascomycètes*, ordre *Hypocreale*, tandis que les téléomorphes des espèces *Fusarium* sont principalement classés dans le genre *Gibberella*, et pour un plus petit nombre d'espèces, *Hémonectrie* et genre *Albonectria* (Leslie et Summerell. 2006)

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

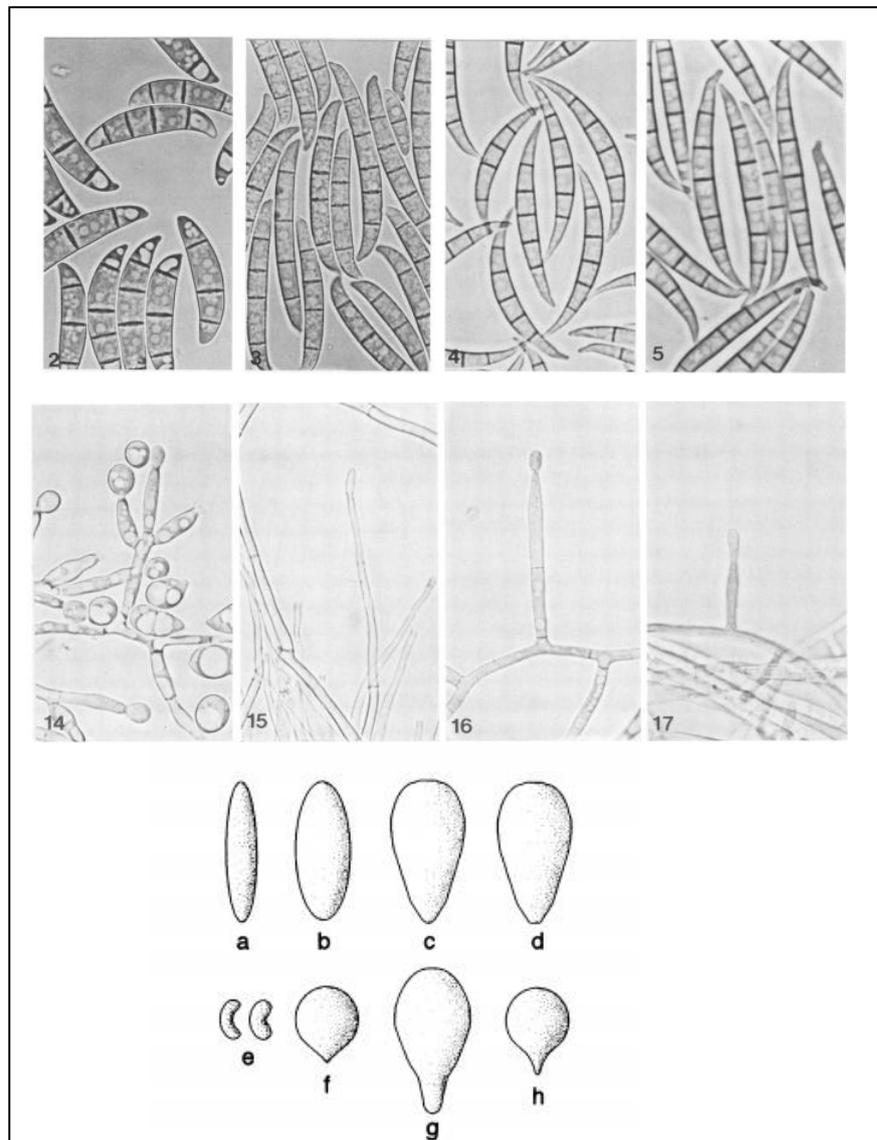
1.3.2 Morphologie

Les espèces de *Fusarium* peuvent produire trois types de spores macroconidies, microconidies et chlamydospores (Nelson et al 1983) (figure 4).

Les macroconidies sont produites dans une structure spécialisée appelée un sporodochium dans lequel la masse de la spore est soutenue par une masse superficielle de monophialides

(Hawksworth et al 1983). Par contre les microconidies sont produites dans le mycélium aérien mais pas dans le sporodochium. Ils sont de diverses formes et tailles peuvent être produits uniquement en fausses têtes ou en fausses têtes et chaînes.

Les chlamydospores peuvent être portées seules, par paires, en touffes ou dans des chaînes, et la paroi extérieure peut être lisse ou rugueuse. (Nelson et al 1992)



(2) : *F. culmorum*. (3) : *F. solani*, (4) : *F. equiseti*, (5) : *F. graminearum*,

(14) : *F. poae*, (15) : *F. solani*, (16) : *F. moniliforme*, (17) : *F. oxysporum*.

(a) : fusiforme, (b) : ovale, (c) : obovoïde, (d) : obovoïde avec une base tronquée indiquant que les microconidies ont été formées dans une chaîne, (e) : allantoïde, (f) : napiforme, (g) : piriforme, (h) : cornet.

Figure 5: Formes de diverses espèces de *Fusarium* spp. (Nelson et al., 1992)

1.3.3 Biologie

Le mycélium attaque les grains à travers les glumes, pénètre dans les péricarpe, l'albumen, voire l'embryon. Cette source d'inoculum permet à la maladie de se développer dès l'automne. Pendant la germination, le mycélium reprend son activité et selon le degré de pénétration initial, il ralentit ou inhibe la germination, entraînant des manques à la levée et la fonte des semis. La maturation des spores dépend des interactions avec les facteurs de l'environnement. Elle est favorisée par l'humidité, la chaleur et la lumière (Gunther, 2005) et est freinée par la sécheresse et le froid de l'hiver. Les spores germent ensuite en surface des tissus de l'hôte lorsque les conditions y sont favorables. Ces conditions regroupent une forte humidité (>90%) pendant 48 à 72h en condition contrôlées et 4 à 5 jours en condition naturelles, et des températures comprises entre 15 et 30 °C (Bai, 1994)

1.3.4 Les mycotoxines

Les mycotoxines sont des métabolites secondaires produits par certains champignons microscopiques (Prandini et al., 2007). Elles peuvent être produites avant la récolte dans les épis et donc retrouvées dans les grains, pendant le transport et le stockage des céréales.

Une souche de *Fusarium* produit majoritairement une toxine qui définit son chymotype (Ichinoe et al., 1983).

Le *Fusarium* est connu pour son aptitude à synthétiser certaines mycotoxines sur la plante, certaines toxines varient selon les souches de *Fusarium* présents sur les plants, aujourd'hui, la déoxynivalénol (DON) est l'une des principales mycotoxines produites par le *Fusarium graminearum* qui est responsable des contaminations des graines de blé, l'orge, d'avoine ou de maïs (Guenther, 2005).

1.3.5 condition de développement

Le développement de la fusariose est sous l'influence des conditions suivantes :

1.3.5.1 Facteurs climatiques

Les facteurs climatiques, en particulier l'humidité et la température, jouent un rôle primordial puisqu'ils vont conditionner la germination et l'infection des champignons. Les individus de la même espèce mais ayant des origines géographiques différentes vont également avoir des

optimums différents, en référence avec le climat de leurs régions d'origine (Doohan et al., 2003). Pour *M. nivale* et *Fusarium pulmorum*, cet optimum est obtenu à 18°C et 26°C respectivement. *Fusarium pulmorum*, *Fusarium poae*, *Fusarium avenaceum* et *Micorodochium nivale* sont retrouvés dans des régions plutôt fraîche. Durant tout le cycle cultural, l'humidité et le vent favorisent également la survie et la dispersion de l'inoculum primaire (Alvarez et al., 2009)

1.3.5.2 Facteurs nutritifs

Comme source de carbone et d'énergie le glucose, le fructose, le mannose, le galactose, le maltose, le saccharose, l'amidon et la cellulose représentent les sucres les plus utilisés par les moisissures. Ces hydrates de carbones sont dégradés grâce à la glycolyse et métabolisme aérobie. Le cuivre, le magnésium, le sodium, le zinc et le molybdène sont des micro nutriment. Les peptides et les protéines ne sont utiles par les moisissures qu'après leurs dégradations (Alvarez et al., 2009).

1.3.5.3 Le PH

Les moisissures peuvent se développer dans une large gamme de pH, elle se développent à des pH compris entre 3 et 8 avec une croissance optimal entre 5 et 6 (Keller et al., 1997)

1.3.5.4 Facteurs physiologiques

Le développement des champignons dépend aussi des caractéristiques physiologiques de la plante comme la taille et la densité d'épillets. Son état de stress, son stade de développement et le niveau de résistance de la variété (Champeil et al., 2004).

1.3.6 Méthode de lutte contre la fusariose

Il existe plusieurs méthodes de luttés contre la fusariose :

1.3.6.1 Lutte chimique

En fait, les travaux de Simpson et al., (2004) soulignent la sensibilité des champignons du genre *Fusarium* aux triazoles et ceux du genre *Micorodochium* aux strobilurines. Depuis, des résistances sont apparus limitant l'intérêt des strobilurines dans cette lutte. De nouvelles solutions ont été récemment développées couplant par exemple plusieurs familles chimiques comme les triazolanthione et triazol pouvant réduire jusqu'à 70% de la maladie au champ.

1.3.6.2 Lutte biologique

Les qualités antimicrobiennes des plantes aromatiques et médicinales sont connues depuis l'antiquité. Toutefois, il aura fallu attendre le début du 20^{ème} siècle pour que les scientifiques commencent à s'y intéresser (Yano et al. 2006).

1.3.7 Utilisation des extraits de plantes en phytoprotection et en conservation

La plante et ses produits dérivés de plantes sont utilisés pour la protection et la conservation des récoltes et des plantes en végétation. L'utilisation des extraits de plantes est prouvée comme étant une méthode alternative dans le biocontrôle de plusieurs agents phytopathogènes. Avec l'augmentation des prix des produits chimiques et leurs raretés sur les marchés, les produits biodégradables provenant de plantes constituent une bonne alternative qui permet aux producteurs de pouvoir assurer la protection de leurs cultures à un coût relativement faible (Bouda et al., 2001). La réduction de l'emploi des pesticides chimiques due à l'utilisation des extraits de plantes contribue énormément à la réduction de la pollution de l'environnement et cela permet également d'améliorer la santé publique des populations. L'emploi des extraits des plantes dans la lutte contre les champignons est prometteur compte tenu de leurs efficacités et de leur innocuité sur l'environnement (Weaver et Subramanyam, 2000). Plusieurs plantes comme *Hyptis suaveolens* (L.) Poit., *H. spicigera* Lam., *Anarcadium occidentale* L., *Azadiractha indica* A. Juss., *Ocimum americanum* L. Permettent la conservation des produits agricoles (Nebié, 2005). A faible dose, ces plantes ne présenteraient pas de toxicité pour l'homme, puisqu'elles sont pour la plupart utilisées en médecine traditionnelle. Ce fait pourrait justifier l'engouement actuel des recherches sur les propriétés pesticides des extraits de plantes dans la protection des cultures et des denrées alimentaires (Fatope et al., 1995).

1.3.8 Activité antifongique des extraits de plantes en phytopathologie

Si Moussa et al. (2010) ont testé l'activité antifongique des extraits aqueux, des huiles essentielles et des poudres de dix plantes médicinales : *Anacyclus valentinus*, *Artemisia herba alba*, *Eucalyptus sp*, *Inula viscosa*, *Laurus nobilis*, *Mentha piperita*, *Rosmarinus officinalis*, *Salvia officinalis*, *Tetraclinis articulata* et *Thymus vulgaris* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* agent de la fusariose vasculaire du palmier dattier. Les résultats obtenus montrent que les huiles essentielles d'*Artemisia herba alba*, *Anacyclusvalentinus*, *Inulaviscosa*, *Mentha piperita* et *Thymus vulgaris* présentent une activité inhibitrice importante sur la croissance mycélienne et la germination des microconidies de l'agent pathogène. Cette étude comporte également l'évaluation de l'effet des poudres de plantes, et des huiles essentielles additionnées au substrat,

sur la densité de population de *Fusarium oxysporum* présente dans le sol. Les résultats de ces essais confirment l'efficacité de ces méthodes dans la réduction du taux d'inoculum présent dans le sol, et par conséquent la maladie de la fusariose vasculaire.

L'effet des extraits végétaux sur la densité de population des agents pathogènes a également été étudié par Belabid et *al.* (2010).

1.4. Les huiles essentielles

1.4.1 Définition des huiles essentielles

Les HEs, appelées communément essences végétales, sont des mélanges variables et complexes de substances volatiles aromatiques et parfumantes contenant principalement des terpénoïdes et des dérivés des acides gras. Exceptionnellement, des composés azotés, soufrés, et phénoliques peuvent être également présents (Lis Balchin, 2002). La norme française, AFNOR NF T 75-006 (AFNOR, 1996), donne une définition aux HEs basée sur leur méthode d'obtention « produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, soit par distillation sèche ».

1.4.2 Historique

L'utilisation de substances odorantes de plantes est connue depuis l'antiquité et a été décrite par les plus anciennes civilisations tout d'abord dans l'Orient et le Moyen Orient nord de l'Afrique suivi de l'Europe (Franchomme et Pénéol, 1990). Dans l'histoire moderne, les vertus thérapeutiques des HEs occupent une place de plus en plus importante. En 1928 le chimiste français René-Maurice Gattefosse a utilisé le terme 'aromathérapie' pour décrire les propriétés curatives des HEs lorsqu'il a découvert par accident que la lavande a guéri une brûlure à sa main. En 1964, le docteur français Jean Valunet a connu certain succès en traitant des patients en médecine et en psychiatrie avec des HEs. Aujourd'hui, nous reconnaissons que les HEs ont des effets thérapeutiques, psycho-actifs et physiologiques sur l'homme (Garneau, 2002).

1.4.3 Localisation et lieu de synthèse

Les huiles essentielles se localisent dans toutes les parties vivantes de la plante et se forment dans le cytoplasme de certaines cellules végétales spécialisées (Farhat, 2010).

De la même sorte, ces mêmes parties de plante synthétisent et accumulent les huiles essentielles dans des structures histologiques spécialisées qui diffèrent d'une famille à une autre ; cellules

à huile essentielles (*Lauraceae* et *Zingiberaceae*), poils sécréteurs (*Lamiaceae*), poches sécrétrices (*Myrtaceae* et *Rutaceae*) et canaux sécréteurs (*Apiaceae* et *Asteraceae*). Ces structures se trouvent souvent à proximité de la surface de la plante (Bruneton, 2009).

Elles peuvent être stockées et emmagasinées dans diverses structures de la plante telles que les poils sécréteurs ou les trichomes, les cellules épidermiques, les cellules sécrétrices internes, les poches sécrétrices et les canaux sécréteurs. Plusieurs catégories de tissus sécréteurs peuvent coexister simultanément chez une même espèce, voire dans un même organe. Les trichomes glandulaires sont les sites primaires de la biosynthèse d'huile essentielle, et les plantes qui manquent de telles structures spécialisées synthétisent et amassent seulement des traces de monoterpènes. En conséquence, la dynamique du développement de ces structures ainsi que le processus sécréteur et le mécanisme ont une incidence indirecte avec la production d'huile et le potentiel du système producteur (Sharma et *al.*, 2003).

1.4.4 Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles

Les propriétés physiques des huiles essentielles leur ont permis d'avoir une place à part dans la palette des ressources du monde végétal.

Les huiles essentielles sont des substances généralement liquides, très légères, de densité inférieure à celle de l'eau ($0,750 < d < 0,990$), sauf celle de cannelle et de girofle. Les huiles essentielles sont souvent colorées en jaunes pâle ou incolore à température ambiante à l'exception des huiles essentielles de camomille, romarin qui est de couleur bleu clair. Les huiles essentielles ne rancissent pas et sont solubles dans l'alcool et dans tous les solvants organiques (chloroforme, éther de pétrole, benzène, etc.) mais sont insolubles dans l'eau. Leur indice de réfraction est généralement élevé (Bernard et *al.*, 1988).

1.4.5 Composition chimique des huiles essentielles

1.4.5.1 Les terpènes

Les terpènes qui appartiennent à la vaste famille des isoprénoides constituent la classe la plus large des métabolites secondaires. La majorité des substances de cette classe sont généralement insolubles dans l'eau (Taiz et Zeiger, 2002). Les isoprénoides ont une structure plus ou moins complexe issue de la condensation des molécules à chaînes carbonées linéaires à 5 atomes de carbone qui dérivent de l'isoprène.

Après extraction des huiles essentielles, on rencontre plus de volatils dont le poids moléculaire est faible, ce sont les monoterpènes et les sesquiterpènes (Guignard, 2000).

1.4.5.1.1 Monoterpènes

Ce sont des molécules à 10 atomes de carbone, ils existent sous la forme d'hydrocarbures simples qui peuvent être acycliques (Myrcène, Ocimène), monocycliques (ρ -Cymène, α -Phellandrene, α -Pinène, β -Pinène), ou des hydrocarbures, on rencontre des dérivés oxygénés divers aldéhydes (Linalol, Géraniol), alcools (Citronellol, Géraniol) et acides (Acide linalique) voire des esters (Acétate de linalyl) (Singh et al., 1989, Kaufman et al. 1999) (figure 5)

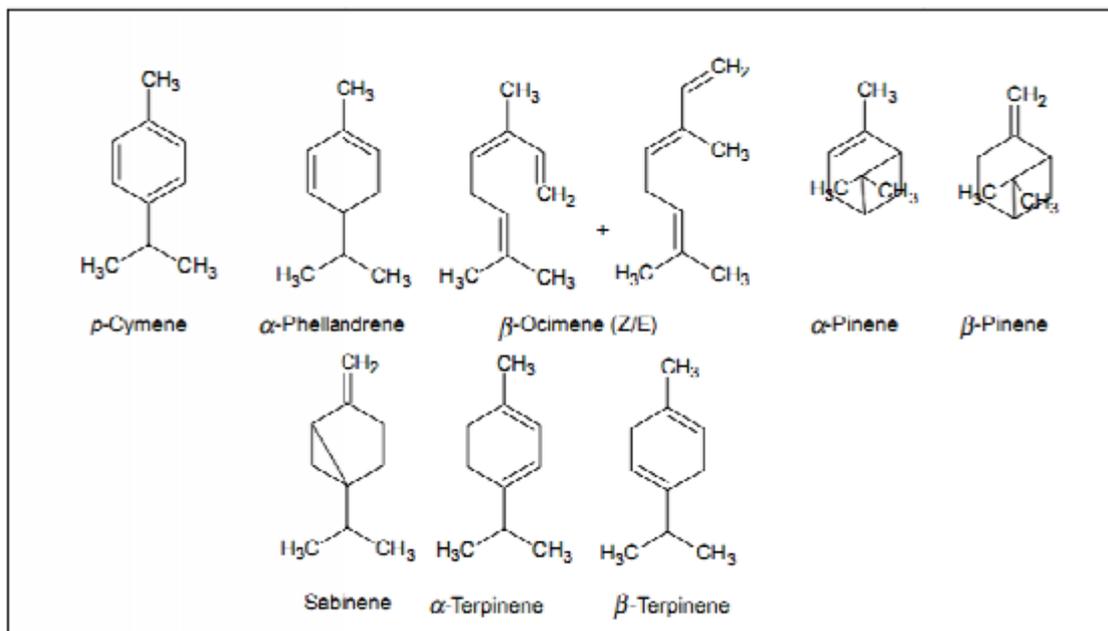


Figure 6 : Structure de quelques monoterpènes (MENACEUR 2011)

1.4.5.1.2 Sesquiterpènes

Ce sont des molécules à 15 atomes de carbone constituées par trois unités isopréniques, ils forment un sous-groupe réparti de la même façon que les monoterpènes (Wink, 2003).

Ils sont abondants dans les essences dont ils constituent parfois une partie considérable, se distinguent des autres terpènes par leur point d'ébullition plus élevé (250 à 280°C), par une densité plus forte $d > 0,9$ et par un indice de réfraction plus élevé (Bruneton, 1999). Exemples de sesquiterpènes caractéristiques des huiles essentielles Hydrocarbures (β -bisabolène

longifolène.), alcools (carotol, farnesol.) aldéhydes (sinensal.) et d'esters (acétate de cedryle) (figure 6)

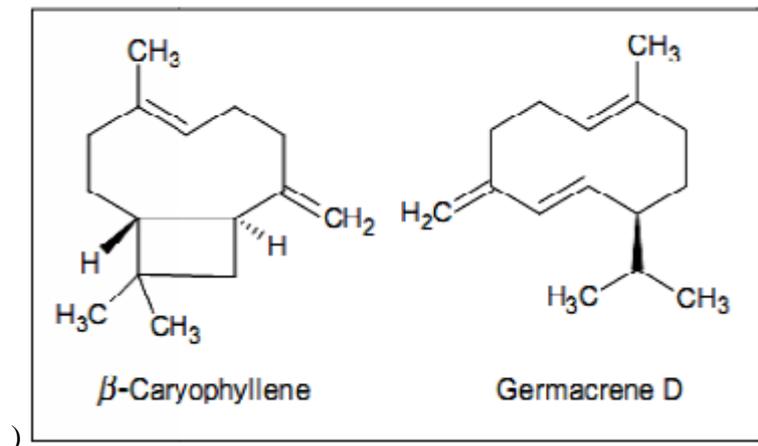


Figure 7 : Exemples de sesquiterpènes entrant dans la composition chimique des huiles essentielles (MENACEUR 2011)

1.4.5.2 Composés aromatiques

La plupart des huiles essentielles contiennent une forte teneur en dérivés aromatiques (Bruneton, 1993) (figure 7). Ces composés odorants sont de t différente de celle des terpènes
 Les composés aromatiques peuvent être :

- Des aldéhydes (cinnamique, cuminique, anisique)
- Des phénols et éthers (thymol, eugénol, anéthol).
- Des coumarines et des alcools

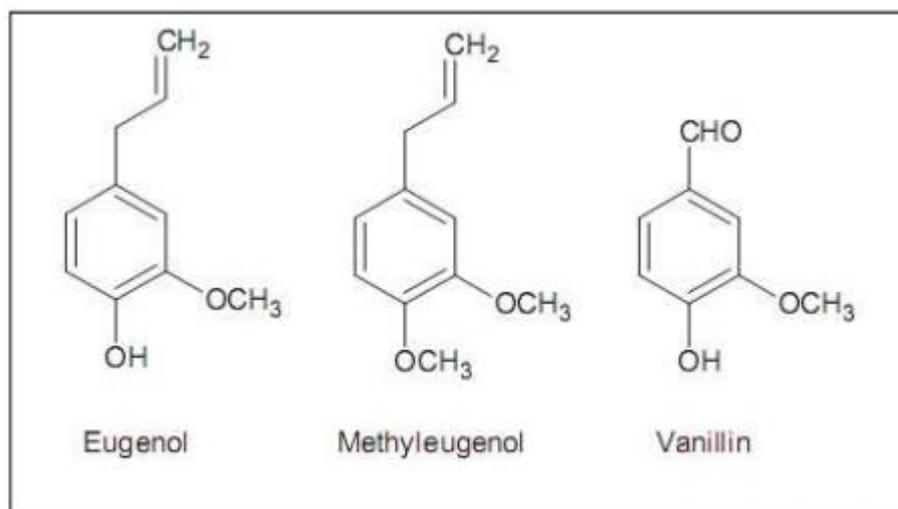


Figure 8 : Structure de quelques dérivés du phénylpropanoïde (MENACEUR 2011)

1.4.5.3 Composés d'origines diverses

Selon le mode de récupération utilisé, les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire entraînés lors de l'hydrodistillation : hydrocarbures (linéaires ou ramifiées, saturés ou insaturés...), acides (C3 à C10), alcools, aldéhydes, esters acycliques et des lactones (Bruneton, 1995).

1.4.6 Les méthodes d'extraction des huiles essentielles

L'HE représente de 0,1 à 3 % du poids sec des plantes aromatiques (Hassiotis, 2010). Une grande variété de méthodes d'extraction sont utilisées commercialement pour isoler les HEs à partir du matériel végétal. Les méthodes traditionnelles et commerciales utilisées pour extraire les HEs sont :

- **L'Hydrodistillation (la distillation par l'eau)**

Lors de laquelle le matériel végétal (feuilles ou inflorescences dans le cas des espèces de lavande) est immergé dans l'eau, le mélange hétérogène bouilli et l'HE volatilisée puis condensée. Les principaux composés volatils ne se dissolvent pas dans l'eau et l'HE peut être séparée par décantation après refroidissement dans un séparateur de phases (Bruneton, 1993)

- **L'entraînement par la vapeur d'eau (distillation à la vapeur d'eau)**

Lors de laquelle l'eau est bouillie dans un récipient situé en dessous, et à une certaine distance, du matériel végétal à distiller. A son passage, la vapeur d'eau saturante entraîne l'HE des plantes vers un condenseur où elle est liquéfiée et séparée de l'eau comme lors de l'hydrodistillation (Bruneton, 1993)

- **L'Hydrodiffusion (percolation)**

Est une modification du processus de l'entraînement par la vapeur d'eau au cours duquel la vapeur d'eau arrive par le haut d'un conteneur d'herbe, permettant ainsi à la vapeur de percoler à travers la matière végétale par gravité (Franchomme et Péroël, 1990). Vapeurs d'huile et vapeurs d'eau sont ensuite condensées et séparées

- **L'expression à froid**

Au cours duquel des tissus végétaux très riches en HE sont compressés pour en extraire l'HE. Ce procédé est principalement utilisé pour isoler les HEs à partir des épicarpes (zeste frais) des

fruits de Citrus. Cette opération peut se faire à la main ou après scarifications mécaniques (Boucard et Serth, 1991).

- **L'extraction directe des plantes**

Par des solvants organiques volatils. Les solvants organiques sont ensuite retirés par distillation pour ne laisser que les substances végétales, un mélange alors appelé "concrète" et des essences dites « absolues ». Ces extraits sont très utilisés en parfumerie (Boucard et Serth, 1991).

- **L'enfleurage**

Qui est préféré sur les organes, ou composés, fragiles. Lors de ce processus, les tissus végétaux sont mis en contact avec un corps gras (axonge) pour le saturer en essences végétales. Le corps gras est ensuite épuisé par l'alcool absolu et ce solvant évaporé sous vide pour ne laisser que les substances végétales (Guillemain et *al.*, 1990).

1.4.7 Importance économique

L'HE et l'infusion des feuilles sont utilisées par des thérapeutes traditionnels comme spasmolytiques, contre le diabète, les douleurs menstruelles féminines, les calculs rénaux, l'anthrax, l'otite, l'hypertension et la matière végétale brute est également utilisée comme insectifuge (Skoula et *al.* 1996).

La composition chimique de l'HE des lavandes a été largement étudiée sur une grande partie de son aire de répartition déjà très large. L'HE est obtenu par entraînement à la vapeur d'eau ou par hydrodistillation des inflorescences ou de l'ensemble des parties aériennes de la plante. Des vertus antiseptiques, anti inflammatoires, cicatrisantes et antivirales lui sont généralement attribuées (Baldovini et *al.* 1998). L'HE obtenue à partir des sommités fleuries a été utilisée comme remède contre les affections coliques et pulmonaires, pour soulager les maux nerveux de tête, les affections hépatiques et pour le nettoyage des plaies (Gülçin et *al.*, 2004). Bien que La lavande fût la première plante à être utilisée en parfumerie, son HE est aujourd'hui délaissé en raison de son odeur fortement camphrée et de la concurrence importante des autres lavandes qui se prêtent mieux à la culture intensive et dont l'odeur est plus agréable. La forte teneur en camphre généralement observée limite ses applications en cosmétologie.

L'homéopathie et l'aromathérapie sont des exemples courants d'usage des HEs en médecine douce. Leur popularité s'est accrue d'une façon considérable ces dernières années (International

Trade Centre, 1993) et les industries de la parfumerie, des arômes et de la cosmétique consomment des dizaines de milliers de tonnes par an de plantes à HEs (Bruneton, 1993).

1.5. Rendement en extrait de plante

Le rendement en extrait d'une plante est le pourcentage de la quantité de l'extrait par rapport à la quantité du matériel végétal à partir duquel l'extraction a été faite. À titre d'exemple, le rendement en extrait de plante est souvent exprimé en millilitre d'huile essentielle par 100 g de matière sèche (Yuan et *al.*, 2016) ou bien par 100 g de plante séchée (Roby et *al.*, 2013).

1.6. Etude de l'activité antifongique

Comme son nom l'indique, l'étude de l'activité antifongique d'un produit est la détermination de son pouvoir potentiel d'arrêter, ou de diminuer le développement d'un champignon pathogène. Cela de manière sélective et avec un minimum d'effets secondaires sur l'hôte (Lion, 2017).

Deux techniques d'étude ont été largement rapportées par les chercheurs.

1.6.1 Technique de contact direct

Cette méthode est l'une des plus utilisées dans la détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) d'un agent antimicrobien (Wiegand et *al.*, 2008). Quand ce dernier est soluble, il est mélangé et dilué dans de l'agar, puis le champignon est inoculé sur ce milieu. Si l'agent est insoluble ou faiblement soluble, il est mis sur l'agar et une suspension de spores du champignon étudié est pulvérisée (Sawai et Yoshikawa, 2004).

1.6.2 Technique de micro-atmosphère

Cette méthode se focalise sur l'activité de la fraction volatile d'un produit étudié (huile essentielle principalement) sur l'agent pathogène étudié (Inouye et *al.*, 2006). Dans ce cas, le produit étudié n'est pas dissout dans l'agar, ni en contact direct avec l'agent pathogène, mais diffusé sur du papier stérile qui est mis sur le couvercle de la boîte de Pétri, celle-ci étant tournée à l'envers (Ben Arfa et *al.*, 2006).



*Matériel et
Méthodes*

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Matériel

Cette expérimentation a duré 3 mois. Elle été réalisée depuis le mois de février 2018 jusqu'au mois de Mai 2018, au niveau du laboratoire de recherche des plantes Médicinales et Aromatiques du département de biotechnologies, Faculté SNV de l'université Blida et l'institut national de protection des végétaux (I.N.P.V) El Harrach Alger.

Notre étude a nécessité l'utilisation d'un matériel biologique composé d'un matériel fongique et d'un matériel végétal.

2.1.1 Matériel fongique

Le matériel fongique est représenté par trois isolats fongiques purifié (Figure 8), provenant de la mycothèque de Mme Moumen S, enseignante chercheur au département de Biotechnologie, de la Faculté SNV de l'université de Blida 1. Leur identification a été basée sur la caractérisation culturale et morphologique de cultures monosporales purifiées. Cette identification a été faite par le Dr. Messgo-Moumene, du laboratoire de recherche des Plantes Médicinales et Aromatiques, de la faculté SNV de l'université de Blida 1.



(a) : 5F, (b) : 4F, (c) : 3F

Figure 9: Matériel fongique utilisé dans notre étude (Moumen et *al.*, 2017)

2.1.2 Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué par la partie feuilles de *Lavandula stoechas* L. et de *Lavandula dentata* L. (Figure 9). Il a été récolté d'une montagne de la région de Gouraya durant le mois d'octobre 2017, puis séché par étalement sur du papier journal dans un endroit aéré à l'abri de la lumière pendant un mois.



(a) : *Lavandula dentata* L., (b) : *Lavandula stoechas* L.

Figure 10 : Site de récolte des deux espèces de lavandes (original 2018)

2.1.2.1 Présentation de la localité de récolte

La zone d'étude de nos lavandes est Gouraya de la wilaya de Tipaza, elle est limitée au Nord par la mer, à l'Ouest par la wilaya de Chlef, à l'Est par la wilaya d'Alger, au Sud Est par la wilaya de Blida et au Sud par la wilaya de Ain defla (Annexe X). Les facteurs climatiques qui caractérisent la région d'étude de nos plantes sont la température et la pluviométrie. En 2014 une moyenne thermique importante à été enregistrée au mois d'aout et septembre avec 25.4 °C et 25.6 °C. Pour ce qui est de la pluviométrie la valeur la plus importante est de 42.2 mm au mois de janvier (Bensada, 2015).

2.2 Méthode

2.2.1 Extraction des huiles essentielles des deux lavandes

L'extraction de l'huile essentielle des deux espèces de lavande a été réalisée par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger selon la technique décrite par Lucchesi (2005) (Figure 10).



Figure 11 : Extraction des huiles essentielles par hydrodistillation (original 2018)

L'extraction consiste à introduire 60g de chaque plante séchée dans un ballon à fond rond puis on y ajoute de l'eau distillé jusqu'à la moitié, ensuite on met ces derniers dans le chauffe ballon.

L'extraction a duré deux heures après l'apparition des premières gouttelettes du distillat. La durée de l'extraction et le volume d'eau ajouté ont été déterminés après un premier essai d'extraction. Chaque huile essentielle a été respectivement récupérée dans un tube Eppendorf stérilisé. Ce dernier a été enveloppé par du papier aluminium, et conservé à une température de +4°C jusqu'à son utilisation.

2.2.2 Evaluation du rendement des huiles essentielles

Le rendement en huiles essentielles de chacune des deux espèces de lavande a été calculé par rapport à 100g de matière végétale sèche, suivant la formule rapportée par Ben abdelkader (2012) :

$$R_{HE}(\%) = \frac{M}{M_0} \times 100$$

Où : RHE : rendement en huile essentielle (en%)

M : masse de l'huile essentielle (en gramme)

M₀ : masse de la matière végétale sèche (en gramme).

2.2.3 Préparation des émulsions des HE de lavande

L'huile essentielle de chacune des deux espèces de lavandes a été mise en émulsion dans une solution autoclavée d'eau-agar 0,2% (préparation : voir annexe) à une dilution de 1/25^{ème} (4%).

2.2.4 Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles de *L. sotechas* et *L. dentata* sur la morphologie des isolats de *Fusarium* spp.

L'étude de l'activité antifongique de l'émulsions (HE + eau-agar) de chacune des deux espèces de lavande vis-à-vis des trois isolats de *Fusarium* spp. a été réalisée selon la technique de contact direct et la technique de microatmosphère.

Pour les deux techniques, cinq répétitions ont été réalisé pour les trois isolats de *Fusarium* spp.

2.2.4.1 Technique de contact direct

Un volume de 9 ml de l'émulsion de chacune des espèces de lavande a été placé séparément dans des boites Pétries de 90 mm de diamètre aux quels 13.5 ml de milieu PDA préparé en surfusion ont été rajoutés. Les boîtes de Pétri ainsi préparées ont été légèrement agitées pour assurer l'homogénéisation du milieu avec les extraits. Par contre les cultures témoins ont été préparés à 15 ml de PDA seulement.

A l'aide d'une pipette pasteur stérile le repiquage a été fait dans des boites de Pétrie par dépôt d'un disque mycélien de chaque isolat fongique étudié de 5 mm de diamètre issu de cultures développées sur un milieux PDA, les boites de Pétrie préparées ont été scellées par du parafilm

et incubées à l'obscurité pendant 7 jours dans une étuve réglée à 25 °C Remmal et al. (1993), Satrani et al. (2007), Bourkhiss et al. (2007) et El Ajjouri et al. (2008).

2.2.4.2 Technique de micro atmosphère

Les boîtes de Pétri de 90 mm de diamètre ont été préparées extemporanément par remplissage de 15ml de milieu PDA. L'inoculation a été réalisée en surface, sous forme de dépôts de disque mycélien de 5mm de diamètre au centre de la boîte. Des disques de papier filtre stérilisés de 13 mm diamètre ont été placés au fond du couvercle de chaque boîte de Pétri et imprégnés séparément des émulsions d'huile essentielle de chaque émulsion à 4%. Les boîtes aussi préparées ont été scellées par du parafilm pour éviter l'évaporation de l'HE, puis incubées à l'obscurité à une température de 25°C pendant 7 jours.

Pour éviter les contaminations, ce travail a été fait sous hôte à flux laminaire dans des conditions d'asepsie Hmiri et al. (2011) et Laghchimi et al. (2014).

2.3. Lecture des résultats

La lecture des résultats est basée sur la détermination des taux d'inhibition de la croissance mycélienne et celle de la germination.

2.3.1 Inhibition de la croissance mycélienne

Les taux d'inhibition de la croissance mycélienne ont été calculés pour chaque isolat, pour chaque méthode d'étude et chaque émulsion d'huile essentielle selon la formule décrite par Pandey et al. (1982), et rapportée par Sharma et Tripathi (2008) :

$$IG = \frac{(d_0 - dt)}{d_0} \times 100$$

Où : IG : taux d'inhibition de la croissance mycélienne (en%)

d_0 : moyenne des diamètres de la colonie fongique de témoin (en mm)

dt : moyenne des diamètres de la colonie fongique traitées (en mm)

2.3.1.1 Variabilité culturelle et morphologique des isolats de *Fusarium* spp sous l'effet des extraits de *L. stoechas* et *L. dentata*

Des observations culturelles des isolats ont été réalisées par prélèvement de l'inoculum cultivé sur PDA à 25 °C âgé de 8 jours entre lames et lamelles en présence d'une goutte d'eau distillé, pour déterminer les modifications structurales.

2.3.2 Inhibition de la germination

Après 21 jours d'incubation à une température de 25 °C, des suspension condienne de chaque isolat de *Fusarium* spp. ont été mis dans des tubes à essai contenant 1ml d'émulsion et 10 d'eau distillé stérile pour la mise en germination des conidies. Trois répétitions pour chaque isolat fongique de *Fusarium* spp.

2.3.3 Etude de la survie

L'isolats fongiques de *Fusarium* sp. (3F) préalablement inhibé, a été suivi jusqu'à 15 jours dans les mêmes conditions d'incubation dites précédemment, pour confirmer la reprise ou l'inhibition de la croissance mycélienne. L'évaluation du pouvoir inhibiteur des extraits dépend de la croissance des isolats :

L'extrait de plante serait fongicide en cas d'absence de la croissance mycélienne. Cela sera confirmé par le transfert du disque mycélien respectif, dans des boites de Pétrie contenant du milieu PDA frais. Si l'inhibition de cette croissance persiste après 15 jours d'incubation, le pouvoir fongicide de l'extrait est alors confirmé.

En cas de reprise de la croissance mycélienne, l'extrait de plante est à activité fongistatique.

2.4. Analyse statistique

Afin de vérifier une éventuelle efficacité des extraits de *Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L. vis-à-vis des isolats étudiés de *Fusarium* spp. et de comparer leur pouvoir antifongique *in vitro* sur les différents paramètres biologiques de l'agent pathogène à savoir, la croissance mycélienne, la germination, la survie, tout en considérant les isolats fongiques étudiés, les deux émulsions d'HE des deux espèces de lavande et la méthode d'étude considérée. Les analyses statistiques ont été effectuées au moyen du logiciel SYSTAT, en déterminant la variance à l'aide du test ANOVA et du modèle GLM (Generalized Linear Model). Les différences ont été considérées comme significatives pour une $P \leq 0,05$ (Philippeau, 1989).



*Résultats et
Discussion*

3. RESULTATS ET DISCUSSION

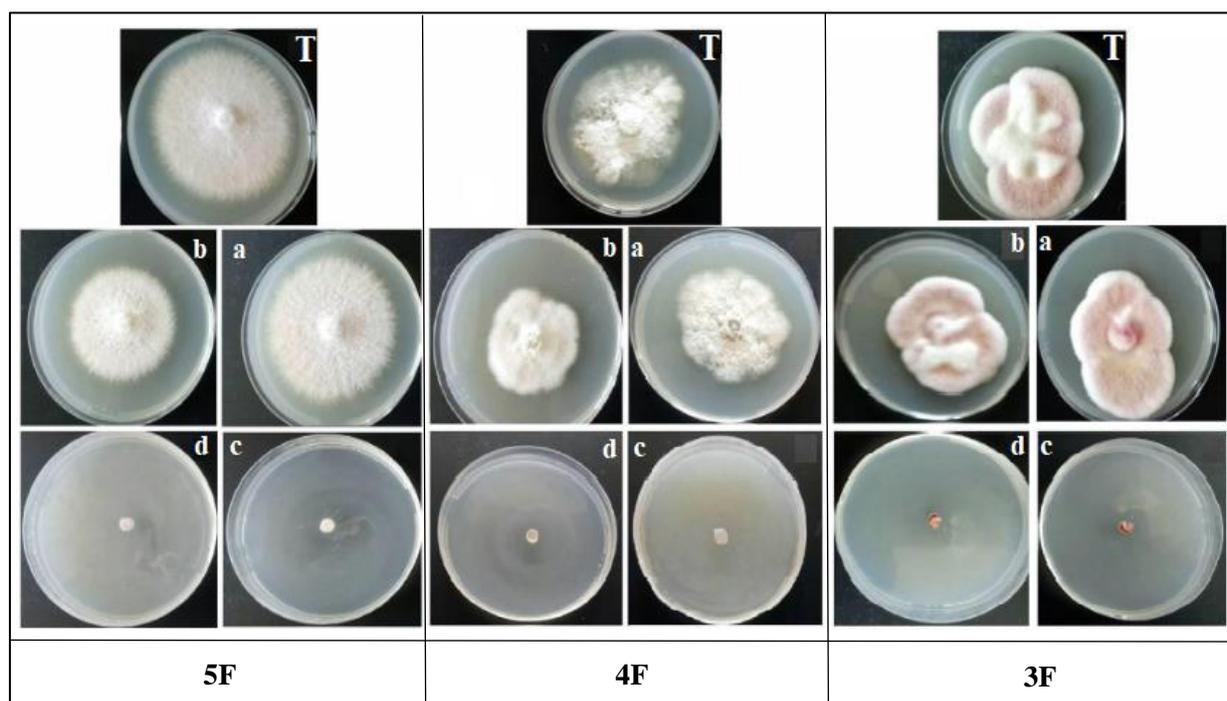
3.1 Résultats

3.1.1 Rendement en huile essentielle

Les extractions par hydrodistillation des parties aériennes des deux espèces de lavande étudiées *L. stoechas* et *L. dentata* ont fourni des (huiles essentielles) HEs. Les rendements en huiles essentielles étaient également intéressants avec (1.04%) pour *lavandula stoechas* L. est (1.96%) pour *lavandula dentata* L. (Kamel Masada et al. 2013), ont affirmé un rendement voisin de (1.15%) pour *L.stoechas* mais plus faible pour *L. dentata* (1,04 %).

3.1.2 Activité antifongique *in vitro* des huiles essentielles de *Lavandula*

Après 7 jours d'incubation les témoins des trois isolats de *Fusarium* spp. (5F, 4F et 3F) ont montré une croissance mycélienne très importante par rapport aux autres isolats traités par les deux HEs selon la technique de micro-atmosphère. Cependant, la croissance mycélienne des même isolats traités par *L. dentata* était moins importante que ceux traités par *L. stoechas*. Contrairement à l'ensemble des trois isolats de *Fusarium* spp. traités selon la technique de contact direct qui ont montré une inhibition totale de la croissance mycélienne sous l'effet des deux huiles essentielles étudiées (Figure 11).

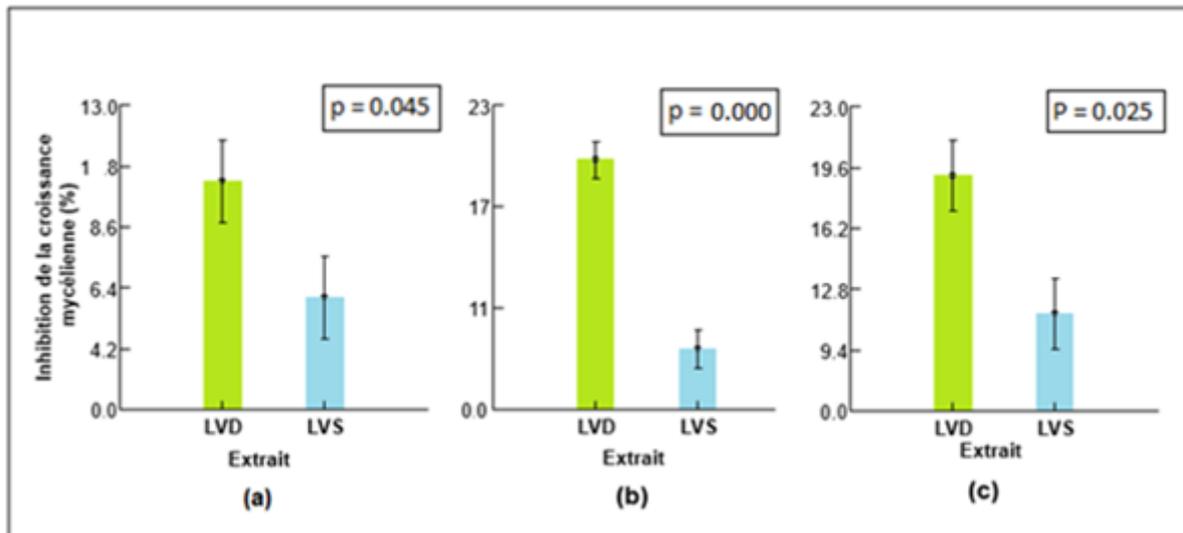


(T) : témoin, (a) : TMA traité avec HE LVS, (b) : TMA traité avec HE LVD, (c) : TCD traité avec HE LVS, (d) : TCD traité avec HE LVD

Figure 12 : Pouvoir inhibiteur des extraits des deux lavandes étudiés sur la croissance mycélienne des trois isolats de *Fusarium* spp. selon les deux techniques

3.1.3 Inhibition de la croissance mycélinne des isolats de *Fusarium* spp. sous l'effet des huiles essentielles étudiées

Selon la technique de microatmosphère selon l'ensemble des isolats de *Fusarium* spp. étudiés, les deux huiles essentielles des deux espèces de lavandes n'ont pas montré un effet inhibiteur intéressant sur la croissance mycélienne au bout de 7 jours d'incubation. Ils n'ont pas atteint les 15% pour l'HE de *L. dentata* et les 20% pour l'HE de *L. stoechas* (figure 12).



(a) : 5F, (b) : 4F, (c) : 3F, (LVD) : l'huile essentielle de *Lavandula dentata* L., (LVS) : l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L.

Figure 13 : Inhibition de la croissance mycélienne des isolats testés selon la technique de microatmosphère en modèle GLM selon les extraits (a) et (b)

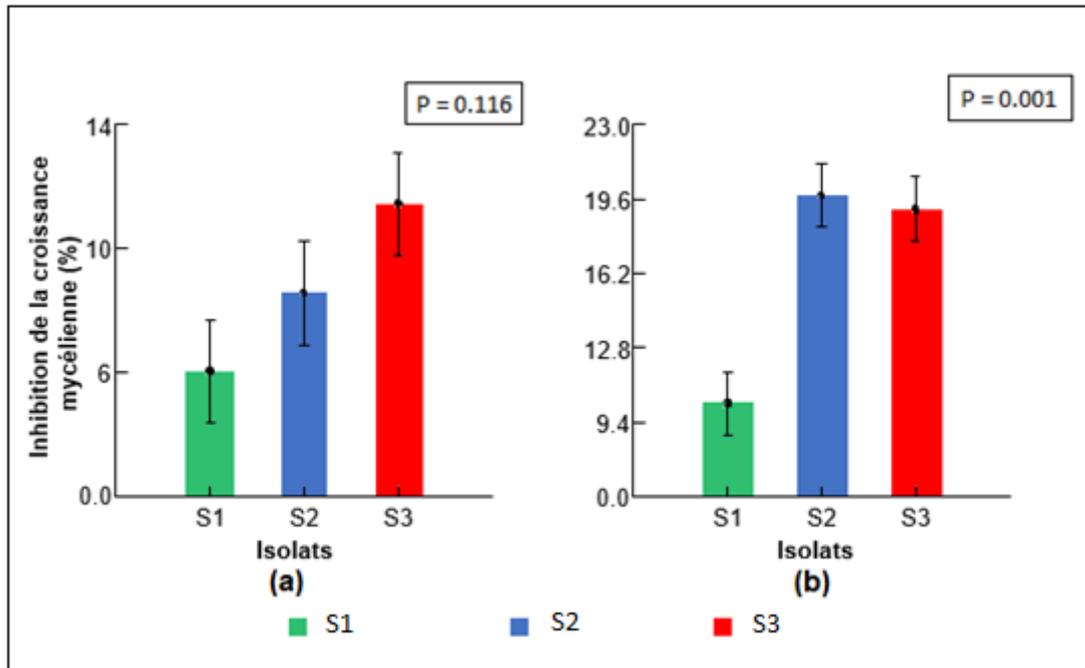
Par ailleurs les taux d'inhibition enregistré pour l'effet de l'HE de *L.stoechas* sur la croissance mycélienne des trois isolats de *Fusarium* spp. F5, 4F, 3F selon la technique micro-atmosphère a révélé une différence non significative (P= 0.116).

En effet l'isolat 3F a été plus inhibé par l'HE (11.44%) suivi, de celui de 4F. (8.57 %) et enfin celui de F5 avec un pourcentage moindre (7.55%).

Par ailleurs une différence significative a été enregistré sur les taux d'inhibition de la croissance mycélienne des isolats de *Fusarium* spp. testés sous l'effet de l'HE de *L.dentata* selon la technique de microatmosphère.

En effet l'isolat 4F a été plus inhibé (19.76%) suivi, de celui de 3F (19.16%) et enfin celui de F5 avec un pourcentage moindre (10.24%) (figure).

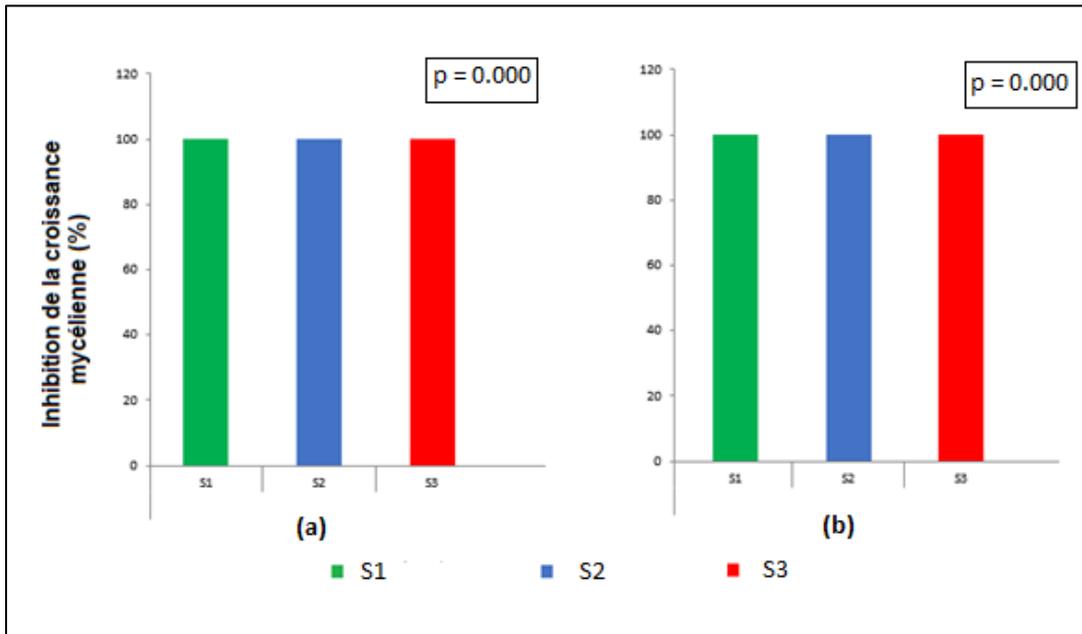
En effet l'huile essentielle de *L. dentata* a montré le plus important effet inhibiteur de croissance pour chaque isolat, mais ce dernier semble faible (figure 13).



(a) : l'huile essentielle de LVS, (b) : l'huile essentielle de LVD, (S1) : 5F, (S2) : 4F, (S3) : 3F

Figure 14 : Pouvoir inhibiteur des huiles essentielles de *L. dentata* et *L. stoechas* sur la croissance mycélienne des trois isolats de *Fusarium* spp. testés selon la méthode de micro atmosphère en modèle GLM

Des taux d'inhibition ont été enregistré sur la croissance mycélienne de *Fusarium* spp. (F5, 4F, et 3F). L'étude a montré que l'huile essentielle de *L. stoechas* et *L. dentata* pour la technique de contact direct des taux d'inhibition de 100% ce qui explique une inhibition totale de la croissance mycélienne (figure 14).

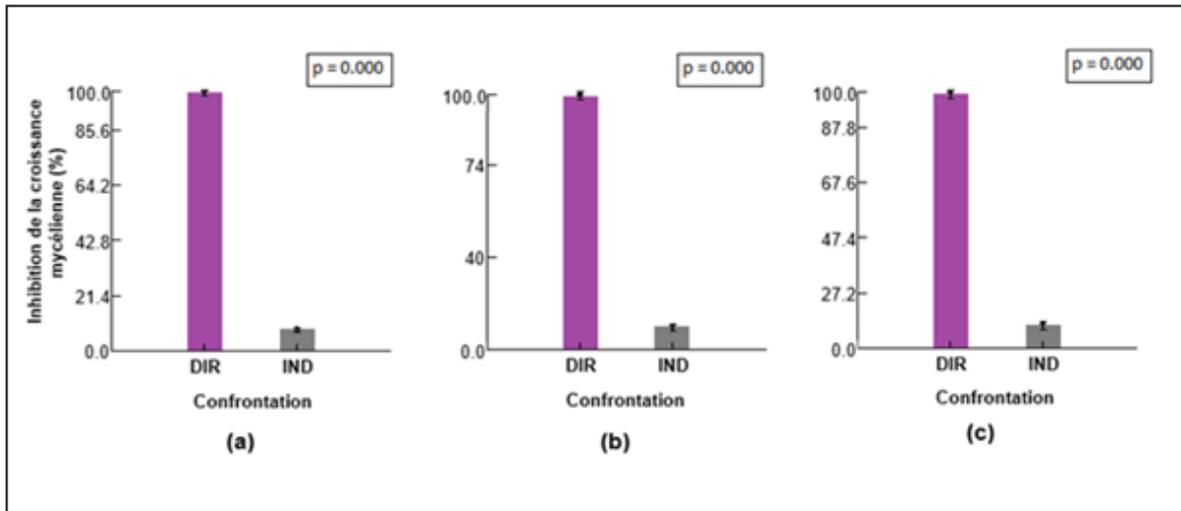


(a) : l'huile essentielle de LVS, (b) : l'huile essentielle de LVD

Figure 15 : Inhibition de la croissance mycélienne des isolats de *Fusarium* spp. testés selon la méthode de contact direct en modèle GLM selon les extraits (a) et (b)

L'analyse de la variance des taux d'inhibition de la croissance mycélienne a montré une différence hautement significative entre les méthodes de contact direct et de microatmosphère ($p=0.000$).

Les taux d'inhibition enregistré sur la croissance mycélienne des trois isolats de *Fusarium* spp. n'étaient pas intéressants selon la technique de microatmosphère, mais demeurent très importants et ont engendré une inhibition totale (100%) selon la technique de contact direct et ceci pour les trois isolats de *Fusarium* spp. étudiés (figure 15).



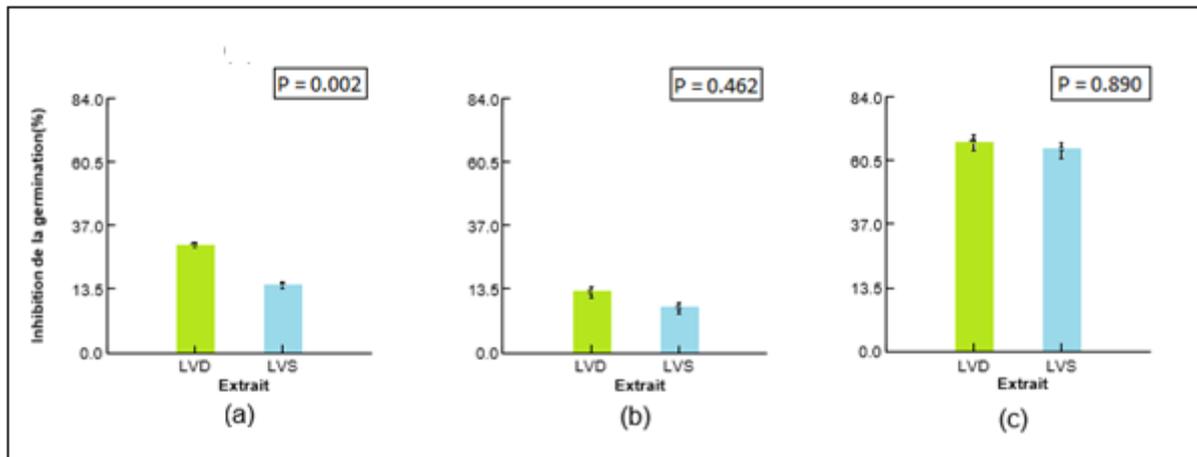
(a) : 5F, (b) : 4F, (c) : 3F, (DIR) : technique de contact direct, (IND) : technique de microatmosphère.

Figure 16 : Pouvoir inhibiteur des huiles essentielles de *Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L. sur la croissance mycélienne des isolats de *Fusarium* spp. testés (a), (b) et (c) selon les deux techniques d'études en modèle GLM

3.1.4 Inhibition de la germination

L'analyse de la variance des taux d'inhibition de la germination des isolats de *Fusarium* spp. étudiés (F5, 4F et 3F) des HEs de *L.stoechas* et *L.dentata* a révélé une différence significative seulement vis-à-vis l'isolat 5F ($P= 0.002$) mais, une différence non significative a été enregistré pour les deux isolats de *Fusarium* spp. 4F ($P= 0.462$), 3F ($P= 0.890$).

Les taux d'inhibition enregistrés sur la germination n'étaient pas importants selon l'effet des deux huiles essentielles testées et selon les isolats de *Fusarium* spp. étudiés mis à part l'isolat 3F dont les taux d'inhibition ont dépassé les 50% (figure 16).



(a) : 5F, (b) : 4F, (c) : 3F, (LVD) : l'huile essentielle de *Lavandula dentata* L. (LVS) : l'huile essentiel de *Lavandula stoechas* L.

Figure 17 : Comparaison entre le pouvoir inhibiteur de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. et de *Lavandula dentata* L. sur la germination conidienne des isolats de *Fusarium* spp. testés en modèle GLM

3.1.5 Description culturelle et morphologique des isolats de *Fusarium* spp. sous l'effet des huiles essentielles des deux lavandes testées

Après 1 mois d'incubation, une reprise de la croissance mycélienne a été enregistrée pour les trois isolats de *Fusarium* spp. (figure 17) préalablement inhibés par l'effet des huiles essentielles des deux lavandes testées. L'isolat F5 a développé un mycélium de couleur blanchâtre et de texture variable comparées à celle du témoin. Les colonies apparaissent irrégulières présentées en touffes, moins denses sous l'effet des deux huiles. Le changement de pigmentation du milieu de culture au sombre a été révélée seulement pour l'huile essentielle de *Lavandula dentata*.

Les mêmes résultats ont été révélés pour l'isolat 4F avec une légère variabilité de la pigmentation du thalle qui était était marron clair sous l'effet de l'émulsion d'huile essentielle de *lavanduma stoechas* L. mais, noire autour de la colonie développée sous l'effet de l'huile essentielle de *lavandula dentata*. Quant à l'isolat 3F, sa croissance mycélienne semble plus aérienne sous l'effet de l'huile essentielle de *L. stoechas* contrairement à celui traité par *L. dentata* qui enregistre aucune reprise de croissance mycélienne.

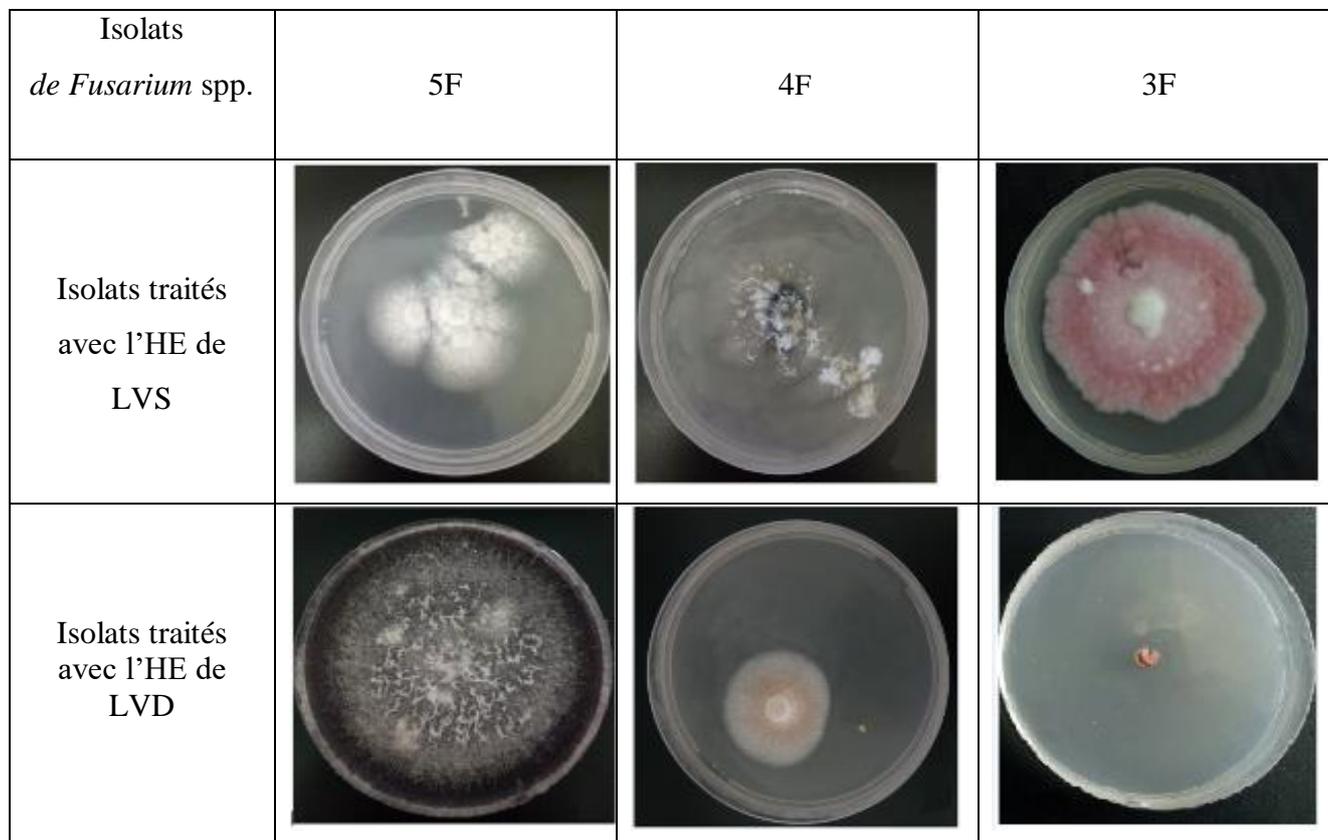
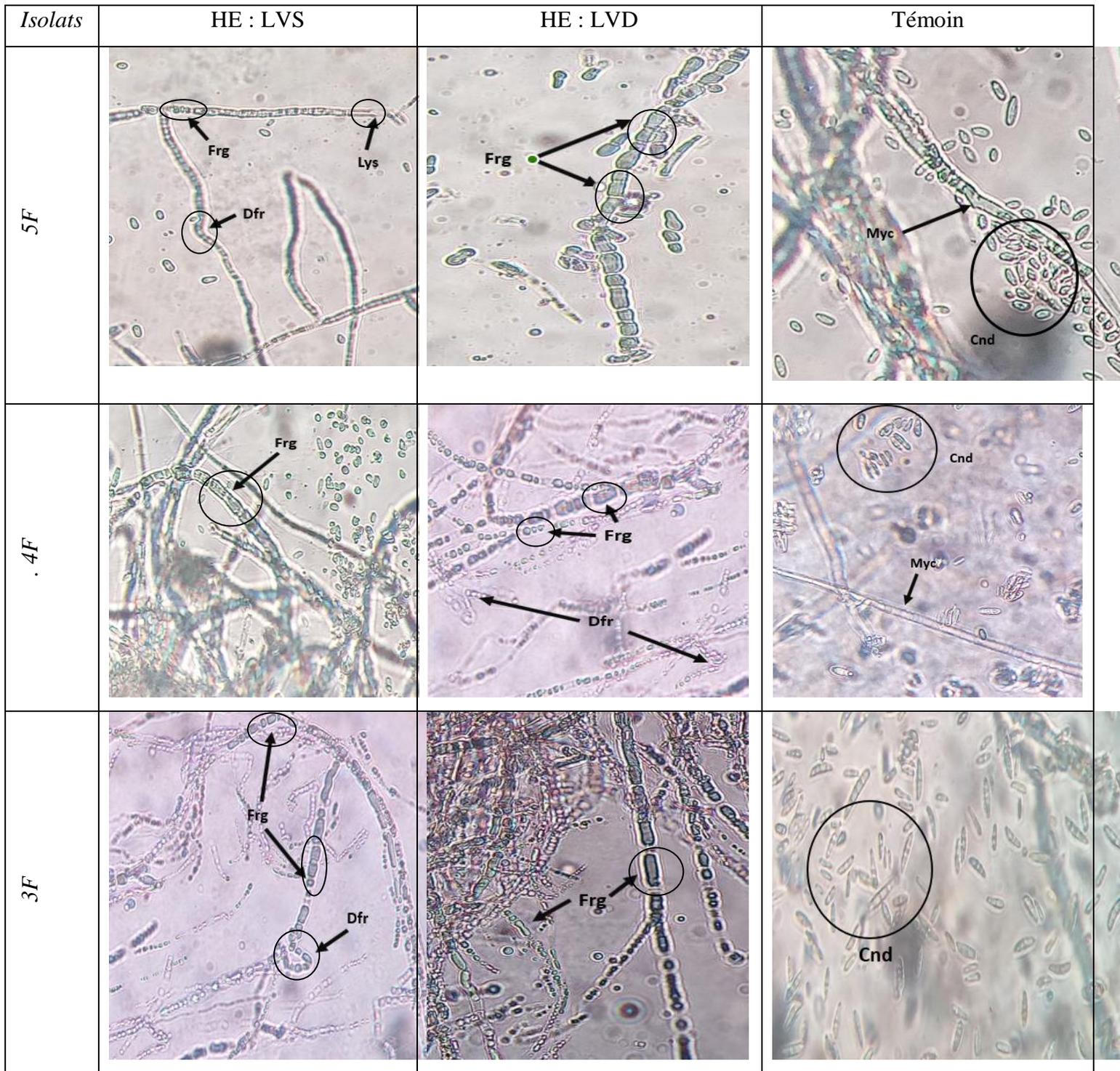


Figure 18 : Morphologie des isolats de *Fusarium spp.* sous l'effet des huiles essentielles des deux lavandes testées

3.1.6 Pouvoir antifongique des huiles essentielles sur la morphologie des isolats étudiés

Les observations microscopiques vitales des cultures (âgées de 1mois), ont permis la constatation de l'effet de l'huile essentielle de *L. stoechas* et de *L. dentata* sur les isolats fongiques inhibés et ceux des témoins (figure 18)



Myc : mycélium, Cnd : conidies, Dfr : déformation, Frg : fragmentation, Lys : lyse.

Figure 19 : Modification morphologique des isolats de *Fusarium* spp. étudiés sous l'effet de *Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L. observés au microscope photonique (Gr × 500)

3.1.7 la survie

Le suivi de la croissance de l'isolat de *Fusarium* sp. 3F. Préalablement inhibée par l'huile essentielle de *L. dentata* selon la technique de contact direct a montré après 15 jours d'incubation dans les même conditions expérimentales cité précédemment une reprise de la croissance mycélienne de pigmentation différente à celle du témoin. Ce qui nous renseigne sur l'effet fongistatique de l'huile essentielle testée sur cet isolat (figure 19).

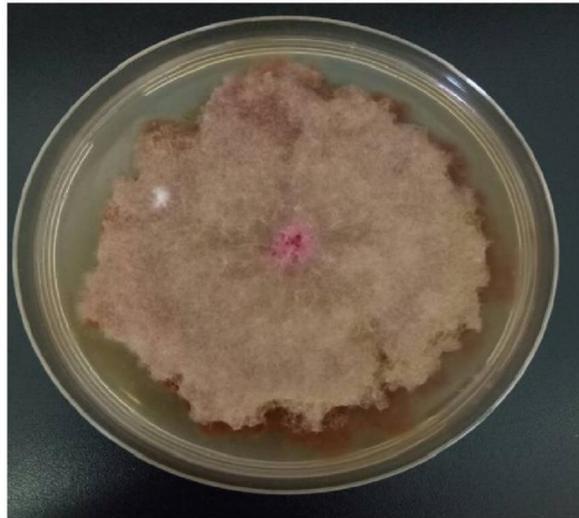


Figure 20 : Survie de l'isolats de *Fusarium* spp. 3F préalablement inhibés par l'effet de l'huile essentielle de *Lavandula dentata* L.

3.2. Discussion

En effet, les résultats ainsi obtenus ont révélé une variabilité du pouvoir antifongique des deux huiles essentielles de *Lavandula stoechas* L. et de *Lavandula dentata* L. testées sur les trois isolats *Fusarium* Spp., et cela à travers différents paramètres : la croissance mycélienne, germination et survie. Dans l'ensemble, l'huile essentielle de *L. stoechas* a présenté un faible potentiel antifongique, particulièrement pour la technique de microatmosphère mise à part pour l'huile essentiel de *Lavandula dentata* L. qui a présenté un potentiel antifongique plus important.

Quelques travaux de recherche ont déjà confirmé les activités antifongiques de *L. stoechas*, et notamment sur des agents phytopathogènes. Comme Bouzouita et *al.* (2008) qui ont affirmé une inhibition complète de *Geotrichum candidum*, à la concentration de 0,75 % d'huile essentielle de feuilles de *L. stoechas* récoltée à Kairouan, en Tunisie. Mohammedi et Atik (2012) ont pu à leur tour inhiber quelques champignons phytopathogènes, comme *Alternaria* spp., *Fusarium* spp. et *Penicillium* spp, à des concentrations diverses en huile essentielle de feuilles de *L. stoechas* récoltées à Tlemcen.

L'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium* spp. selon la méthode de contact direct par les extraits de plantes, a été déjà confirmée par des travaux utilisant les extraits de plante.

Nos résultats coïncident avec ceux obtenus par Mohammedi et Atik (2011), qui ont confirmé une inhibition complète à 1.6 % d'huile essentielle de la partie aérienne de *L. stoechas*. Abdallah Hussein et Ho Joo (2017) ont également signalé une inhibition intéressante de 64 % sous l'effet de l'huile essentielle de *lavandula angustifolia* L. sur *Fusarium Oxysporum*.

Par ailleurs, l'huile essentielle de *L. stoechas* s'est révélée efficace par l'inhibition de la croissance de *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* et *Aspergillus flavus* à 100% (Angioni et *al.*, 2006).

Il est important de rappeler que les résultats obtenus sont comparables à de nombreux travaux rapportés par la bibliographie et ayant déjà confirmé l'efficacité de l'extrait de *L. stoechas* sur des isolats fongiques testés, Mauro et al. (2014).

Il est important de signaler qu'aucun travail n'a été réalisé sur l'activité antifongique de *L. dentata* sur *Fusarium* Spp. Cependant EL MANSOURI (2016) a prouvé l'effet antifongique de *L. dentata* sur les quatre espèces fongiques du genre *Candida* sp. suivantes *Candida albicans*, *Candida glabrata*, *Candida krusei* et *Candida dubliniensis*.

De même, aucun travail n'a été réalisé sur le pouvoir inhibiteur de la germination la *Fusarium* spp, sous l'effet des huiles essentielles de *L. stoechas* et *L. dentata*. Par contre Mebarki (2016) a prouvé un important effet inhibiteur de molécules extraites des plantes : *Anvillea radiata*, *Bubonium graveolens* et *Cotula cinerea* sur la germination des conidies de *Fusarium oxysporum* 100% par *A. radiata* et *B. graveolens*.

A l'issue de notre travail, l'huile essentielle de *L. dentata* a présenté un pouvoir antifongique intéressant vis-à-vis des trois isolats de *Fusarium* Spp. l'isolat 3FM s'est avéré plus sensible à l'effet des huiles essentielles testées, contrairement aux isolats de *Fusarium* Spp. : 4F et 5F qui ont montrés une certaine résistance à leur effet.

Certains auteurs ont décrit le mode d'action des huiles essentielles par la modification de la morphologie du champignon testé. Romagnoli et al. (2005), des observations aux microscope électronique à balayage et à transmission ont expliqué l'effet inhibiteur de l'huile essentielle sur la croissance mycélienne, traduit par une augmentation de la perméabilité de la membrane plasmique suivie d'une rupture de celle-ci entraînant une fuite du contenu cytoplasmique et donc la mort de la levure *C. albicans* (Cox et al, 2000).

Bouchra et al. (2003) a révélé l'effet toxique des huiles essentielles sur la fonctionnalité et la structure de la membrane cellulaire qui est responsable du pouvoir antifongique. Il peut être interprété par les changements cultureux affectant la pigmentation du mycélium et la

morphologie des isolats traduits par la lyse mycélienne et la destruction du contenu mycélien ainsi celui des conidies empêchant ainsi leur germination et leur croissance.

D'après Piper (2001), l'action de l'huile essentielle sur la membrane cellulaire induit une perméabilité de cette dernière, d'où la fuite du contenu mycélien.

Sharma et Tripathi (2006) ont également traduit la lyse et la vésiculation du mycélium par l'activité des composés chimiques des huiles essentielles et des extraits sur les hyphes, conduisant à la sortie des constituants du cytoplasme, la perte de la rigidité et l'intégrité de la paroi cellulaire, aboutissant à sa fragmentation et à la mort du champignon.

Par ailleurs, la reprise de la croissance mycélienne sous l'effet de l'huile essentielle de la plante étudiée selon la méthode de contact direct a affirmé son activité fongistatique sur *Fusarium* spp.

Les résultats de l'efficacité de notre huile coïncident avec ceux de Mohammedi et al. (2011) dont, l'effet fongistatique n'a duré que 48h sur les moisissures : *Rhizopus stolonifer*, *Fusarium* spp., *Aspergillus flavus*, *Alternaria* sp.



***Conclusion et
Perspectives***

4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le présent travail vise la recherche d'une alternative biologique aux pesticides chimique par le biais d'huiles essentielles de deux espèces de lavande, pour une meilleure conservation de l'orge au cours de stockage, en termes de sécurité alimentaire et de durabilité.

Notre étude a porté sur l'activité antifongique des extraits de plante, sur des isolats fongiques prélevé à partir de l'orge altérer par les moisissures, des huiles essentielles extraites par hydrostillation de la partie feuillue de *Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L. récolté au stade végétatif d'une montagne de la région de Tipaza. Les isolats étudiés sont *Fusarium* spp.

L'activité antifongique in vitro porté sur le pouvoir inhibiteur des huiles essentielles des deux espèces de lavande testé vis-à-vis trois isolats de *Fusarium* spp. Issus de l'altération d'une botte d'orge cultivée en hydroponie a été étudié selon la technique de contacte directe pour les deux huiles essentielles à partir de chaque une d'elle une émulsion de 4% par 0.2% d'eau agar ont été préparés, cette technique a été suivie par celle de micro-atmosphère, focalisée sur l'action de la fraction volatile de l'extrait ayant présenté une faible efficacité.

Globalement, les résultats obtenus selon la méthode de micro atmosphère ont montré que l'huile essentielle de *Lavandula dentata* L. détient le pouvoir antifongique le plus prononcé, particulièrement contre 3F. Cependant l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. a montré un pouvoir antifongique moins importants par rapport au *Lavandula dentata* L. sur les trois isolats testés.

Entre les isolats étudié, F5 et 4F sont avérés plus résistants, contrairement à 3F qui était le plus sensible.

Pour la méthode de contact direct, l'activité antifongique était dominée par l'huile essentielle, son inhibition de la croissance mycélienne était complète pour *Fusarium* spp. à une concentration de 1/25ième.

L'huile essentielle de *Lavandula dentata* L. a montré l'effet inhibiteur le plus élevé que celui de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. par rapport à la croissance mycélienne et la germination.

L'inhibition complète de la croissance mycélienne de *Fusarium* spp. étudiés a confirmé ses potentialité antifongique important, en revanche, leur reprise de croissance au milieu de culture fait a confirmé leur pouvoir inhibiteur fongistatique des deux huiles essentielle de lavande en vue des isolats de *Fusarium* spp étudiés.

Plusieurs portes s'ouvrent à la recherche. Il serait intéressant de compléter cette étude par :

- Etude de la composition chimique de l'huile essentielle de *L. stoechas*. Et *L. dentata* pour conaitre les moleculle responsable de cette inhibition.
- Etude de l'activité antifongique *in vivo* de l'huile essentielle de *L. stoechas* et *L. dentata* sur le pouvoir pathogène de *Fusarium Spp*.
- Elargir la gamme de plantes et/ou d'extraits sur les moisissures inféodées à l'orge lors de la conservation et le stockage.
- Tester les extraits de *L. stoechas* et *L. dentata* sur d'autres agents fongiques pathogènes.
- Approfondir l'étude des modes d'action des extraits de plantes et/ou des composés actifs sur les isolats fongiques.
- Rechercher les modes d'application de ces huiles essentielles en lieu de stockage.
- Essai d'application d'un traitement à base d'émulsion d'huile essentielle dans le lieu de stockage contre les altérations de l'orge.
- Identification de la fraction volatile efficace contre les agents pathogènes étudiés.
- Essai d'incorporation de la matière active à un matériel d'emballage pour une meilleure conservation de l'orge.
- Etude toxicologique sur les concentrations de l'extrait de plante et/ou du composé actif à employer sur le terrain.
- Tester les HE sur d'autre agents pathogènes.
- Rechercher la ou les molécules à potentialités fongicide pour les utilisés en culture hydroponique.
- Rechercher d'autres extraits végétaux plus efficaces contre les moisissures.



Références
Bibliographique

Références bibliographiques**-A-**

1. **Abbas K. and A. Abdelguerfi, 2008.** Evaluation of a regenerated natural meadow in a semi -arid area of Algeria. *Option méditerranéennes A.* 79 : 179-185
2. **AFNOR., 1996.** AFNOR NF T 75-006
3. **Al-Ali B., G. Barrault, L. Albertini, 1979.** Action in vitro d'antagonistes fongiques et bactériens sur la croissance mycélienne de *Pyrenophora teres* parasite de l'orge. *Bulletin trimestriel de la Société de Mycologie de France*, 95: 279-295.
4. **Ali-Haimoud D.E., M. Mostafa, G. Barrault and L. Albertini, 1993.** Evaluation of organisms antagonistic to the sclerotioide organs of *Pyrenophora teres* the causal agent of barley net blotch. *Plant Disease*,77: 1251-1255.
5. **Alvarez C.L.,Somma S., Moritti., et Fernandez – Pinto v .,2009 .**aggressivnesse of *Fusarium graminearum sensu strico* isolates in wheat kernels in Argentina. *Journal of phytopathology*, 158 : 173-181.
6. **Angioni A., A. Barra , V. Coroneo , S. Dessi and P. Cabras , 2006.** Chemical composition, seasonal variability, and antifungal activity of *Lavandula stoechas* L.ssp. *stoechas* essential oils from stem/leaves and flowers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (12): 4364-4370.
7. **Angioni A., A. barra, V. Coronteo, S. Dessi and P. Abras, 2006.** Chemical Composition, Seasonal Variability, and Antifungal Activity of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* Essential Oils from Stem/Leaves and Flowers
8. **Arbouche H.S., Y. Arbouche et F. Arbouche , 2008.** Valeur nutritive de quelques variétés d'orge algériennes pour l'alimentation des ruminants. *Recherche agronomique*, 22 : 67-72
9. **Asimgil A., 1997.** “*Şifalı Bitkiler Kitabı*” İstanbulu Tımas Yayınları. pp. 147–148.
10. **Bachiri L., G. Echchegadda, J. Ibijbijen et L. Nassiri, 2016.** Etude Phytochimique Et Activité Antibactérienne De Deux Espèces De Lavande Autochtones Au Maroc : «*Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L.

-B-

11. **Bai G., G. Shaner, 1994.** Scab of wheat: Prospects for control. *Plant Disease* **78**, 760–766.
12. **Baik B., K. Ulrich , S.E. Barley, 2008.** Characteristics, improvement and renewed interest. *Journal of cereal science*. 48,233-242
13. **Baldovini N., A. Muselli et al., 1998.** Chemical variability of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* from Corsica. *Riv. Ital. EPPOS*, 773-780
14. **Baytop T., 1999.** Therapy with medicinal plants in Turkey (Past and Present). No. 3255
15. **Belabid L., L. Si Moussa et B. Bayaa, 2010.** Effect of some plant extracts on the population of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis*, the causal organism of lentil wilt. *Advances in Environmental Biology*, 4 (1): 95-100.
16. **Belaid D., 2014.-** Systèmes fourragers en Algérie, produire malgré le déficit hydrique. <http://www.djamel-belaid.fr/grandes-cultures-fourrages-en>
17. **Belaid D.J., 1986.** Aspect de la céréaliculture algérienne, OPU, 207 p
18. **Benabdelkader T., 2012.** Biodiversité, bioactivité et biosynthèse des composés terpéniques volatils des lavandes ailées, *Lavandula stoechas sensu lato*, un complexe d'espèces méditerranéennes d'intérêt pharmacologique. Thèse de Doctorat : Biologie et Ecophysiologie Végétale. Ecole Normale Supérieure de Kouba-Alger / Université Jean Monnet de Saint Etienne, Alger et Saint Etienne, 259 p.
19. **Benabdelkader T., A. Zitouni, Y. Guitton, F. Jullien, D. Maitre, H. Casabianca, L. Legendre and A. Kameli, 2011.** Essential oils from wild populations of Algerian *Lavandula stoechas* L.: composition, chemical variability, and *in vitro* biological properties. *Chemistry & Biodiversity*, 8(5): 937-953.
20. **Ben Arfa A., Combes S., Preziosi-Belloy L., Gontard N. and Chalier P., 2006.** Antimicrobial activity of carvacrol related to its chemical structure. *Letters in Applied Microbiology*, 43(2): 149-154.
21. **Bendahmane B.S., 1992.** Contribution à la lutte chimique contre *Drechslera teres* (Sacc.) Shoem., agent de l'helminthosporiose de l'orge. Thèse Doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse, France, 111p.
22. **Bendahmane B.S., 1992.** Contribution à la lutte chimique contre *Drechslera teres* (Sacc.) Shoem., agent de l'helminthosporiose de l'orge. Thèse Doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse, France, 111p

23. **BENKHELIL Mohamed Echerif, 2017**, Valorisation des extraits de *Lavandula stoechas* L. de la région de Blida vis-à-vis des moisissures des fruits au cours du stockage et de la conservation
24. **Bensaada F., 2015**. Différents aspects forensiques dans quelques régions d'Algérie : Recyclage de la matière organique animale. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique -EL Harrach –Alger 138 p.
25. **Bensaada F., W. Derdoukh, S. Doumandji et Kaloua B, 2010**. Contribution à l'étude de la biodiversité de l'entomofaune de deux forêts de pin d'Alep dans la région de Gouraya. Journées nati. Zool. agri. for., 19-21 avril 2010, Dép. zool. for., Ecole nati. sup. agro., El Harrach, 114 p.
26. **Bernard T., F. Perinau, O. Brav, M. Delmas, A. Gaset, 1988**. Extraction des huiles essentielles. *Chimie et technologie : Information chimie*, n.298, p.179-184.
27. **Bettaieb I., S. Bourgoui, M. Saidani Tounsi, M.L. Fauconnier, R. Ksouri, 2007**. Etude de la composition chimique et de l'activité antioxydante des différents extraits de la Lavande dentée (*Lavandula dentata*)
28. **Bonjean A. et E. Picard, 1990**. Les céréales à paille: origine, histoire, économie, sélection. Ed. INRA, Paris, France, 300 p
29. **Boucard G. R. and R.W. Serth, 1991**. A Continuous Steam Stripping Process for the Distillation of Essential Oils. *Perfum. Flavor.* 16, 1-8.
30. **Bouchra C., M. Achouri, L.M.L. Hassani, M. Hmamouchi, 2003**. Chemical composition and antifungal activity of essential oils of seven Moroccan
31. **Bouda H., L.A. Tapondjou, D.A. Fontem, M.Y.D. Gumedzoe, 2001**. Effect of essential oils from leaves of *Ageratum conyzoides*, *Lantana camara* and *Chromolaena odorata* on the mortality of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research.* v.37
32. **Boulal H., O. Zaghouane, M. El Mourid and L. Rezgui, 2007**. Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orges) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. TIGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176 p.
33. **Boungab K., 2013**. Thèse de doctorat La rayure réticulée de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) dans le Nord-Ouest Algérien : importance, morphologie et pouvoir pathogène chez *Pyrenophora teres* f. *teres* et recherche de moyens de lutte

34. **Bourkhiss M., M. Hnach, B. Bourkhiss, M. Ouhssine and A. Chaouch, 2007.** Composition chimique et propriétés antimicrobiennes de l'huile essentielle extraite des feuilles de *Tetraclinis articulata* (Vahl) du Maroc. *Afrique Science*, 03(2): 232-242.
35. **Bouzerzour H. et A. Benmahammed , 1993.** Environmental factors limiting barley yield in the high plateau of Eastern Algeria. *Rachis*, 12 (1) :14 – 19.
36. **Bouzouita N., F. Kachouri , M. Ben Halima and M.M. Chaabouni , 2008.** Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*. *Journal de la Société Chimique de Tunisie*, 10: 119-125.
37. **Bruneton J., 1993.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Paris, Lavoisier, 623p. (Techniques et Documentation).
38. **Bruneton J., 1995.** Pharmacognosy, phytochemistry, medicinal plants. Paris, Lavoisier, 915p. (Technique et Documentation).
39. **Bruneton J., 1999.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Paris, Lavoisier, 585p. (Technique et Documentation).
40. **Bruneton J., 2009.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Tec & Doc Lavoisier, Paris, 1269 p.
41. **Burny P.H., 2011.** Production et commerce mondial en céréales en 2010/2011. Livre blanc « céréales » ULG Gembloux, Agro. Bio. Tech et CRA, pp. 2-12

-C-

42. **Cadot V., 2016.** Mosaïque de l'orge : identification des virus prédominant impactant sur le rendement et la qualité technologique, en vue d'orienter la sélection vers une résistance durable
43. **Ceccarelli S. and S. Grandi, 2006.** *Hordeum vulgare* L. In: Brink, M. & Belay, G. Editeurs. PROTA 1: Cereals and pulses/Céréales et légumes secs. PROTA, Wageningen, Pays Bas , pp. 92-97
44. **Cetinsoy, 1995** Évaluation des réactions des semis de certains cultivars d'orge turcs à la striure de l'orge
45. **Cox S.D., C.M. Mann, J.L. Markham, H.C. Bell, J.E. Gustafson , J.R. Warmington et S.G. Wyllie, 2000.-** The mode of antimicrobial action of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *Journal of Applied Microbiology* .vol:(88)170-175.

-D-

46. **Deacon J., 2005.** Fungal Biology. Blackwell Publishers, Cambridge, Massachusetts. Dix, N.J., Webster, J., 1995. Fungal Ecology. Chapman & Hall, Londres
47. **Dob T., D. Dahmane et al., 2006.** Essential oil composition of *Lavandula stoechas* from Algeria. *Pharm. Biol.* **44**(1), 60-64
48. **Doohan F., Brennan J. and cookie B., 2003.** influence of climatic factors on *Fusarium* species pathogenic to cereals. *European Journale of Plant Pathologie.*

-E-

49. **El Ajjouri M., B. Satrani, M. Ghanmi, A. Aafi, A. Farah, M. Rahouti, F. Amarti et M. Aberchane, 2008.** Activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus bleicherianus* Pomel et *Thymus capitatus* (L.) Hoffm. & Link contre les champignons de pourriture du bois d'oeuvre. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 12(4): 345-351.
50. **El Mansouri K., 2013.** Recherche et évaluation de l'activité antifongique des extraits de plantes médicinales. Thèse de doctorat Médecine. UNIVERSITE CADI AYYAD, MARRAKECH.
51. **Euro+Med, 2017.** Euro+Med PlantBase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity.

-F-

52. **Fabiani Gilbert, Christof Alain, 2002.** Mémoire de la lavande, Barbentane : equinoxe p131
53. **FAO-STAT :** <http://www.fao.org/in-action/inpho/crop-compendium/cereals-grains/fr/>
54. **Farhat A., 2010.** Vapo-Diffusion assistée par Micro-ondes : Conception, Optimisation et Application. Université d'Avignon et des pays de Vaucluse, 136p
55. **Fatope M.O., A. Mann , Y. Takeda, 1995.** Cowpea weevil bioassay: A simple pre-screen for plants with grain protectant effects. *Int'l J.Pest Management.*
56. **Feillet P., 2000.** Le grain de blé composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, 308 p
57. **Franchomme P. et D. Pénéol, 1990.** *L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles.* Roger Jallois éditeur. Limoges. 445 p.

58. **Franchomme P. et D. Penoel, 1990.** Matière médicale aromatique fondamentale (317-406), livre quatrième, l'aromathérapie exactement, encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. R.Jollois Edit., Limoge, 446p

-G-

59. **Garneau F. X., 2002.** *Le matériel végétal et les huiles essentielles.* LASEVE-UQAC, Chicoutimi, Québec.
60. **Giray E. S., K. Kırıcı et al., 2008.** Comparing the effect of sub-critical water extraction with conventional extraction methods on the chemical composition of *Lavandula stoechas*. *Talanta* 74, 930-935
61. **Gouet J. P. et G. Philippeau, 1989.** Comment interpréter les résultats d'une analyse de variance Institut technique des céréales et des fourrages (ITCF), Paris, 81 p.
62. **Graniti A., 1992.** Phytotoxins and their involvement, *plant disease*, 41:751-755
63. **Guenther J And F. Trail, 2005.** the developement and differntiation of *Gibberella zeae* (anamorph : *Fusarium graminearum*) during colonization of wheat *Mycologia* 97(1) : 229-237
64. **Graniti A., 1992.** Phytotoxins and their involvement, *plant disease*, 41:751-755
65. **Guignard J., 2000.** Les composés aromatiques, Edition: Dunod, p.174-176. (Biochimie Végétale).
66. **Guillemain J., A. Rousseau et al., 1989.** Neurodepressive effects of the essential oil of *Lavandula angustifolia* Mill. *Ann. Pharm. Fra.* 47, 337-343.
67. **Gülçin İ., I.G. Şat et al., 2004.** Comparison of antioxidant activity of clove (*Eugenia caryophyllata* Thunb) buds and lavender (*Lavandula stoechas* L.). *Food Chem.* 87, 393-400.
68. **Guyot-Declerck C., S. Renson, A. Bouseta and S. Collin, 2002.** Floral quality and discrimination of *Lavandula stoechas*, *Lavandula angustifolia*, and *Lavandula angustifolia* x *latifolia* honeys. *Food Chemistry.* 79, 453-45

-H-

69. **Hakimi M., 1993.** L'évolution de la culture de l'orge : le calendrier climatique traditionnel et les données agro-météorologiques modernes. Proceeding of an International Symposium, Tunis, Ed. Jones M., Marthys G., Rijks D., pp. 157 – 166
70. **Hassiotis N. C., 2010.** Chemical compounds and essential oil release through decomposition process from *Lavandula stoechas* in Mediterranean region. *Biochemical Systematics and Ecology*, n.38, p.493-501.
71. **Hawksworth D. L., B. C. Sutton and G. C. Ainsworth, 1983.** Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi, 7th ed. Commonwealth Mycology Institute, Kew, Surrey, England..
72. **Ho S. C., T.H. Tsai , P.J. Tsai and C. C. Lin, 2008.** Protective capacities of certain spices against peroxynitrite-mediated biomolecular damage. *Food and Chemical Toxicology*, 46(3): 920-928.

-I-

73. **Ichinoe M., H. Kurata, Y. Sigiura and Y. Ueno, 1983.** Chemotaxonomy of *Gibberella zeae* with special reference to production of trichothecenes and zearalenone. *Appl. Environ. Microbio.*, 46: 1364-1369
74. **IDJLIDAIINE Bilal ,2017.** Pouvoir antifongique des extraits de la lavande « *Lavandula stoechas* L.» de la région de Gouraya sur les moisissures des fruits et des légumes au cours de la conservation et du stockage

-K-

75. **Kaufman P.B., L.J. Cseke, S. Warber, J.A. Duke, 1999.** Natural products from plants: CRC Press LLC.
76. **Keller S.E., Sullivan T.M. and Chirtel S., 1997.** Factors affecting the growth of *Fusarium proliferatum* and the production fumonisin B1 : oxygen and pH. *Industrial Microbiology Biotechnology*, 19 : 305-309

77. **Kellner W. and W. Kober, 1954.** Möglichkeiten der Verwendung atherischer Ole zur Raumdesinfektion. I. Die Wirkung gebräuchlicher atherischer Ole auf Testkeime. *Arzneim. Forsch.* 4, 319-325
78. **Khalid A.H. and J. Ho Joo, 2017.** Chemical composition of neem and lavender essential oils and their antifungal activity against pathogenic fungi causing ginseng root rot. *African Journal of Biotechnology.* Vol. 16(52), pp. 2349-2354.

-L-

79. **Les routes de la lavande** <http://www.moveyouralps.com/routes-de-la-lavande/>
80. **Lion T., 2017.** Human fungal pathogen identification: Methods and protocols Vol 1508. Springer Science+Business Media, New York, 453 p.
81. **Lis-balchin M., 2002.** *Lavender, the genus Lavadula.* London & New York: Taylor and Francis, 268p.
82. **Lis-Balchin M., 2002.** Tim Upson-Lavender the genuslavandula.
83. **Lombardo P., A. Guimaraens, J. Franco, E. Dellacassa, E. Pérez , 2016.** Effectiveness of essential oils for postharvest control of *Phyllosticta citricarpa* (citrus black spot) on citrus fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 121, 1–8.
84. **Louveaux J., P. Vergeron, 1962.** Étude du spectre polinique de quelques miels espagnol
85. **Lucchesi M. E., 2005.** Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de doctorat. Université de La Réunion, 72 p.

-M-

86. **Mahmoudi Y., 1982.** *La thérapeutique par les plantes communes en Algérie.* Blida, Algérie: Palais de livre. pp. 55-58.
87. **Mauro M., P. Giovanna, C. Francesco, 2014.** Inhibition of *Penicillium digitatum* by a crude extract from *Solanum nigrum* leaves. *Biotechnol. Agron. Soc.* 18(2):174.
88. **McIntosh G.H., J. Whyte, R. McAntha and P.G. Nestel, 1991.** Barley and Wheat foods: Influence on plasma cholesterol concentrations in hypercholesterolemic men. *American Journal of Clinical Nutrition.* 53: 1205-1209.

89. **Menaceur Fouad.**, 2011. Mémoire de magister Composition chimique et activité biologique des huiles essentielles et extraits du romarin (*Rosmarinus eriocalyx*) et de la lavande (*Lavandula stoechas*)
90. **Menad A., N. Meziani, H. Bouzerzour et A. Benmahammed**, 2011. Analyse de l'interaction génotype x milieux du rendement de l'orge (*Hordeum vulgare* L.): application des modèles AMMI et la régression conjointe. *Nature et Technologie*, 5: 99 - 106.
91. **Meunier Christian** ,1999. Lavande et Lavandins. Aix –en-provence :edisud p214
92. **Mohammedi Z. et F. Atik** , 2012. Pouvoir antifongique et antioxydant de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. *Nature & Technologie*, 6: 34-39.
93. **Mostafa M., G. Barrault et L. Albertini**, 1993. Essai de lutte biologique contre l'helminthosporiose de l'orge par l'utilisation d'une souche peu agressive de *Drechslera teres*. *Cryptogamie. Mycologie*, 14 (3), pp: 229-238.
94. **Msaada K., K. Hosni, M. Ben Taarit , M. Hammami and B. Marzouk**, 2012. Effects of crop season and maturity stage on the yield and composition of essential oil of coriander (*coriandrum sativum* L) fruit. Laboratory of Bioactive Substances, Biotechnology Center in Borj-Cedria Technopol, BP. 901, 2050 Hammam-Lif, Tunisia

-N-

95. **Nadkarni K. M.**, 1982. *Indian Materia Medica*, third ed. Popular Prakashan, Bombay, p730
96. **Nelson P. E., T. A. Toussoun and W. F. O. Marasas**, 1983. *Fusarium species: an illustrated manual for identification*. Pennsylvania State University Press, University Park.
97. **Nelson P. E.**, 1992. Taxonomy and biology of *Fusarium moniliforme*. *Mycopathologia* 117:29-36.
98. **Nevo E.**, 1992. Origin, evolution, population genetics and resources for breeding of wild barley, *Hordeum spontaneum*, in the Fertile Crescent. In Shewry, P.R. (ed.). *Barley: genetics, biochemistry, molecular biology and biotechnology*, Oxford, C.A.B. International, *The Alden Press*, pp. 19–43.
99. **Newman D.J., G.M. Cragg, K.M. Snader**, 2003. Natural products as sources of new drugs over the period 1981–2002. *Journal of Natural Products* 66
100. **Nordlund D.A.**, 1996. Biological control, integrated pest management and conceptual models. *Biocontrol News and Information*, 17(2): 35-44.

-P-

101. **Pandey D. K., N.N. Tripathi, R.D. Tripathi and S.N. Dixit, 1982.** Fungitoxic and phytotoxic properties of the essential oil of *H. suaveolens*. *The Journal of Plant Diseases and Protection*, 6: 344-349.
102. **Pascoe I. G., 1990.** Fusarium morphology. I. Identification and characterization of a third conidial type, the mesoconidium. *Mycotaxon* 37:121-160
103. **Piper P., C.O. Calderon, K. Hatzixanthis and M. Mollapour, 2001.** Weak acid adaptation: the stress response that confers yeasts with resistance to organic acid food preservatives. *Microbiology*: 2635-2642.
104. **Prandini A., S. Sigolo, G. Tansini, N. Brogna and G. Piva, 2007.** Different level of conjugated linoleic acid (CLA) in dairy products from Italy. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20: 472–479

-R-

105. **Rahal Bouziane H., 2015.** carcterisation agro-alimentaire des orges (*Hordeume vulgare* L.) cultivé dans les oasis de la region d'Adrar, Algérie. Thèse de magister en science agronomique .Institut nationale d'Agronomie, Adrar Algérie, 114 p
106. **Rahal-Bouziane H. et A. Abdelguerfi, 2007.** Caractéristiques agronomiques et Morphologiques d'orges oasiennes (*Hordeum vulgare* L.) de la région d'Adrar (Algérie). Recherche Agronomique, Ed. INRA, Alger. 19 : 7-13.
107. **Rasmann S., T.G. Köllner et al., 2005.** Recruitment of entomopathogenic nematodes by insect-damaged maize roots. *Nature* 434, 732-737
108. **Remmal A., T. Bouchikhi, k. Rhayour, M. Ettayebi and A. Tantaoui-Elaraki, 1993.** Improved method for determination of antimicrobial activity of essential oils in agar medium. *Journal of Essential Oil Research*, 5(2): 179-184.
109. **Roby M. H. H., M.A. Sarhan, K.A.H Selim and K.L Khalel, 2013.** Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) and chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Industrial Crops and Products*, 44: 437-445.
110. (<http://routes-lavande.com>).

111. **Romagnoli C., R. Bruni, E. Andreotti, M.K. Rai, C.B. Vincentini and D. Mares, 2005.** Chemical characterization and antifungal activity of essential oil of capitula from wild Indian *Tagetes patula* L. *Protoplasma*, 255: 57-65.

-S-

112. **Said H. M., 1996.** *Medicinal Herbs*, Vol. 1., Bait al-Hikmah, Madinat al-Hikmah: Pakistan
113. **Salhi1 A., A. Bouyanzer , I. El Mounsi , H. Bendaha , I. Hamdani , E.El Ouariachi , A. Chetouani, N. Chahboun, B. Hammouti, J.M. Desjobert, J. Costa, 2015.** Chemical composition, antioxidant and anticorrosive activities of *Thymus Algeriensis*
114. **Satrani B., M. Ghanmi, A. Farah, A. Aafi, H. Fougrach, B. Bourkhiss et M. Talbi, 2007.** Composition chimique et activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Cladanthus mixtus*. *Bulletin de la Société de pharmacie de Bordeaux*, 146: 85-96.
115. **Sawai J. and Yoshikawa T., 2004.** Quantitative evaluation of antifungal activity of metallic oxide powders (MgO, CaO and ZnO) by an indirect conductimetric assay. *Journal of Applied Microbiology*, 96(4): 803-809.
116. **Sharma N. and A. Tripathi, 2006.** Fungitoxicity of the essential oil of *Citrus sinensis* on post-harvest pathogens. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* , 22: 587-593.
117. **Sharma N. and A. Tripathi , 2008.** Effects of *Citrus sinensis* (L.) Osbeck epicarp essential oil on growth and morphogenesis of *Aspergillus niger* (L.) Van Tieghem. *Microbiological Research*, 163: 337-344.
118. **Sharma S., N.S. Sangwan , R.S. Sangwan, 2003.** Developmental process of essential oil glandular trichome collapsing in menthol mint. *Current Science*, vol. 84, p. 4-25, 544-
119. **Sharma S.D., M.K. Bhan, M.K. Kaul et P.L. Dhar , 1983.** Morphological and oil content variation in Lavender introduced in Kashmir. *Indian Perfumery*, 27: 28-31.
120. **Si Moussa L., L. Belabid, A. Tadjeddine , M. Bellahcene and B. Bayaa , 2010.** Effect of some Botanical Extracts on the Population of *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, the Causal Agent of Bayoud Disease in Algeria. *Arab Journal of Plant Protection*, 28: 71-79
121. **Simonpoli, P., 1993.** *In Arburi, Arbigliule, Savoirs populaires sur les plantes de corse.* Parc Naturel Regional de la Corse, Ajaccio, Corsica.

122. **Simpson D.R., G.F. Weston, J.A. Turner, P. Jennings, P. Nicholson, 2004.** Differential control of head blight pathogens of wheat by fungicides and consequences for mycotoxin contamination of grain. *European journal of plant pathology*. 107 :421-431
123. **Singh N., P. Luthra , R.S. Sangwan , R.S. Thakur , 1989.** Metabolisme of
124. **Skoula M., C. Abidi et al., 1996.** Essential oil variation of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* growing wild in Crete (Greece). *Biochem. Syst. Ecol.* **24**, 255-260
125. **Souihi M., A. Bousnina , B. Touati, I. Hassen , M. Rouissi et N. Ben Brahim, 2017.** Caractérisation morphologique et chimique de deux espèces de Lavande: *Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L. en Tunisie
126. **Sultan G. E., K. Saliha , K. D. Alpaslane, T. Murat , S. Ozgur , I. Memet, 2008.** Comparing the effect of sub-critical water extraction with conventional extraction methods on the chemical composition of *Lavandula stoechas*. Elsevier, n.74, p.930-935.

-T-

127. **Taiz L. and E. Zeiger , 2002.** Plant physiology. Sinauer Associates; Third Edition. 690p.
128. **Texier W., 2013.** L'hydroponie pour tous. Mama éditions, 7 rue Pétion, 75011 Paris France. 13-20.
129. **Texier W., 2014.** L'hydroponie pour tous , tout sur l'horticulture à la maison .Rapport sur l'hydroponie moderne ,Paris ,France ,16p.
130. **Trail F., 2009.** For blighted waves of grain: *Fusarium graminearum* in the postgenomic era. *Plant Physiology* **149**(1), 103-110.
131. **Tripathi P., N.k. Dubey and A.K. Shukla, 2008.** Use of some essential oils as post-harvest botanical fungicides in the management of grey mould of grapes caused by *Botrytis cinerea*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24: 39-46.

-U-

132. **Upson T. and M. Lis-Balchin, 2002,** Lavender the genus *lavandula*

133. **USDA, 2004**

134. **Usmanghani K., A. Saeed , M.T. Alam , 1997.** Indusyunic medicine. Karachi: University of Karachi Press. p.273

-V-

1. **Vitre A., 2003.** Fondements et principes d'hors-sol.

-W-

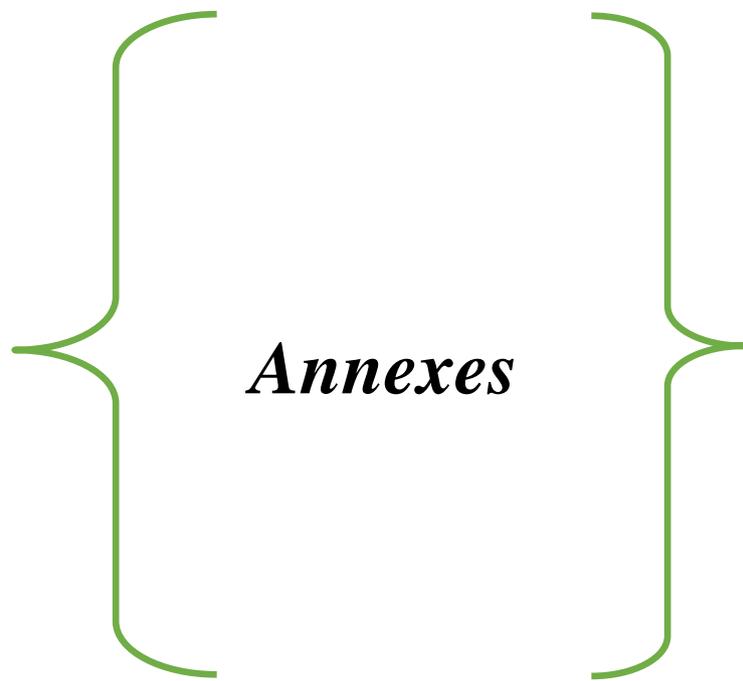
2. **Weaver D. K and B. Subramanyam, 2000.** Botanicals,.In: B. Subramanyam & D.W. Hagstrum (Eds.). Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM. Massachusetts, Kluwer Academic Publishers
3. **Wink M., 2003.** Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemister*, vol.64, p.3-19.

-Y-

4. **Yano E. M., L.A. Bastian, S.M. Frayne, A.L. Howell, L.R. Lipson et al., 2006.** Toward a VA women's health research agenda: Setting evidence-based priorities to improve the health and health care of women veterans. *Journal of General Internal Medicine*. 21(Suppl. 3), S93–S101.
5. **Yuan Y., M. Huang, Y. X. Pang., F.L. Yu, C. Chen, L.W. Liu, Z.X. Chen, Y.B. Zhang, X.L. Chen and X. Hu, 2016.** Variations in essential oil yield, composition, and antioxidant activity of different plant organs from *Blumea balsamifera* (L.) DC. at different growth times. *Molecules*, 21(8): 1024.

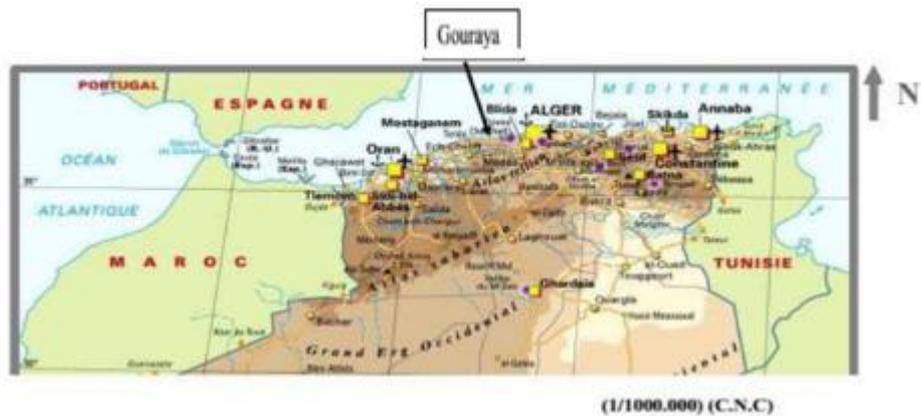
-Z-

6. **Zibouche M. et C. Grimse, 2016.** Memoire de master. Contribution à l'étude des flavonoïdes et de l'activité antioxydant de l'orge : *Hordeum vulgare*



Annexes

Annexe 1 : Situation géographique de la région de Gouraya (Bnsaada, 2010)



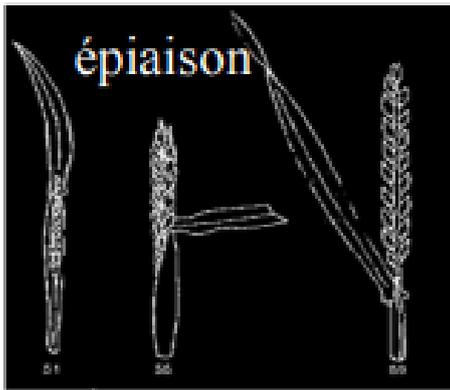
Annexe 2: Préparation de la suspension d'eau-agar (à 0,2%)

- Peser 1g d'agar-agar.
- Ajouter 500 ml d'eau distillée.
- Stériliser à l'autoclave à 100 kPa pendant 20 minutes.

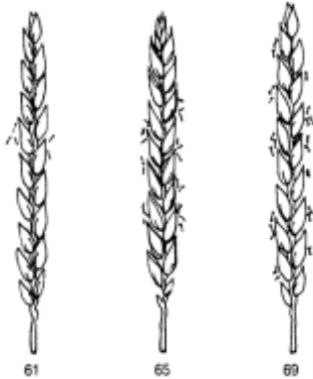
Annexe 3 : symptôme et dégât de *Fusarium sp.* sur la culture de l'orge



Fusarium survient sur tous débris végétaux



floraison



Spores infectent les épis :
stade le + critique \Rightarrow
épiaison-floraison



Production de spores sur résidus des
cultures hôtes (graminées) laissés
à la surface du sol

Symptome sur la culture



Annexe 4: Préparation du milieu PDA (Potato Dextrose Agar, agar de dextrose de pomme de terre) selon Ismaili et *al.* (2014)

- Bouillir 200 g de pomme de terre dans 1000 ml d'eau distillée
- Filtrer le bouillon résultant,
- Ajouter 20 g de dextrose et 20 g d'agar en poudre.
- Ajuster par de l'eau distillée jusqu'à un volume de 1000 ml.
- Stériliser à l'autoclave à 100 kPa pendant 20 minutes.

Annexe 5: Préparation de la concentration 1/25 v/v (4 %) de l'huile essentielle

Pour chaque boîte de Pétri :

- Emulsion : Ajouter 6 ml de l'huile essentielle à 150 ml d'eau-agar autoclavé
- Agiter l'émulsion vigoureusement au vortex.
- Ajouter 13,5 ml du milieu PDA en surfusion dans la même boîte.
- Ajouter 9 ml de l'émulsion pour chaque boîte.
- Faire des mouvements en 8 soigneusement pour homogénéiser le milieu.
- Laisser refroidir.

Annexe 6 : Analyse de la variance des taux d'inhibition de la croissance mycélienne selon la méthode indirecte par rapport aux huiles essentielles par le test ANOVA

Facteur	Somme de carré	ddl	Carré moyen	f	p
E.LVS	72.774	2	36.373	2.598	0.116
E.LVD	284.387	2	142.193	13.413	0.001

Annexe 7 : Analyse de la variance des taux d'inhibition de la croissance mycélienne selon la méthode indirecte par rapport aux isolats par le test ANOVA

Facteur	Somme de carré	ddl	Carré moyen	f	p
Souche 1	44.083	1	44.083	4.038	0.045
Souche2	313.469	1	313.469	50.735	0.000
Souche 3	148.918	1	148.918	7.517	0.025

Annexe 8 : Analyse de la variance comparative des taux d'inhibition de la croissance mycélienne selon la méthode directe et indirecte par le test ANOVA

Facteur	Somme de carré	ddl	Carré moyen	f	p
Souche 1	42182.243	1	42182.243	5777.420	0.000
Souche2	36823.108	1	36823.108	1826.452	0.000
Souche 3	35870.173	1	35870.173	2100.425	0.000

Annexe 9: Analyse de la variance des taux d'inhibition de la germination par le test ANOVA selon les isolats fongiques

Facteur	Somme de carré	ddl	Carré moyen	f	p
Souche 1	42182.243	1	42182.243	5777.420	0.000
Souche2	36823.108	1	36823.108	1826.452	0.000
Souche 3	35870.173	1	35870.173	2100.425	0.000

Annexz 10 : caractéristiques morphologiques observés après survie pour 5F

Critère observé	Résultats obtenu	
	LVS	LVD
Examen macroscopique de face	Aspect du mycélium → différent à celui du témoin	Aspect du mycélium → différent et moins dense que celui du témoin

	+ discontinuité de la croissance Couleur du mycélium → blanc	Couleur du mycélium → blanc
Examen macroscopique du verso	Aucune pénétration dans le milieu	Changement de couleur du milieu

Annexe 11 : caractéristiques morphologiques observés après survie pour 4F

Critère observé	Résultats obtenu	
	LVS	LVD
Examen macroscopique de face	Aspect du mycélium → différent à celui du témoin + discontinuité de la croissance Couleur du mycélium → marron, blanc au bord	Aspect du mycélium → différent à celui du témoin + discontinuité de la croissance Couleur du mycélium → blanc avec une couleur noir entourant le centre de la colonie
Examen macroscopique du verso	Aucune pénétration ou changement dans le milieu	Aucune pénétration dans le milieu

Annexe 12 : caractéristiques morphologiques observés après survie pour 3F

Critère observé	Résultats obtenu	
	LVS	LVD
Examen macroscopique de face	Aspect du mycélium → différent à celui du témoin	Aspect du mycélium → différent à celui du témoin

	+ discontinuité de la croissance Couleur du mycélium → marron, blanc au bord	+ discontinuité de la croissance Couleur du mycélium → blanc avec une couleur noir entourant le centre de la colonie
Examen macroscopique du verso	Aucune pénétration ou changement dans le milieu	Aucune pénétration dans le milieu

Annexe 13 : caractéristiques morphologiques observés après survie pour 3F

Critère observé	Résultats observés
Examen macroscopique de face	Aspect du mycélium : envahissant Couleur du mycélium : marron avec un disque rose au centre
Examen macroscopique du verso	Aucune pénétration ou changement dans le milieu

