

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عمار تليجي بالأغواط

UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم

FACULTE DES SCIENCES

قسم البيولوجيا

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Option : Biochimie Appliquée

THEME

Etude de l'activité biologique et la composition chimique des huiles essentielles de *Thymus vulgaris*

Présenté par :

- BENOMRANE Fatima Zohra
- DJOUBAR Chaimaa
- REGUE Fahima

Devant 1^{er} & 2^e jury composé de :

M. GUENANE Hamid	MCB (Université Amar Téliidji, Laghouat)	Présidente
Mme BOUSSOUSSA Hadjer	MCA (Université Amar Téliidji, Laghouat)	Examinatrice
Mme ELHOUITI Fatiha	MCB (Université Amar Téliidji, Laghouat)	Rapporteur
M. OUINTEN Mohamed	Professeur (Université Amar Téliidji, Laghouat)	Co-Rapporteur

Soutenu publiquement le : 14/ 10/ 2020

Résumé

Le but de ce travail est d'étudier la stabilité de la composition chimique dans le temps et l'activité antifongique d'huile essentielle de *Thymus vulgaris* vis-à-vis deux champignons phytopathogènes du genre *Fusarium*. L'huile essentielle de cette plante a été obtenue par hydrodistillation de la partie aérienne.

Dix-sept des constituants de cette huile essentielle ont été identifiés par une Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG). Le composé majoritaire caractérisant l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* est le Carvacrol (63,42%).

Cette huile essentielle de *Thymus vulgaris* présente un pouvoir antifongique très puissant et prometteur. Une inhibition presque totale des deux champignons testés *Fusarium graminearum* et *Fusarium culmorum* a été enregistrée.

Mots clés : *Thymus vulgaris*, huile essentielle, composition chimique, activité antifongique, *Fusarium graminearum* et *Fusarium culmorum*.

Abstract

The aim of this work is to study the stability of the chemical composition over time and the antifungal activity of essential oil of *Thymus vulgaris* against two phytopathogenic fungi of the genus *Fusarium*. The essential oil of this plant was obtained by hydrodistillation of the aerial part.

Seventeen of the constituents of this essential oil were identified by Gas Phase Chromatography (GPC). The majority compound characterizing the essential oil of *Thymus vulgaris* and Carvacrol (63.42%).

This essential oil of *Thymus vulgaris* has a very powerful and promising antifungal power. An almost total inhibition of the two tested fungi *Fusarium graminearum* and *Fusarium culmorum* has been recorded.

Keywords: *Thymus vulgaris*, essential oil, Chemical composition, antifungal activity, *Fusarium graminearum* and *Fusarium culmorum*.

المخلص

الهدف من هذا العمل هو دراسة ثبات التركيب الكيمائي مع مرور الوقت والنشاط المضاد للفطريات للزيت العطري زعتر الجبل ضد نوعين من الفطريات الممرضة للنبات من نوع *Fusarium*. تم الحصول على الزيت العطري بواسطة التقطير المائي للأجزاء العلوية لهذه النبتة.

تم تحديد سبعة عشر من مكونات هذا الزيت العطري بواسطة كروماتوغرافيا الغاز. غالبية المركب الذي يميز الزيت العطري هو (63,42%) Carvacrol.

هذا الزيت العطري من *Thymus vulgaris* له قوة قوية وواحدة مضادة للفطريات. تم تسجيل تثبيط شبه كامل للفطرين

المختبرين *Fusarium culmorum* و *Fusarium graminearum*

الكلمات المفتاحية:

النشاط المضاد للفطريات . الزيت العطري , التركيب الكيمائي . *Fusarium graminearum et Fusarium culmorum*.

Thymus vulgaris

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

✚ À mes parents qui se sont dévoués corps et âmes pour m'offrir le meilleur d'eux-mêmes.

✚ À mon frère Rabah et mes sœurs Hanane et Khadouj pour leur soutien indéfectible,

✚ À mes neveux Laith, Aziz, Abdelkader, Leiya, Nada,

✚ À mes tantes,

✚ À ma copine Djihad,

À Tous ceux qui ont contribué de près ou de de loin à m'encourager et de me permettre ainsi d'avancer et d'aller le plus loin possible.

Merci à tous

Fahima

Dédicace

Avec l'aide de Dieu Tout-Puissant, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie :

✚ *Aux êtres les plus chers à mon cœur, mon père Aissa et ma mère Fattom que Dieu les protège. Ils m'ont toujours poussé à aller plus loin je leur suis très reconnaissante,*

✚ *À Mes chères frères Djaafar et Ahmed rami,*

✚ *À Mes chères sœurs et Mon neveu Kossai,*

✚ *À Mon mari Yacine,*

✚ *À A toute ma famille, Oncles et Tantes,*

✚ *À la mémoire de ma deuxième mère Aicha,*

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce travail soit possible,

Je vous dis merci.

Chaima

Dédicace

Avec l'aide de dieu tout puissant, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je le dédie à :

- ✚ A Mes chers parents, Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.*
- ✚ À ma chère sœur **Yousra** et mon adorable frère **Nourdine** Je leur dédie ce mémoire afin de les remercier pour leur appui, leurs encouragements permanents, Sans oublier mon petit frère que j'adore **Aboubakeur**,*
- ✚ À ma défunte grand-mère et deuxième maman « **Mayma** »
J'aurais tant aimé qu'elle soit à mes côtés en ce jour. Tu m'as toujours accompagnée par tes prières, ta douceur, et tes conseils.*
- ✚ Aux deux familles **Mechoui** et **Ben Omrane**,*
- ✚ À Mon cher oncle **Noureddine** Merci pour votre soutien moral, Sans oublier mes chers oncles **Said** et **Ali**,*

A toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail. A tous ceux que j'ai omis de citer.

Fatima Zohra

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et le tout miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En second lieu, nous tenons à remercier très chaleureusement :

*Notre encadreur **EL-HOUITI Fatiha**, Docteur au département de biologie pour ces précieux conseils et son aide durant toute la période de travail.*

*Notre encadreur **OUINTEN Mohammed**, Professeur au département de biologie, Merci d'avoir accepté de diriger ce travail avec beaucoup d'efficacité*

Nos vifs remerciements vont également être adressés :

***Aux membres du jury** pour l'intérêt qu'ils vont apporter à notre manuscrit en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

Nos remerciements s'étendent également à tous nos enseignants du département de Biologie.

*Ce mémoire n'aurait pas été possible sans l'intervention, consciente, d'un grand nombre de personnes : le personnel du laboratoire de biologie, **M. YOUSFI Mohamed** directeur de laboratoire de recherche des Sciences Fondamentales et en particulier **M. GOURINE Nadir** qui nous a beaucoup aidé.*

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Table de matière

<i>Abréviation</i>	I
<i>Liste des Tableaux</i>	II
<i>Liste des figures</i>	II
<i>Introduction</i>	2
I. Etude bibliographique	5
I.1. Les huiles essentielles	5
I.1.1. Historique des huiles.....	5
I.1.2. La définition des huiles essentielles	5
I.1.3. Rôles des huiles essentielles	6
I.1.4. Les techniques d'extraction des huiles essentielles	6
I.1.4.5 L'expression à froid	8
I.1.5. La conservation des huiles essentielles	8
I.1.6. La composition chimique des huiles essentielles	9
I.1.7. Activité antifongique	10
II. Matériels et Méthodes	13
II.1.7. Matériel végétale.....	13
II.1.1. Généralités sur la famille des <i>lamiacées</i>	13
II.1.2. Origine et distribution de la plante	14
II.1.3. La description botanique de la plante étudiée	14
II.1.4. Domaines d'utilisations	15
II.1.5. Classification botanique	16
II.2. Description du matériels fongiques.....	16
II.2.1 Généralités sur les champignons phytopathogènes	16
II.2.2. Les espèces fongiques sélectionnées	17
II.3. Méthodes expérimentales.....	19
II.3.1. Procédé d'extraction des huiles essentielles.....	19
II.3.3. Identification des composés.....	21
II.4. Evaluation de l'activité antifongique	21
II.4.1. La pré culture des souches fongiques	21

II.4.2. Evaluation de la croissance de deux souches	23
II.4.3. Détermination de l'activité antifongique par la méthode de contact direct	23
II.5. Analyse statistique	24
III. Résultats et discussions	26
III.1. La teneur en huile essentielle	26
III.3. L'évaluation de l'activité antifongique	29
III.3.1. La cinétique de croissance des souches étudiées	29
III.3.2 Le taux d'inhibition	31
Conclusion	35
Références bibliographiques.....	38
Annexe	47

Abréviation

AFNOR	: Association Française de Normalisation
HE	: Huiles Essentielle
°C	: Degré Celsius
Ph	: Potentiel Hydrogène
cm	: Centimètre
mm	: Millimètre
L	: Litre
ml	: Millilitre
PDA	: Potato Dextrose Agar
CMI	: Concentration Minimale Inhibitrice
CMF	: Concentration Minimale Fongicide
CPG	: Chromatographie en Phase Gazeuse
FID	: Détecteur à Ionisation de Flamme
%	: Pourcentage
MYCSA	: Mycologie et Sécurité des aliments
g	: Gramme
M	: masse
F	: <i>Fusarium</i>
UV	: Ultraviolet
µL	: Microlitre
µm	: Micromètre
min	: Minute
GC-5400	: Gas Chromatograph
J	: jour
I (%)	: Pourcentage D'Inhibition
H	: Heure
IRL	: Indice de Rétention Linéaire

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Classification botanique de <i>Thymus vulgaris</i> L.	16
Tableau 2 : Différentes appellations de l'espèce étudiée.	16
Tableau 3: Classification de <i>Fusarium culmorum</i> et <i>Fusarium graminearum</i> (Goswami et Kistler, 2004 ; Scherm <i>et al.</i> , 2013).....	19
Tableau 4 : Codes et origines des souches fongiques étudiées.	19
Tableau 5: La teneur en huile essentielle.	26
Tableau 6 : La composition chimique de l'huile essentielle analysée par CPG	27

Liste des figures

Figure 1 : Extraction par hydro-distillation (Goulet, 2009).	7
Figure 2 : <i>Thymus vulgaris</i> (Bengana, 2018).	15
Figure 3 : Appareil de l'hydrodistillation de type Clevenger (Bengana, 2018).	20
Figure 4 : Repiquage des souches fongiques.	22
Figure 5: La cinétique de la croissance mycélienne des deux souches fongiques, en présence de différentes concentrations de l'extrait de <i>Thymus vulgaris</i>	30
Figure 6: L'effet de l'HE de <i>T. vulgaris</i> sur la croissance mycélienne de <i>F. graminearum</i> en présence de différentes concentrations après 6 jours d'incubation	31
Figure 7: L'effet de l'HE de <i>T.vulgaris</i> sur la croissance mycélienne de <i>F. culmorum</i> en présence de différentes concentrations après 6 jours d'incubation.	31
Figure 8: Taux d'inhibition des deux souches en présence de différentes concentrations d'huiles essentielles de <i>Thymus vulgaris</i>	32
Figure 9: Dispositif de préparation de milieu de culture.....	47
Figure 10: Profils chromatographiques des alcanes obtenus par CPG.....	48
Figure 11: Profils chromatographiques des huiles essentielles de <i>Thymus vulgaris</i> obtenus par CPG.	48

Introduction

Introduction

La plante est un organisme vivant qui existe depuis l'antiquité. Elle constitue un maillon très important et fondamental dans le cycle biologique de vie des autres organismes vivants tels que les animaux et les êtres humains (Madi, 2010). Ils s'en servent pour se nourrir, se soigner et parfois dans ses traditions superstitieuses et religieuses. Les propriétés odorantes et thérapeutiques des plantes étaient, déjà, connues par l'ancienne Egypte et en Chine (Fellah *et al.*, 2006). Le recours aux plantes médicinales pour se guérir a pris naissance depuis bien longtemps en médecine traditionnelle grec, romaine, indienne, chinoise et arabo-musulmane. Au niveau national et d'après une enquête réalisée dans le cadre d'une étude sur l'utilisation des plantes en médecine traditionnelle, 71% des personnes interrogées utilisent les plantes médicinales et aromatiques pour se faire soigner (Wicht et Anton, 2003).

Le continent africain regorge de plantes médicinales très diversifiées (Mangambu *et al.*, 2010). L'Algérie compte parmi les pays du bassin méditerranéen les plus riches en ressources phylogénétiques à intérêt aromatique et médicinal, vu la diversité de ses étages bioclimatiques. Plus de 300 espèces ont été dénombrées à usage thérapeutique ou aromatique existant parmi les 3150 espèces végétales que compte notre pays (Mokkadem, 1999).

Les extraits bruts des plantes commencent à avoir beaucoup d'intérêt comme source potentielle de molécules naturelles bioactives. Où les plantes et les extraits de plantes sont utilisés, étant donné leurs propriétés biologiques, elles sont les sources primaires de médicaments employés pour le traitement de différentes pathologies.

Dans ce contexte, l'utilisation des composés naturels avec une activité antimicrobienne et antioxydante démontrent un large éventail d'activités biologiques et pharmacologiques (Gautam *et al.*, 2014).

La fusariose est une des maladies les plus importantes altérant le blé dans le monde (Leplat, 2012). Plusieurs espèces du genre *Fusarium* causent des dégâts très importants du point de vue agroalimentaire, elles sont considérées comme des champignons du champ, infectant principalement le blé et le maïs. Ce qui se traduit non seulement par une réduction du rendement des cultures par la fusariose, mais aussi par la production d'une large gamme de mycotoxines. Le déoxynivalénol est une toxine appartenant à la famille des trichothécènes, produite principalement par les espèces *Fusarium graminearum* et *Fusarium culmorum* (Gutleb *et al.*, 2002).

De nombreux pesticides sont des perturbateurs endocriniens, leur toxicité ne se limite pas seulement aux espèces que l'on souhaite éliminer. Ils sont notamment toxiques pour l'homme et leurs effets sur l'environnement sont nombreux. Les substances et/ou les molécules issues de leur dégradation sont susceptibles de se retrouver dans l'air, le sol, les eaux, les sédiments... ainsi que dans les aliments. Elles présentent par leur migration entre ces compartiments de l'environnement des dangers plus ou moins importants pour l'homme et les écosystèmes, avec un impact à court ou à long terme (Belmehel, 2019).

Plusieurs méthodes de lutte ont été utilisées telles que la méthode chimique, génétique, culturale, ainsi que la méthode biologique, mais toutes ces méthodes sont restées vaines. Par contre, une nouvelle discipline voit le jour. Elle fait partie des méthodes biologiques, cette méthode consiste à utiliser des huiles essentielles (Kaloustian *et al.*, 2012).

Plusieurs travaux ont mis en évidence les différentes activités biologiques des plantes aromatiques et médicinales, en particulier leurs pouvoirs antifongique, antibactérien, antioxydant et insecticide. Ainsi par ces propriétés, les huiles essentielles pourraient donc servir d'agent de conservation des denrées alimentaires. (Hmiri *et al.*, 2011).

Notre travail a pour objectif d'évaluer l'activité antifongique et de vérifier la stabilité de la composition chimique dans le temps de l'huile essentielle de «*Thymus vulgaris*» contre deux souches du genre *Fusarium*. Cette plante pousse à l'état spontané dans notre pays, et elle est très répandue dans la région de Laghouat, son espèce appartient à la famille Lamiacée qui sont des familles les plus utilisées comme source d'extraits à pouvoir antifongique élevé à l'échelle mondiale.

Nous avons organisé notre travail en trois grandes parties :

- Partie I : La synthèse bibliographique concernant les huiles essentielles, les techniques d'extraction, la composition chimique, La conservation, l'activité biologique.
- Partie II : La description des plantes étudiées, généralités sur les moisissures, l'étude expérimentale et les méthodes analytiques de notre travail.
- Partie III : La présentation de l'ensemble des résultats obtenus et les discussions qui en découlent.

Ce manuscrit est achevé par une conclusion générale qui résumera l'ensemble de ces résultats.

Etude Bibliographique

I. Etude bibliographique

I.1. Les huiles essentielles

I.1.1. Historique

L'histoire des plantes aromatiques est souvent liée à celle de l'humanité. Déjà, depuis l'Egypte antique (environ quatre mille cinq cents ans avant Jésus Christ), l'homme utilisait largement les huiles balsamiques, les onguents parfumés, les résines aromatiques, les épices et les végétaux odoriférants en rites, en magie, en thérapeutique, en alimentation ainsi que dans les pratiques de la vie courante. La distillation des huiles essentielles commence en Orient, les premières bases de préparation des huiles essentielles ont été développées en Inde, en Perse et en Egypte (Ntezurubanza, 2000).

Les huiles essentielles semblent donc avoir accompagné la civilisation humaine depuis ses premières genèses. René-Maurice GATTEFOSSE a créé, en 1928, le terme de l'aromathérapie et il a mené de nombreux travaux concernant les huiles essentielles, notamment leurs propriétés et ses résultats seront à l'origine de nombreuses autres recherches (Besombes, 2008).

I.1.2. La définition des huiles essentielles

Une huile essentielle est un mélange naturel complexe de métabolites secondaires lipophiles, volatils, odorants et souvent liquides contenus dans des tissus végétaux spécialisés (Bruneton, 1993 *in* Kalemba et Kunicka , 2003).

Selon la norme AFNOR NF'T 75-006, « l'huile essentielle désigne le produit obtenu à partir d'une matière première d'origine végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe, soit par distillation sèche. Elle est ensuite séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques » (AFNOR, 2000).

L'huile essentielle ne contient pas de corps gras comme l'huile végétale (Anton et Lobstein, 2005). Elle provient d'une sécrétion naturelle élaborée par certains végétaux pour se protéger des insectes et des maladies, mais aussi pour éliminer les substances issues de leur métabolisme.

I.1.3. Rôles des huiles essentielles

Les huiles essentielles permettent, entre autres, à la plante de se défendre contre les agressions extérieures. Elles ont des propriétés répulsives ou attractives vis-à-vis des insectes.

La pollinisation des fleurs est économiquement, très importante pour les arbres fruitiers. Elles présentent aussi des propriétés antiseptiques dirigées contre les parasites du sol et des propriétés inhibitrices sur la germination des graines sur le sol (Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012).

Pour quelques auteurs, les composants terpéniques des huiles essentielles pourraient constituer des supports à une «communication», d'autant plus que leur variété structurale autorise le transfert de «messages biologiques» sélectifs (Bruneton, 2009).

I.1.4. Les techniques d'extraction des huiles essentielles

La majorité des huiles essentielles sont extraites à partir des plantes, à l'intérieur de leurs cellules renferment des essences, c'est-à-dire des sécrétions naturelles que l'on extrait pour obtenir des huiles essentielles (Moro Buronzo, 2008). Ce procédé d'obtention des HE intervient d'une façon déterminante sur sa composition chimique (Garnero, 1977 in Laib, 2011).

Il existe plusieurs méthodes d'extraction des huiles essentielles leur choix dépendra de : La nature du matériel végétal à traiter (graines, feuilles, ramilles), La fragilité de certains constituants des huiles aux températures élevées (Hellal, 2010), le rendement en huiles essentielles et sa composition (Benjlali, 2004).

Les méthodes les plus importantes sont :

I.1.4.1. La distillation

La technique d'extraction des huiles essentielles est la plus employée à l'heure actuelle utilisant l'entraînement des substances aromatiques grâce à la vapeur d'eau (Mann, 1987). pour éviter les dénaturations de l'huile essentielle, la distillation du mélange eau-essence végétale se fait à une température inférieure à 100°C et une pression atmosphérique normale (FRANCHOMME *et al.*, 1990). La durée de la distillation influe non seulement sur le rendement mais également sur la composition de l'extrait (Lucchesi, 2005).

I.1.4.2. Hydro distillation simple

Elle consiste à placer la matière à extraire dans une chaudière avec de l'eau puis chauffer (Bruneton, 2009). L'ensemble est ensuite porté à ébullition ; la chaleur permet l'éclatement et la libération des molécules odorantes contenues dans les cellules végétales, il s'agit d'un mélange de composés non miscibles (l'eau et une molécule odorante). La vapeur d'eau chargée en molécules organiques est condensée puis récupérée. Il y a alors séparation en deux phases : l'une aqueuse et l'autre organique, cette dernière contenant l'huile à extraire (Figure1) (Marouf et Tremblin, 2009).

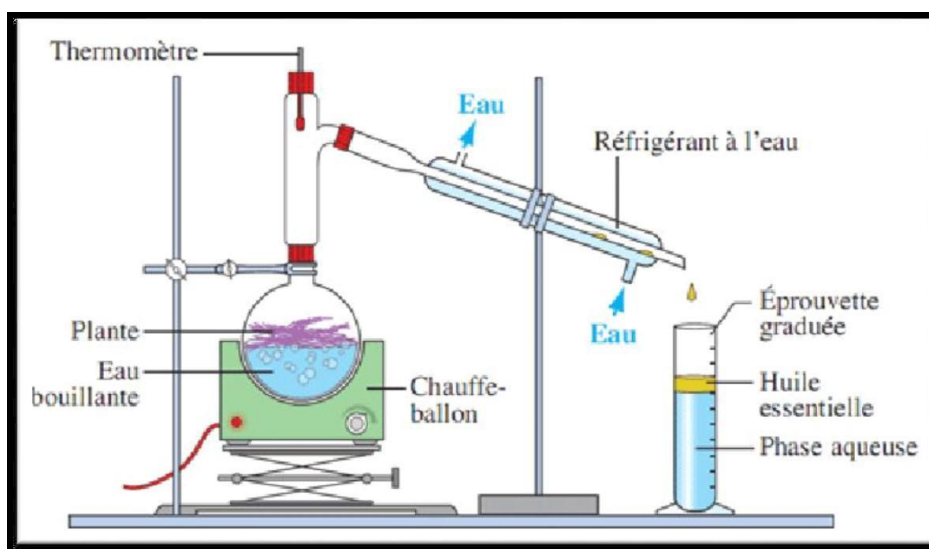


Figure 1 : Extraction par hydro-distillation (Goulet, 2009).

I.1.4.3. L'entraînement à la vapeur d'eau (distillation à vapeur saturée)

Les méthodes d'extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau sont basées sur le fait que la plupart des composés volatils contenus dans les végétaux sont entraînés par la vapeur d'eau, du fait de leur point d'ébullition relativement bas et de leur caractère hydrophobe. Sous l'action de la vapeur d'eau introduite ou formée dans l'extracteur, l'essence se libère du tissu végétal est entraîné par la vapeur d'eau. Le mélange de vapeur est condensé dans un réfrigérant puis l'huile essentielle se sépare par décantation selon sa densité (AFNOR, 2000).

I.1.4.4. Hydro diffusion

Elle consiste à faire passer du haut vers le bas, et à pression réduite la vapeur d'eau à travers la matière végétale. Les avantages de cette méthode sont récentes et rapides donc moins dommageables pour les composés volatils (Bruneton, 1999).

I.1.4.5 L'expression à froid

Les huiles essentielles de fruits d'hespéridés ou encore d'agrumes ont une très grande importance dans l'industrie des parfums et des cosmétiques (citron, orange, mandarine). Cependant ce sont des produits fragiles en raison de leur composition, on utilise ce procédé qui est le plus simple et totalement différent d'une distillation classique (Roux, 2008).

Le principe consiste à exercer, sous un courant d'eau, une action abrasive sur la surface du fruit pour la rupture de ces parois. Après élimination des déchets solides, l'huile essentielle est séparée de la phase aqueuse par centrifugation ou décantation (Ferhat *et al.*, 2007). D'autres machines rompent les poches par dépression et recueillent directement l'huile essentielle ce qui évite les dégradations liées à l'action de l'eau (Bruneton, 2009).

I.1.5. La conservation des huiles essentielles

La plupart des molécules constitutives des huiles essentielles sont insaturées, ce qui les rend instables et sensibles à l'altération. Selon les conditions de conservation, les essences naturelles peuvent être sujettes à des réactions secondaires telles que : le réarrangement moléculaire, la polymérisation, l'oxydation, l'hydrolyse, etc. Il est possible de limiter ces dégradations en prenant certaines précautions (Bruneton, 2009). L'utilisation des flacons de faible volume en aluminium, en acier inoxydable ou en verre brun, entièrement remplis et fermés de façon étanche. Les différentes méthodes de conservation des HE sont :

- Le stockage à basse température.
- La conservation sous atmosphère d'azote.
- L'adjonction d'antioxydants, etc.

I.1.6. La composition chimique des huiles essentielles

Ce sont des mélanges complexes et variables de constituants appartenant exclusivement à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes d'une part se compose principalement de mono terpènes et de sesquiterpènes, et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane beaucoup moins fréquent. Elles peuvent également renfermer divers produits issus du processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils (Bruneton, 2009).

I.1.6.1. Terpénoïde

Ils sont des hydrocarbures formés par assemblage de deux ou plusieurs unités isopréniques, ce sont des polymères de l'isoprène de formule brute (C₅H₈). Les huiles essentielles contiennent particulièrement des mono terpènes, des sesquiterpènes et peu souvent de di terpènes. Dans le cas des huiles essentielles, seuls les terpènes les plus volatils c'est-à-dire : ceux dont la masse moléculaire n'est pas élevée sont observés (Teisseire, 1991).

I.1.6.2. Les composés aromatiques

Les composés aromatiques dérivent du phénylpropane (C₆-C₃). Ils sont moins fréquents que les terpènes, Ce sont, très souvent, des allyl- et propénylphénols ; parfois des aldéhydes On peut également rencontrer dans les huiles essentielles des composés C₆-C₁ tel que la vanilline (assez fréquente) ou l'antranilate de méthyle. Les lactones dérivées des acides cinnamiques (les coumarines) étant, au moins pour les plus simples d'entre elles, entraîna- bles par la vapeur d'eau. Elles sont également présentes dans certaines huiles essentielles (Bruneton, 2009).

I.1.6.3. Composés d'origines diverses

Ce sont des produits résultant de la transformation de molécules non volatiles entraîna- bles par la vapeur d'eau. Il s'agit de composés issus de la dégradation d'acides gras, de terpènes. D'autres composés azotés ou soufrés peuvent subsister mais sont rares. On peut trouver dans les concrètes des produits de masses moléculaires plus importantes non entraîna- bles à la vapeur d'eau, mais extractibles par les solvants (Bruneton, 2009).

I.1.7. Activité antifongique

Dans le domaine phytosanitaire et agro-alimentaire, les huiles essentielles ou leurs composés actifs pourraient également être employés comme agents de protection contre les champignons phytopathogènes et les microorganismes envahissant la denrée alimentaire (Lis-Balchin, 2003). Les huiles essentielles agissent sur un large spectre de moisissure et de levure en inhibant la croissance des levures et la germination des spores, l'élongation du mycélium, la sporulation et la production de toxines chez les moisissures. Le pouvoir antifongique est attribué à la présence de certaines fonctions chimiques dans la composition des huiles essentielles. L'action antifongique de ces composées est due à 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 (Cox *et al.*, 2000).

En effet, les composés terpéniques des huiles essentielles et plus précisément leurs groupements fonctionnels tels que les phénols et les aldéhydes réagissent avec les enzymes membranaires et dégradent la membrane plasmique des levures (Knobloch *et al.*, 1989).

Matériel et Méthodes

II. Matériel et Méthodes

II.1.7. Matériel végétale

Afin de contribuer à la valorisation des plantes médicinales locales réputées pour leurs vertus thérapeutiques, ce travail a pour objectif d'évaluer l'activité antifongique de l'extrait des feuilles de Thym (*Thymus vulgaris* L.) sur certains champignons du genre *Fusarium* et de vérifier la stabilité de cette huile dans le temps, sachant qu'elle a été extraite en 2017.

La sélection de cette plante est fondée sur les critères suivants :

- ✚ Elle représente récemment un sujet de recherche scientifique cité dans des ouvrages et des journaux spécialisés
- ✚ Parmi les plus populaires plantes aromatiques utilisées dans le monde entier.
- ✚ Son utilisation fréquente dans le domaine culinaire et dans la médecine traditionnelle.
- ✚ L'huile essentielle extraite de cette plante contient plusieurs composés bioactifs dont le Thymol, le Carvacrol.

II.1.1. Généralités sur la famille des lamiacées

La famille des Lamiacées, anciennement appelée Labiées en raison de la corolle en deux lèvres de ses petites fleurs (Couplan, 2000).L'une des familles les plus larges dans le règne végétal, comprend approximativement 240 genres et 7200 espèces (Harley *et al.*, 2010 *in* Benmadi et Abida, 2018).Elle est divisée en sept sous-familles : Ajugoideae, Lamioideae, Nepetoideae, Prostantheroidea, Scutellarioideae, Symphorematoideae et Viticoideae (Harley *et al.*, 2004).

C'est une famille d'une grande importance aussi bien pour son utilisation en industrie alimentaire et en parfumerie qu'en thérapeutique. Elle est l'une des familles les plus utilisées comme source mondiale d'épices et d'extraits à fort pouvoir antibactérien, antifongique, anti-inflammatoire et antioxydant (Ghermanet, 2006 *in* Benmadi et Abida, 2018).

Les genres les plus cités de cette famille dans la littérature sont : *Salvia*, *Mentha*, *Origanum*, *Thymus*, *Rosmarinus*, *Ocimum* et *Lavandula* (Simpson, 2006).

Le genre *Thymus* est l'un des 220 genres les plus diversifiés de la famille des *labiées*, Largement retrouvé dans le monde (tels que l'Europe, l'Afrique, l'Asie, le Groenland, le Canada, le Chili et la nouvelle Zélande, mais ce genre est principalement répandu dans la méditerranée (Morales, 2002).

Comme beaucoup de labiées elles sont connues pour leurs huiles essentielles aromatiques. L'espèce la plus connue est sans conteste *Thymus vulgaris* L (Amiot, 2005). Le nom "Thymus" dérive du mot grec « Thymos » qui signifie parfumer à cause de l'odeur agréable que la plante dégage (Pariente, 2001).

II.1.2. Origine et distribution de la plante

Thymus vulgaris L. est indigène de l'Europe du sud, on le rencontre depuis la moitié orientale de la péninsule ibérique jusqu'au Sud-Est de l'Italie, en passant par la façade méditerranéenne (Özcan et Chalchat, 2004 in Amiot, 2005).

Le *Thymus vulgaris* se présente toujours dans un état sauvage en plaines et collines, comme la lavande, le romarin, la sauge et beaucoup d'autres plantes sauvages (Kaloustian *et al.*, 2003). Cette plante spontanée pousse abondamment dans les lieux arides, caillouteux et ensoleillés des bords de la mer à la montagne (Poletti, 1988).

II.1.3. La description botanique de la plante étudiée (Zaatar El djebel)

C'est une plante herbacée, souvent velue. C'est un petit sous-arbrisseau vivace, touffu dont les rameaux sont très aromatiques, de 7 à 30 cm de hauteur qui ont un aspect grisâtre ou vert grisâtre avec des racines pivotantes (Assouad et Valdeyron, 1975). Elle a des tiges ligneuses, dressées ou ascendantes, non radicales, tortueuses, formant un petit buisson très serré ; rameaux tomenteux-blanchâtres tout autour. Ses feuilles sont très petites ; lancéolées-rhomboidales ou linéaires, obtuses, enroulées par les bords, non ciliées à la base, couvertes en dessous d'un tomentum dense et court. Et ses fleurs sont rosées ou blanchâtres, en têtes globuleuses ou en épis à verticilles inférieurs écartés ; calice velu, à tube un peu bossu en avant à la base (Baba Aissa, 2011). Alors que ses fruits : Le fruit sont des tétrakènes brun clair à brun foncé qui renferment à maturité 4 minuscules graines (1 mm) (Teuscher *et al.*, 2005 in Bruneton, 2009). L'odeur est thymoléé, la saveur est chaude, aromatique, légèrement amère (Delille, 2010).

La figure ci-dessous représente deux thyms A : Plante sèche , B: Plante verte



Figure 2 : *Thymus vulgaris* (Bengana, 2018).

II.1.4. Domaines d'utilisations

Cette plante est connue pour être utilisée dans l'assaisonnement des aliments et des boissons, elle est aussi considérée comme antiseptique, désinfectant dermique et un spasmolytique bronchique dont il est indiqué pour traiter les infections des voies respiratoires supérieures. Les principaux constituants du thym montrent des propriétés vermifuges et vermicides (Bazylo et Strzelecka, 2007). Aussi bien que des propriétés antivirales, antifongiques, antiinflammatoires, antibactériennes et également des propriétés anthelminthiques (Jimenez-Arellanes *et al.*, 2006 in Bouab et Bouchelil, 2018 ; Al-Bayati, 2008). De plus, le *Thymus vulgaris* possède des propriétés antioxydantes (Takeuchi *et al.*, 2004 in Golmakani et Rezaei, 2008) en raison de ces propriétés, le thym est utilisé comme un conservateur afin de prolonger la durée de conservation des poissons (Selmi et Sadok, 2008). la commission européenne de la Santé et les consommateurs approuvent l'usage de l'HE des feuilles de *Thymus vulgaris* en cosmétique comme agent antimicrobien, antioxydant et conservateur et celui de l'hydrolat pour l'entretien de la peau (Bonnafoos, 2013).

II.1.5. Classification botanique

Tableau 1 : Classification botanique de *Thymus vulgaris* L (Zeghib, 2013).

Règne	<i>Plantae</i>
Sous règne	<i>Tracheobionta</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Lamiales</i>
Famille	<i>Lamiaceae</i>
Genre	<i>Thymus</i>

Tableau 2 : Différentes appellations de l'espèce étudiée (Zeghib, 2013).

Noms vernaculaires de <i>Thymus</i>	
Latin	<i>Thymus vulgaris thymoliferum</i>
Arabe	زعترا الجبل
Anglais	<i>Common thym, Garden thyme, Winter thyme</i>
Français	Thym vulgaire, Thym des jardins, farigoule, Thym commun, Thym cultivé

II.2. Description du matériel fongique

II.2.1 Généralités sur les champignons phytopathogènes

Les champignons phytopathogènes sont des espèces de champignons parasites qui provoquent des maladies cryptogamiques, chez les plantes. Ces champignons appartiennent aux différents groupes du règne des Eumycètes ou « Champignons vrais » : ascomycètes, basidiomycètes, chytridiomycètes, zygomycètes et deutéromycètes (champignons imparfaits) (Deacon, 2005). Les champignons phytopathogènes provoquent plusieurs maladies, ils sont responsables d'environ 70 % des maladies des plantes cultivées (Deacon, 2005).

On estime entre dix mille et quinze mille espèces de champignons ou pseudo-champignons susceptibles d'infecter les plantes : Ils sont capables d'infecter n'importe quel tissu à

n'importe quel stade de croissance de la plante, en suivant un cycle biologique complexe qui peut comporter des stades de reproduction sexuée ou asexuée (Garrido, 2012). Ce qui induit des pertes de rendement pour de nombreuses cultures économiquement (Hamdani et Allem, 2015). (Contre une cinquantaine susceptible d'infecter l'homme) (Francisco *et al.*, 2014).

II.2.2. Les espèces fongiques sélectionnées

Les souches fongiques testées dans cette étude sont du genre *Fusarium* qui tire son nom du latin (fusus) car ses spores sont en forme de fuseau. La première et véritable description du genre *Fusarium* a été réalisée par Link en 1809, ce dernier a créé le genre pour des espèces présentant des spores cloisonnées, fusiformes, formées sur des stromas ; ses descriptions sont basées de l'observation d'un « *Fusarium roseum* », mais aujourd'hui l'espèce type est *F. sambucinum*. (Champion, 1997 in ALEM et AMROUCHE, 2016).

Les espèces du genre *Fusarium* produisent trois types de spores : macroconidies, microconidies et chlamydo-spores. Les macro conidies cloisonnées peuvent être produites sur les monophialides et polyphialides ou dans le mycélium aérien, mais aussi sur monophialides courtes dans des structures spécialisées appelées sporodochies (Moretti, 2009).

Les champignons du genre *Fusarium* sont capables de produire des métabolites secondaires toxiques, les mycotoxines, dont la présence augmente l'incidence de la maladie sur les productions agricoles. Les mycotoxines peuvent être toxiques pour l'homme et les animaux supérieurs, mais aussi cancérigènes, neurotoxiques (Sral auvergne, 2010).

Fusarium culmorum

Ce champignon ne présente aucune forme de reproduction sexuée (Caron, 2000) ou bien n'a pas encore été identifiée (Des jardins, 2006 in Kristensen *et al.* 2005). Les microconidies sont absentes, mais les macroconidies sont abondantes (Wiese, 1987). Elles sont hyalines, épaisses (paroi épaisse) et faiblement arquées. Elles possèdent généralement 3 à 5 cloisons distinctes et mesurent 30-60 x 4-7 µm. La cellule apicale est courte et pointue (en forme de bec) par contre la cellule basale est souvent arrondie (Zillinsky, 1983).

Les chlamydo-spores sont abondantes, lisses ou rugueuses, globuleuses, terminales ou Intercalaires, en chaînes, en paires ou isolées, formées sur l'hyphe ou sur les macroconidies (Zillinsky, 1983 in Leslie et Summerell, 2006). Ce champignon peut se conserver dans le sol Sous forme de chlamydo-spores (Rapilly *et al.* 1971).

Le mycélium est généralement blanc mais souvent jaune à brun ou orange à brun rouge. Les sporodochies apparaissent au fur et à mesure que la culture vieillit (Wagacha et Muthomi, 2007).

Fusarium graminearum

F. graminearum est classé au quatrième rang mondial des champignons phytopathogène majeurs (Dean *et al.*, 2012 *in* ballois, 2012). Ce champignon peut se trouver sous les deux formes de reproduction : sexué ou téléomorphe dont le représentant est *Gibberella zeae* (Schwein.) Petch. Cette forme se manifeste par la formation de périthèces et la production d'ascospores.

Le mode asexué ou anamorphe se manifeste par la production de conidies et de chlamydospores, produit uniquement des macroconidies pluricellulaires en forme de croissant, les microconidies étant absentes (Leslie et Summerell, 2005 *in* Merhej, 2010).

Fusarium graminearum est la seule espèce de *Fusarium* qui est homothallique. ; Le thalle est rose, grisâtre ou rouge à pourpre devenant brun vineux, floconneux les macroconidies sont fusiformes, courbes, septées, à cellule terminale, longue et pointue (Botton *et al.*, 1985 *in* Bey et Sonne, 2018).

Les tableaux 3 et 4 ci-dessous représentent la classification, codes et origines des souches fongiques étudiées :

Tableau 3: Classification de *Fusarium culmorum* et *Fusarium graminearum* (Goswami et Kistler, 2004 ; Scherm *et al.*, 2013).

Règne	Champignons
Embranchement	<i>Ascomycota</i>
Classe	<i>Sordariomycetidae</i>
Ordre	<i>Hypocreales</i>
Famille	<i>Nectriaceae</i>
Genre	<i>Fusarium</i>
Espèce	<i>Fusarium culmorum</i> <i>Fusarium graminearum</i> <i>Gibberella zeae</i>

Tableau 4 : Codes et origines des souches fongiques étudiées.

Espèce	Code	Origine
<i>F. graminearum</i>	91	Mycothèque TOUATI-HATTAB Sihem
<i>F. culmorum</i>	BTCR	MycSA INRA bordeaux France

II.3. Méthodes expérimentales

II.3.1. Procédé d'extraction des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles de notre plante a été effectuée par hydrodistillation à l'aide d'un appareil du type Clevenger. L'hydro distillation est la méthode la plus utilisée pour l'obtention des composés aromatiques du fait qu'elle produit des substances volatiles et exigeant une technologie relativement simple, donc un coût plus bas ainsi qu'une reproductibilité facilement contrôlable (Benjilali, 2004).

L'opération dure trois heures, elle consiste à introduire 100 g de masse végétale séchée dans un ballon en verre, et ajouter 1L d'eau distillée. Le mélange est porté à ébullition à l'aide d'un chauffe ballon. Les vapeurs hétérogènes sont condensées, refroidies, sur une surface froide, puis décantées. Par la suite, l'huile essentielle est séparée par différence de densité(Figure6) (Bruneton, 2009 ; Verdan, 2002).

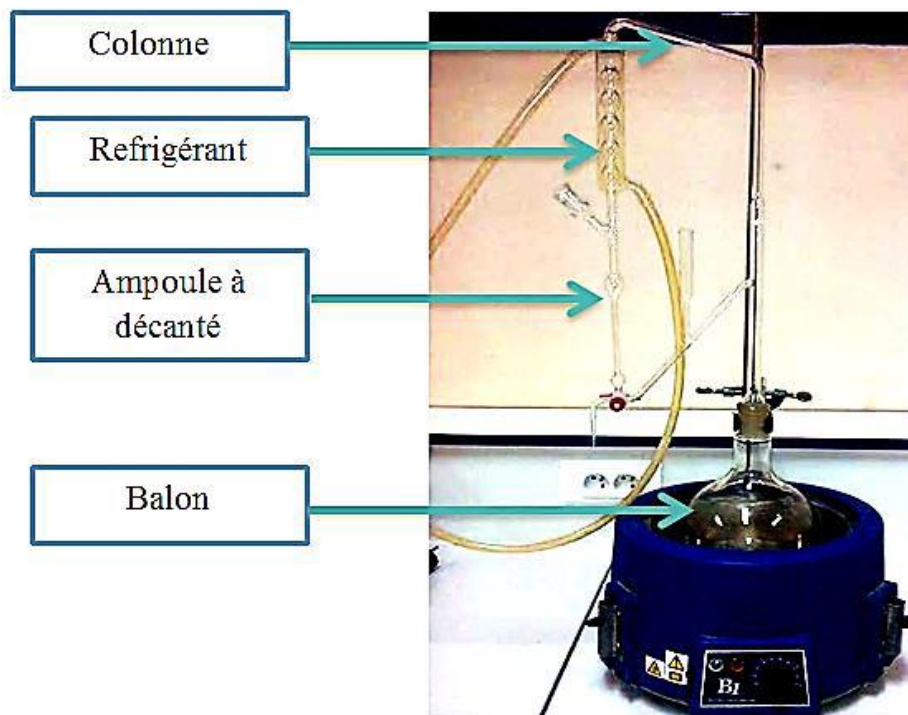


Figure 3 : Appareil de l'hydrodistillation de type Clevenger (Bengana, 2018).

II.3.2. Les conditions opératoires de la CPG

Les analyses chromatographiques des composés volatils ont été effectuées, au Laboratoire de recherche des Sciences Fondamentales à l'université de Laghouat, à l'aide d'un appareil de la chromatographie en phase gazeuse de type GC-5400 équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (FID) et une colonne capillaire en silice fondue de type DB-5 (30 m × 0,32 mm, épaisseur du film de 0,10 µm).

Le gaz vecteur utilisé est l'hydrogène avec un débit de 1 ml/min. La température de la colonne est programmée à raison d'une montée de 5°C/min de 50°C à 250°C. Elle a été fixée de 250°C à 280°C respectivement. Les solutions des HEs sont préparées, en dissolvant 10µl de chaque HE dans 1 ml du solvant organique pentane.

Les indices de rétention linéaire des constituants sont calculés par rapport à une série d'alcane (C8 à C20) analysée dans les mêmes conditions opératoires que celles des échantillons.

II.3.3. Identification des composés

L'identification des constituants des huiles essentielles a été réalisée sur la base de la comparaison de leurs indices de rétention, calculés par rapport à une série d'alcane (C8-C20) en appliquant la relation suivante :

$$IRL = 100n + 100 \times \left(\frac{Trx - Trn1}{Trx2 - Trn1} \right) \quad (\text{Babushok } et al., 2011).$$

n : Nombre de carbones d'alcane.

Trx : Temps de rétention de constituant d'huile essentielle.

Trn1 : Temps de rétention de l'alcane lui-même.

Trx2 : Temps de rétention de l'alcane suivant.

II.4. Evaluation de l'activité antifongique

Nous avons utilisé la méthode de contact direct qui évalue le pouvoir antifongique des huiles essentielles pour déterminer le pouvoir inhibiteur des huiles essentielles contre les champignons phytopathogènes (Hamrouni *et al.*, 2014 ; Messgo-Moumene *et al.*, 2015).

II.4.1. La pré culture des souches fongiques

Afin d'ensemencer les milieux de culture solides, nous avons mis en place deux implants de chaque souche fongique BTCR et 91 à partir d'une culture pure préalablement préparée dans des boîtes de Pétri, qui contiennent des milieux PDA (Potato dextrose agar); l'incubation a été effectuée à 25°C dans l'obscurité pendant 7 jours de façon à ce que la croissance mycélienne atteigne les bords des boîtes de Pétri (Figure7).

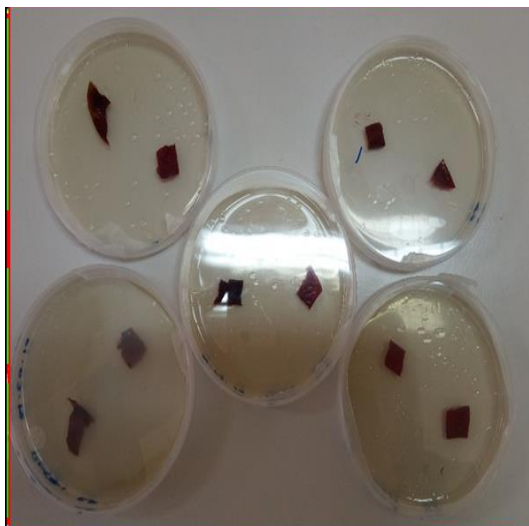
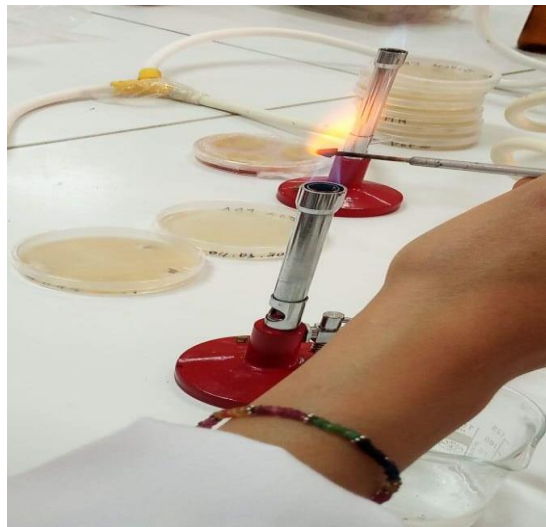
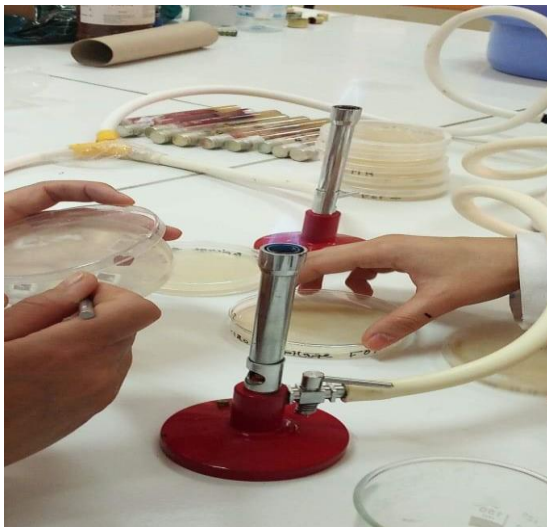


Figure 4 : Repiquage des souches fongiques.

II.4.2. Evaluation de la croissance de deux souches

A partir des deux souches pures *F. graminearum* (91) et *F. culmorum* (BTCR), la cinétique de la croissance a été évaluée en mesurant les diamètres durant 6 jours à la même heure. Les boîtes de pétri dont les concentrations ayant montré une absence totale de la croissance ont été sélectionnées pour déterminer les concentrations minimales inhibitrices et les concentrations fongicides.

II.4.3. Détermination de l'activité antifongique par la méthode de contact direct

- **Principe de la méthode**

Une mise en émulsion de l'huile essentielle a été préalablement réalisée ; en utilisant une solution d'agar à 0,2 % à cause de la non miscibilité à l'eau et donc aux milieux de culture (Remmal *et al.*, 1993 in Satrani *et al.*, 2007). Cette pratique permet d'obtenir dans le milieu une répartition homogène des composés et augmenter au maximum le contact entre le germe et les composés.

- **Le mode opératoire**

Dans des tubes à essai contenant chacun 13,5 ml du milieu solide PDA gélosé, stérilisés à l'autoclave pendant 20 min à 121 °C et refroidis à 45 °C. nous avons ajouté 1,5 ml de chacune des dilutions de façon à obtenir les concentrations finales de 0,25, 0,5, 1, 2 et 4, 10 µl/ml. Par la suite les tubes ont été agités à l'aide d'un vortex afin de bien disperser l'huile essentielle dans le milieu de culture avant de le verser dans les boîtes de Pétri. Des témoins, contenant le milieu de culture et la solution d'agar à 0,2 % seule, sont également préparés. Le mélange de 15 ml (PDA + HE + agar) est coulé dans des boîtes pétris (diamètre 85 mm), après le refroidissement et la solidification de ce mélange, Des disques mycéliens d'une culture de 7 jours de *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum* de 5 mm de diamètre ont été mis au centre de chaque boîte, à raison d'un disque par boîte, puis les boîtes sont incubées à une température de 25 °C. Les témoins ont été réalisés dans les mêmes conditions sans huiles essentielles, et ont été inoculés en suivant le même procédé.

Nous avons déterminé l'action antifongique en comparant la croissance après le traitement avec celle du témoin, en utilisant la relation suivante :

$$I (\%) = \frac{(DK - D0)}{Dk} \times 100 \quad (\text{Chang } et \text{ al., 1999 in Cheng } et \text{ al., 2008}).$$

Dk : diamètre de la colonie mycélienne témoin, en centimètre.

D0 : diamètre de la colonie mycélienne dans l'expérience.

I : taux d'inhibition de la croissance du mycélium (en %).

II.5. Analyse statistique

Dans ce travail, le logiciel Microsoft office 2010 (EXCEL STAT), a été utilisé pour calculer les pourcentages d'inhibitions et pour tracer les courbes et les histogrammes nécessaires.

Toutes les expériences ont été répétées trois fois. Pour chaque résultat, nous avons calculé la moyenne et l'écart type qui ne doit pas dépasser 5% de celle de la moyenne.

Résultats et discussions

III. Résultats et discussions

III.1. La teneur en huile essentielle

La teneur en huile essentielle exprimée en pourcentage a été calculée à partir du poids de l'huile essentielle par rapport à la biomasse 100g de la partie aérienne pour l'espèce *Thymus vulgaris* utilisée pour l'extraction.

Les résultats des étudiantes (Djaber et al., 2019) (Abdi et moulai, 2018). (Bengana, 2018).. sont regroupés dans le tableau 5 ci-dessous qui rapporte les différentes teneurs de *thymus vulgaris*.

Tableau 5: La teneur en huile essentielle.

Espèce <i>Thymus vulgaris</i>	Durée d'extraction (h)	Teneur% (m/m)	Teneur (ml/kg)	Région de récolte
1	3	2,5	25	Aflou, Laghouat (2019)
2	3	2,38	25.7	Aflou, Laghouat (Juin 2017)
3	3	1,61	17	Aflou, Laghouat (2018)

Les valeurs de rendements résumés dans le tableau 5 présentent une légère différence entre elles à savoir 2,1% (25 ml/kg), 2,38% (25.7ml /mg) et 1,61% (17ml/mg). Les teneurs en huiles essentielles varient entre les échantillons, même si elles proviennent d'une même famille, même espèce et avec les mêmes conditions d'extraction.

(Benabed, 2011). a obtenu une teneur proche de ces résultats 1,34 % pour un échantillon de *Thymus vulgaris* d'Aflou.

La moyenne des trois teneurs est proche à celui obtenu par (Cheurfa *et al.*, 2013) qui est de (2 %) pour la région Madjaja de Chlef, en Algérie. Et un taux plus faible de (1,58 %) a été enregistré dans la région de Blida au Sud-Ouest d'Alger par (Bouguerra, 2019).

Le rendement de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* est relativement supérieur à celui trouvé par (ElAkha *et al.*, 2014) qui est égale à 1% au Maroc. Par contre, (Choumboungang *et al.*, 2009). Ont déterminé une teneur de 0,95 % assez inférieure pour l'échantillon de la région du Cameroun.

Ces différences observées au niveau des rendements pourraient être attribués aux facteurs intrinsèques génétiques de l'espèce végétale, et aussi extrinsèques : la zone, la période, la méthode de récolte, la nature du sol, le climat et le stade de développement de la plante (Degnon *et al.*, 2016).

III.2. La composition chimique en huile essentielles

La composition chimique de notre HE a été déterminée à l'aide d'une chromatographie en phase gazeuse (CPG).

Tableau 6 : La composition chimique de l'huile essentielle analysée par CPG

N°	Les composés	Air de pics T. Vulgaris	IRL
1	Non identifié	-	924.89
2	α -Pinène	2,48	930
3	comphéne	0.17	941
4	Sabinène	0.19	974
5	β -Myrcène	-	990
6	Ethyl hexanoate	1,583	996
7	α -phellandrène	0.17	1003
8	Non identifié	-	1008.751
9	α -Terpinène	1.24	1015
10	P-Cymène	6.73	1023
11	Trans- β –Ocimène	0.041	1045
12	γ -terpinène	9.102	1056
13	Cis-Sabinène hydrate	0.052	1068
14	Terpinoléne	0.06	1089
15	Cis-Thuyone	3.16	1106
16	Bornéol	-	1163
17	Terpinèn-4-ol	0.33	1173
18	Carvone	0.90	1241
19	Non identifié	-	1265.07
20	2-Hydroxypipéritone	5.849	1310

21	Carvacrol	63,42	1324.03
22	Non identifié	-	1396.80
23	Non identifié	-	1404.977
24	Non identifié	-	1419.151
25	Non identifié	-	1445.084
26	Non identifié	-	1480.403
27	Non identifié	-	1501.896
28	Non identifié	-	1514.124
29	Oxyde de Caryophyllène	0.33	1565
Total		95.81	

Dix-sept composés ont été identifiés pour L'huile essentielle *Thymus vulgaris*, représentant 95,81 % de l'ensemble de cette HE, Les composés majoritaires sont : le Carvacrol (63,42%), suivi par l' γ -Terpinène, le P-Cymène, le 2-Hydroxypipéritone et le Cis-Thuyone avec des pourcentages respectivement de 9,10%, 6,73%, 5,84% et 3,16% . D'autres constituants présents en quantités moins importantes ont été identifiés, comme le α -Pinène (2,48 %), l' α -Terpinène (1,14 %), le Carvone (0,9 %) et le Terpinèn-4-ol (0,33 %).

(Thompson *et al.*, 2003) et (Hudaib *et al.*, 2002), Ont étudié la composition des huiles essentielles de plusieurs chémotypes. Et ont trouvé que ceux du Thymol et Carvacrol contiennent des pourcentages élevés en γ -Terpinène et P-Cymène. Bien que le Carvacrol et le Thymol aient le même précurseur γ -Terpinène, nous avons révélé un manque de Thymol, parmi les raisons qui peut expliquer ce manque est que le cycle végétatif n'est pas fini, La preuve est la teneur élevée du γ -terpinène 9,102%.

En comparant nos résultats avec ceux de (Abdi et Moulai, 2018), (Bengana, 2018), Une similarité des composés majoritaires a été observée avec une légère différence du nombre des composés identifiés sachant que l'analyse chromatographique était faite dans les mêmes conditions opératoires.

Ainsi,nous pouvons dire alors que la composition chimique de notre extrait *Thymus vulgaris* est très stable durant les trois dernières années.

(Giordani *et al.*, 2008). Ont étudié la composition chimique des huiles essentielles des échantillons de *Thymus vulgaris* de la région de Souk Aharas , le composé majoritaire était le Thymol (25,57%) et le P-Cymène (26,36%), ce dernier est présent dans notre huile avec un pourcentage de (6,73%).

L'analyse de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* de (Taforalt) l'est du Maroc, qui a été étudiée par (Imelouane *et al.*, 2009). Était marquée par la présence du Camphre (39,39%), le Camphène (17,57%), l' α -Pinène (9,55%), le 1,8-Cinéole (5,57%), le Bornéol (5,03%) et le β -Pinène (4,32%).

Une autre étude effectuée par (Kaloustian *et al.*, 2008). Dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (France) sur l'huile essentielle de *Thymus Vulgaris* a permis d'identifier le p-Clyméne (10,6%), le γ -Terpinène (13,5%) et le Carvacrol (73,7%) comme composés majoritaires.

Cette différence en composition peut être due à plusieurs facteurs : l'origine géographique de la plante, à la technique d'extraction, au moment de la récolte, aux facteurs climatiques et aux facteurs génétiques (Figueiredo *et al.*, 2008).

III.3. L'évaluation de l'activité antifongique

Le pouvoir antifongique de l'HE a été évalué par la méthode de contact direct qui est utilisée pour déterminer l'activité et l'efficacité de notre extrait en évaluant les taux d'inhibition mycélienne.

III.3.1. La cinétique de croissance des souches étudiées

La cinétique de la croissance fongique des souches sélectionnées en présence de différentes concentrations d'HE a montré des sensibilités variables. Les résultats des témoins ont montré que la croissance mycélienne augmente avec le temps d'incubation. Cependant, en général, le diamètre des mycéliums diminue considérablement avec l'augmentation de la concentration des huiles essentielles.

Le suivi quotidien de la croissance mycélienne des deux souches traitées avec extrait d'HE de *Thymus vulgaris*, nous a permis d'établir les courbes de la cinétique fongique. Les résultats obtenus sont présentés dans la figure ci-dessous.

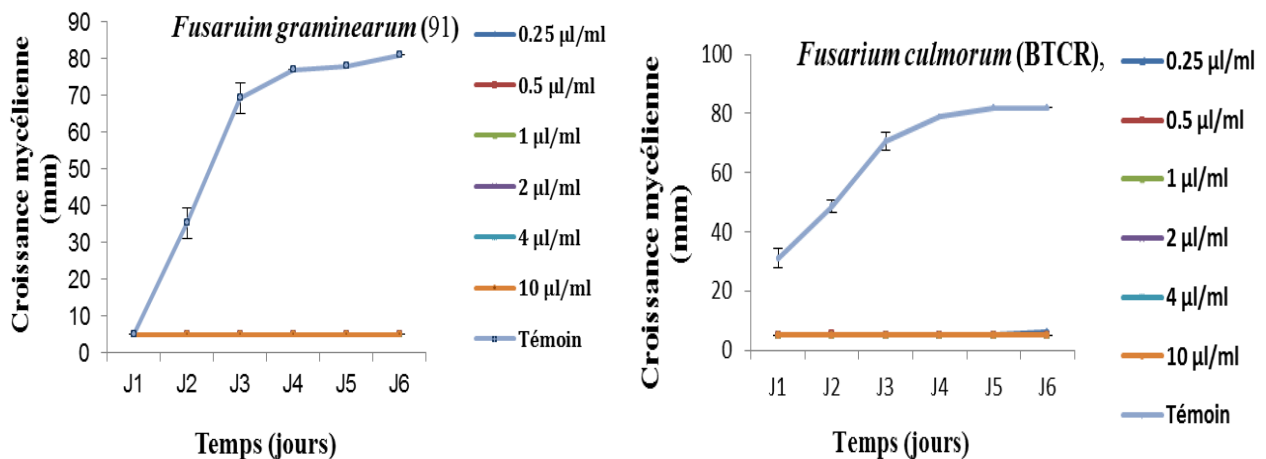


Figure 5: La cinétique de la croissance mycélienne des deux souches fongiques, en présence de différentes concentrations de l'extrait de *Thymus vulgaris*

La figure 5 qui représente la cinétique de croissance mycélienne de *F. graminearum* et *F. culmorum* en fonction du temps et en présence de différentes concentrations d'huile essentielle de *Thymus vulgaris*, montre que les diamètres de croissance mycélienne de *Fusarium graminearum* (91) sont nuls à toutes les concentrations de (0,25 à 10 µl/ml.).

Alors qu'avec *Fusarium culmorum* (BTCR), aucune croissance mycélienne n'a été observée à l'exception de la concentration 0.25 µl/ml où la croissance mycélienne a commencé au bout de six (6) jours d'incubation.

Donc, *Fusarium culmorum* s'est montré relativement moins sensible que *Fusarium graminearum* vu sa croissance mycélienne à la concentration 0.25µl/ml.

L'huile essentielle de *Thymus vulgaris* a une forte activité antifongique vis-à-vis les deux souches.

(Abdi et Moulai, 2018). Ont utilisé les mêmes souches, leurs résultats montre des diamètres de croissance mycélienne nuls à toutes les concentrations de 0,25 à 4µl/ml avec *Fusarium graminearum* . Par contre chez *Fusarium culmorum* . les diamètres de croissance mycélienne nuls ont commencé à partir de 1µl/ml.

Par ailleurs, (Djaber *et al.*, 2019). Ont travaillé avec d'autres souches fongiques du genre *Fusarium* : *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* et *Fusarium oxysporum* f.sp. *lisi*. Leurs résultats ont montré des diamètres de croissance mycélienne nuls à toutes les concentrations de 0,25 à 4 µl/ml. Donc les trois souches étudiées sont très sensibles à cette Huile essentielle.

Nous constatons que cette huile essentielle *Thymus vulgaris* possède une forte activité antifongique. La propriété de l'activité antifongique de l'Huile essentielle de *Thymus vulgaris* est stable dans le temps, cette stabilité est peut être due à la bonne conservation, sachant qu'il est bien connu que les huiles essentielles sont des extraits très stables par rapport aux autres métabolites secondaires.

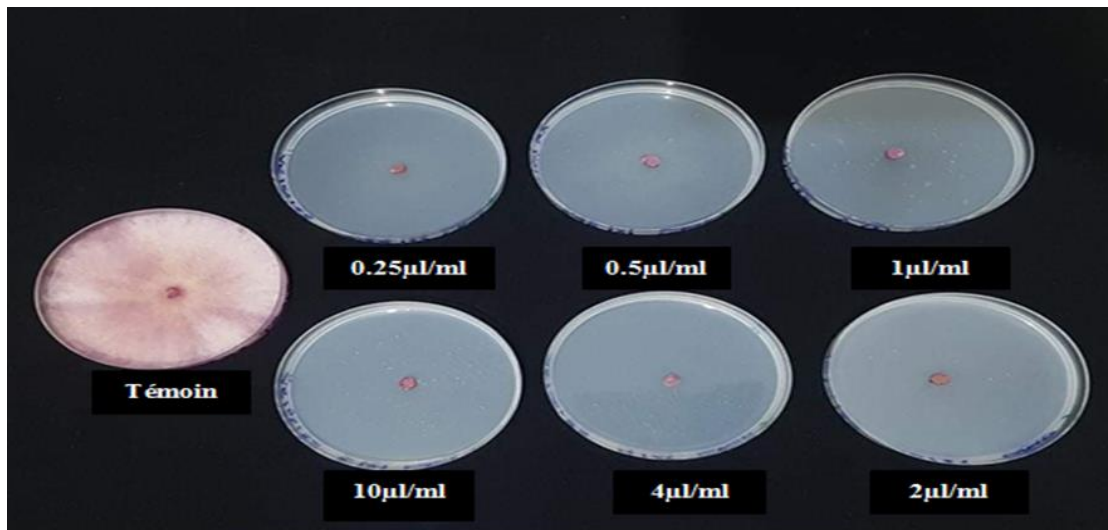


Figure 6: L'effet de l'HE de *T. vulgaris* sur la croissance mycélienne de *F. graminearum* en présence de différentes concentrations après 6 jours d'incubation

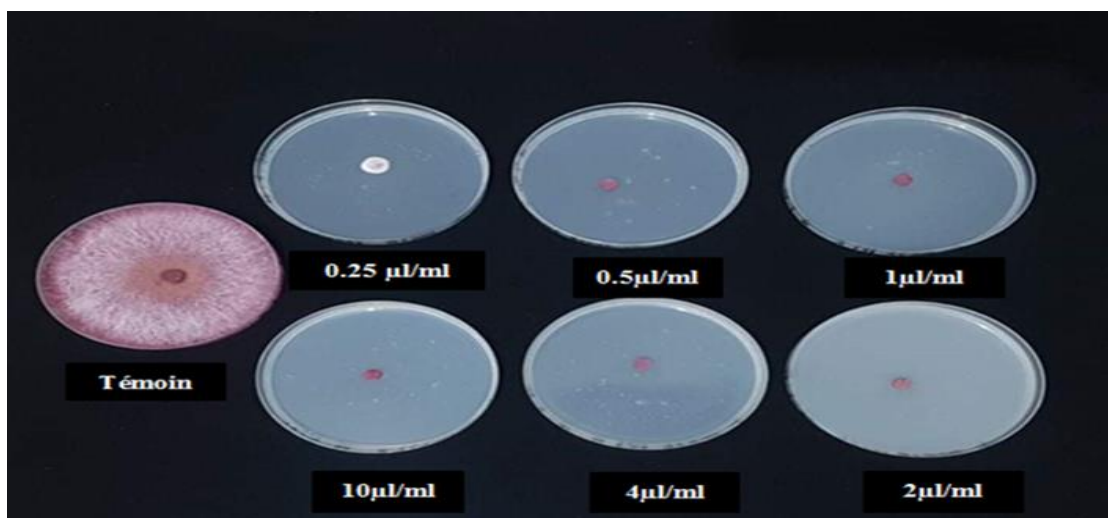


Figure 7: L'effet de l'HE de *T.vulgaris* sur la croissance mycélienne de *F. culmorum* en présence de différentes concentrations après 6 jours d'incubation.

III.3.2 Le taux d'inhibition

La Figure 8 représente les taux d'inhibition mycélienne des souches fongiques sélectionnées en présence de différentes concentrations l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* testées au sixième jour d'incubation.

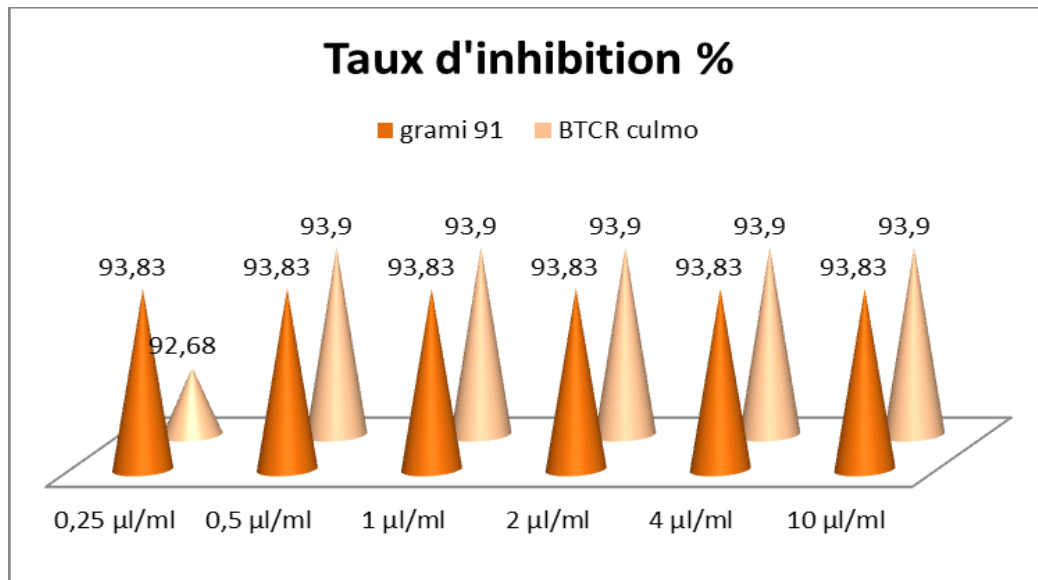


Figure 8: Taux d'inhibition des deux souches en présence de différentes concentrations d'huiles essentielles de *Thymus vulgaris*.

Les résultats des taux d'inhibition mycélienne des deux souches fongiques testées, en présence de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* ont révélé un pourcentage d'inhibition important pour toutes les concentrations de 0,25 µl/ml à 10 µl/ml. Un pourcentage d'inhibition très fort de (93,83 %) pour toutes les concentrations de 0.25 µl/ml jusqu'à 10µl/ml a été enregistré contre *Fusarium graminearum* (91)

La deuxième souche *Fusarium Culmorum* (BTCR). a révélé un pourcentage d'inhibition moins important de (92.86 %) pour la plus faible concentration 0.25 µl/ml, par rapport aux autres concentrations qui ont un taux similaire de (93.90%).

En comparant nos résultats avec d'autres études, (Abdi et Moulai, 2019 ; Djaber *et al.*, 2019) qui ont étudié d'autres souches du genre *Fusarium*, nous avons remarqué que la croissance du mycélium diminue avec l'augmentation de la concentration en HE de *Thymus vulgaris*, les résultats obtenus avec les différentes concentrations de l'extrait ont révélé que l'activité inhibitrice croit au fur et à mesure avec l'augmentation de la concentration.

Notre expérience montre que l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* a des activités antifongiques importantes et très prometteuse vis-à-vis des espèces de *Fusarium graminearum* et *Fusarium culmorum*.

Conclusion

Conclusion

L'Algérie grâce à sa situation géographique, son climat et son immensité territoriale présente une richesse spécifique végétale et animale très intéressante.

Ce travail s'intègre dans le cadre de la mise en valeur des ressources végétales. Il constitue une contribution à l'étude de l'huile essentielle du *Thymus vulgaris*. Nous avons déterminé sa composition chimique et évalué son pouvoir antifongique vis-à-vis de deux espèces de champignons phytopathogènes du genre *Fusarium*.

L'analyse chimique par Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG). Nous a permis d'identifier dix-sept des constituants de cette huile. Le composé majoritaire caractérisant l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* est le Carvacrol (63.42%), Une similitude pour la plupart des composés identifié a été enregistrée entre nos résultats et ceux trouvés les trois dernières années.

La méthode de contact direct nous a permis de mettre en évidence le pouvoir antifongique de l'extrait vis-à-vis des souches testées. En effet, l'activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus vulgaris* s'est avérée très efficace sur les deux souches (*Fusarium graminearum* et *Fusarium culmorum* pour les concentrations d'huile essentielle.

L'ensemble des résultats montre que l'huile a un effet inhibiteur prometteur contre les champignons (*Fusarium graminearum* et *Fusarium culmorum*). En effet, la sensibilité des souches fongiques à l'huile essentielle suggère leur possible utilisation en agroalimentaire comme alternative naturelle aux agents fongicides synthétiques dont le spectre d'action est en réduction continu.

Les résultats d'analyse chromatographique et le test du pouvoir antifongique confirment que notre extrait de *Thymus vulgaris* est stable dans le temps.

Au terme de notre étude, les résultats préliminaires nous encouragent à passer à des étapes plus approfondies :

- ❖ mener une grande étude comparative plus étendue de la famille *lamiacée*, et élargir le nombre de la plante étudiée et les stations de collecte.
- ❖ Orienter les recherches scientifiques vers la réalisation des études complémentaires de l'activité anti fongique de l'huile essentielle étudiée.
- ❖ Appliquer cette huile essentielle en tant que biofongicide afin de réduire la dépendance aux fongicides synthétiques et de garantir la sécurité et la qualité des aliments.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

Abdi, kh.,Moulai, H .(2018). Evaluation du pouvoir antifongique et études de la composition chimique de quatre huiles essentielles de plantes locales. Mémoire de master.Université Amar telidji Laghouat .

AFNOR Association Française de Normalisation,(2000). Recueil des normes françaises “huiles essentielles”. Monographies relatives aux huiles essentielles, Paris

AfNOR. (2000). Huiles essentielles.Echantillonnage et Méthodes d'Analyse (Tome 1)– Monographies Relatives aux Huiles Essentielles (Tome 2).

Al-Bayati, F. A. (2008). Synergistic antibacterial activity between *Thymus vulgaris* and *Pimpinella anisum* essential oils and methanol extracts. *Journal of ethnopharmacology*, 116(3), 403-406.

ALEM, K. AMROUCHE, D. (2016). Etude de l'activité antifongique de l'extrait aqueux des pépins du pomélo *Citrus paradisi* (Rutaceae) vis-à-vis du *Fusarium tricinctum* du blé dur selon les modes in vitro et in vivo. Thèse de master Université M'Hamed Bougera de Boumerdes .

Amiot, J. (2005). *Thymus vulgaris*, un cas de polymorphisme chimique pour comprendre l'écologie évolutive des composés secondaires (Doctoral dissertation, École nationale supérieure agronomique (Montpellier).

Assouad, W., & Valdeyron, G. (1975). Remarques sur la biologie du thym *Thymus vulgaris* L. *Bulletin de la Société botanique de France*, 122(1-2), 21-34.

Baba Aissa F, (2011). Encyclopédie des plantes utiles, Flore Méditerranéenne (Magreb et Europe méridionale), substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. Editions el Maarifa, p.358.

Babushok, V. I., Linstrom, P. J., & Zenkevich, I. G. (2011). Retention indices for frequently reported compounds of plant essential oils. *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, 40(4), 043101.

Ballois, N. (2012). Caractérisation de la diversité des espèces de *Fusarium* et de leur potentiel mycotoxinogène sur céréales françaises. Master Fage Biologie et Ecologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement. Spécialité. BIPE. 36p.

Bazylko, A. G. N. I. E. S. Z. K. A., & Strzelecka, H. A. L. I. N. A. (2007). A HPTLC densitometric determination of luteolin in *Thymus vulgaris* and its extracts. *Fitoterapia*, 78(6), 391-395.

Bekhechi et Abd-Elouahid, D. (2010). les huiles essentielles. (pp. 14-16). Ben-Aknoun-ALGER: office des publication universitaire.

Bekhechi, Ch., Abdelouahab, D. (2014). Les huiles essentielles.Ed, Alger : Office des publications universitaires,2014.55P.

Belmehel, N . (2019). Effet des traitements pesticides sur les composé s phénoliques de la pomme de terre cultivée (*salanum tuberosum var sylvana*) .université abdel hamid ibn badis mostaganm . thèse de master, p 6-13

Bencheikh , S. E., & Ladjel, S. (2017). Etude de l'activité des huiles essentielles de la plante *Teucrium polium ssp Eurasianum Labiatae* (Doctoral dissertation).

Bengana, kh .(2018). Etude de l'activité antioxydante et de la composition chimique chimique des huiles essentielles de quelques plantes de la famille des lamiacées . Mémoire de master .Université Amar telidji Laghouat .

Benjilali, B. (2004). Extraction des plantes aromatiques et médicinales cas particulier de l'entraînement à la vapeur d'eau et ses équipements. Manuel pratique. Huiles essentielles: de la plante à la commercialisation,17-59.

Besombes, C. (2008). Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydro-thermo-mécanique d'herbes aromatiques: applications généralisées (Doctoral dissertation).

Bey, D., Sonne, Y .(2018). Composition chimique, activités antioxydant et antifongique des huiles essentielles de deux espèces végétales du genre *Artemisia* A. herba alba et A. campestris .Mémoire de master.Université Amar telidji Laghouat.

Bonnafous, C. (2013). Traité scientifique aromathérapie: aromatologie & aromachologie. Éditions Dangles.

Bouab, A .,Bouchelil, A . (2018). Etude de l'activité antimicrobienne de l'extrait des feuilles de Thym (*Thymus vulgaris* L.) sur le méristème radiculaire de l'oignon (*Allium cepa* L.).Mémoire de master. Université Abdel Hamid Ibn Badis Mostaganem.

Bruneton, J. (2009). Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes Médicinales. Techniques et Documentation, 4e édition, Lavoisier, Paris. 279-281.

Caron, D. (2000). Fusarioses des épis. Sait-on prévoir leur développement. Perspectives Agricoles, 253, 56-62.

Cheng, S., Liu, J . Y., Chang, E . H., & Chang, S . T. (2008). Antifungal activity of cinnamaldehyde and eugenol congeners against wood-rot fungi. Bioresource technology, 99(11), 5145-5149.

Couplan, F. (2000). Dictionnaire étymologique de botanique: comprendre facilement tous les noms scientifiques. Delachaux et Niestlé.

Cox, S. D., Mann, C. M., Markham, J. L., Bell, H. C., Gustafson, J. E., Warmington, J. R., & Wyllie, S. G. (2000). The mode of antimicrobial action of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). Journal of applied microbiology, 88(1), 170-175.

D MCA, E. M. A. S.(2018). U. Effet des extraits de *Thymus vulgaris* chez *Escherichia coli* Responsable des infections uro-génitales.

Delille, L. (2010). Les plantes médicinales d'Algérie. Editions el Maarifa. 2ème Edition. P.226

Des jardins, A. E. (2006). Fusarium mycotoxins: chemistry, genetics, and biology. American Phytopathological Society (APS Press).

El-Houiti, F. (2010). Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles de *Rhanterium adpressum*. Mémoire de Magister, Université Amar Telidji. Département de Biologie

Federico, T., et Victoir, M. (2013). Huiles essentielles. L'encyclopédie. (pp. 70-72). France.

Fellah, S., Romdhane, M., & Abderraba, M. (2006). Extraction et étude des huiles essentielles de la *Salvia officinalis*. 1 cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie. Journal-Societe Algerienne De Chimie, 16(2), 193.

Ferhat, M. A., Meklati, B. Y., & Chemat, F. (2007). Comparison of different isolation methods of essential oil from Citrus fruits: cold pressing, hydrodistillation and microwave 'dry' distillation. Flavour and Fragrance Journal, 22(6), 494-504.

Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Pedro, L. G., Salgueiro, L., Miguel, M. G., & Faleiro, M. L. (2008). Portuguese Thymbra and Thymus species volatiles: chemical composition and biological activities. *Current Pharmaceutical Design*, 14(29), 3120-3140.

FRANCHOMME, P., et PENOEL, D. (1990). Matière médicinale aromatique fondamentale (317-406), livre quatrième, l'aromathérapie exactement, encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles .R.Jollois Edit, limoge, p 446.

GARY, A. K. I., SCHLUETTER, J.-U., & BRUMFIELD, H. (2004). Click based trading with intuitive grid display of market depth. Google Patents

Giordani, R., Hadeif, Y., et Kaloustian, J. 2008. Compositions and antifungal activities of essential oils of some Algerian aromatic plants. *Fitoterapia*, 79(3) : 199-203.

Goetz, P., & Ghedira, K. (2012). Thymus vulgaris L.(Lamiaceae): Thym. In *Phytothérapie anti-infectieuse* (pp. 357-365). Springer, Paris.7-365.

Golmakani, M. T., & Rezaei, K. (2008). Comparison of microwave-assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation method in the extraction of essential oils from Thymus vulgaris L. *Food chemistry*, 109(4), 925-930.

Goswami, R. S., & Kistler, H. C. (2004). Heading for disaster : Fusarium graminearum on cereal crops. *Molecular plant pathology*, 5(6), 515-525.

Gutleb, A. C., Morrison, E., & Murk, A. J. (2002). Cytotoxicity assays for mycotoxins produced by Fusarium strains: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 11(3-4), 309-320.

Haddad, M., Herent, M. F., Tilquin, B., & Quetin-Leclercq, J. (2007). Effect of gamma and e-beam radiation on the essential oils of Thymus vulgaris thymoliferum, Eucalyptus radiata, and Lavandula angustifolia. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(15), 6082-6086.

Harley , R.M., Atkins , S., Budantsev , A., Cantino P.H., Conn ,B., Grayer , R., Harley M.M., Kok R., Krestovskaja , T., Morales A., Paton , A.J., Ryding , O., Upson T, ,labiatae. In : Kadereit, J.W. (2004), The families and genera of vascular plants (Kubitzki, K : ed). Volume 7, p 167-275

- Hmiri, S., Rahouti, M., Habib, Z., Satrani, B., Ghanmi, M., & El Ajjouri, M. (2011).** Évaluation du potentiel antifongique des huiles essentielles de *Mentha pulegium* et d'*Eucalyptus Camaldulensis* dans la lutte biologique contre les champignons responsables de la détérioration des pommes en conservation. *Bulletin de la société royale des sciences de liège*.
- Hudaib, M., Speroni, E., Di Pietra, A. M., & Cavrini, V. (2002).** GC/MS evaluation of thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil composition and variations during the vegetative cycle. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 29(4), 691-700.
- Imelouane, B., Amhamdi, H., Wathelet, J. P., Ankit, M., Khedid, K., & El Bachiri, A. (2009).** Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of thyme (*Thymus vulgaris*) from Eastern Morocco. *Int. J. Agric. Biol*, 11(2), 205-208.
- Imène, L. A. I. B. (2012).** Etude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis*: application aux moisissures des légumes secs. *Nature & Technology*, (7), 44.
- Jiménez-Arellanes, A., Martínez, R., García, R., León-Díaz, R., Luna-Herrera, J., Molina-Salinas, G., & Said-Fernández, S. (2006).** *Thymus vulgaris* as a potential source of antituberculous compounds. *Pharmacologyonline*, 3, 569-574.
- Kaloustian, J., El-Moselhy, T. F., & Portugal, H. (2003).** Chemical and thermal analysis of the biopolymers in thyme (*Thymus vulgaris*). *Thermochimica Acta*, 401(2), 77-86.
- Kaloustian, J., et Hadji-Minaglou, F. (2012).** La connaissance des huiles essentielles : Qualitologie et aromathérapie. Springer. France, Paris, p. 12.
- Kaloustian, J., J. Chevalier, et al. (2008).** "Étude de six huiles essentielles: composition chimique et activité antibactérienne." *Phytothérapie* 6(3): 160-164.
- Kanoun, K., Abbouni, B., Bénine, M. L., Benmahdi, F. Z., & Marouf, B. (2014).** Etude de l'efficacité de l'extrait éthanolique d'écorce de *punica granatum* de *punica granatum* linn sur deux souches phytopathogènes; *ascocyhta rabiei* (pass) . labr et *fusarium oxysporum* F.sp .*radicis lycopersisici* .*European Scientific Journal*, ESJ,10(12).

Knobloch, K., Pauli, A., Iberl, B., Weigand, H., & Weis, N. (1989). Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. *Journal of Essential Oil Research*, 1(3), 119-128.

Kuate, J., Boyom, F. F., Ducelier, D., Damesse, F., Menut, C., & Bessiere, J. M. (2002). Composition chimique et activité antifongique in vitro des huiles essentielles de Citrus sur la croissance mycélienne de *Phaeoramularia angolensis*. *Fruits*, 57(2), 95-104.

Leplat, J. (2012). Développement saprotrophe de *Fusarium graminearum*: rôle respectif de différents habitats naturels du champignon dans le processus d'infection du blé en Bourgogne; recherche d'indicateurs prédictifs du risque de fusariose (Doctoral dissertation, Dijon).

Leslie, J. F., & Summerell, B. A. (2008). *The Fusarium laboratory manual*. John Wiley & Sons.

Lucchesi, M. E. (2005). Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles (Doctoral dissertation).

Luckner, M., et Mann, J. (1988) . *Secondary metabolism*, Clarendon Press, Oxford (1987), Oxford Chemistry Series. 374 Seiten, zahlr. Abb. und Formeln, Preis: paperback£ 15.

Madi, A. (2010). caractérisation et comparaison du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales (thym et sauge) et la mise en évidence de leurs activités biologiques. Research Master, Mentouri Constantine University, Constantine.

Mangambu Mokoso, J. D., Noiha Noumi, V., Zapfack, L., & Sonké, E. B. (2010). Etude phytosociologique du groupement à *Piper capensis* (RD Congo). *International journal of environmental studies*, 67(3), 417-430.

Marouf, A., & tremblin, G. (2009). *Abrégé de biochimie appliquée*. Edités par EDP sciences.

Messgo-Moumene, S., Li, Y., Bachir, K., Houmani, Z., Bouznad, Z., & Chemat, F. (2015). Antifungal power of citrus essential oils against potato late blight causative agent. *Journal of Essential Oil Research*, 27(2), 169-176.

Mokkadem, A. (1999). Cause de Dégradation des plantes médicinales et aromatiques d'Algérie. *Vie et Nature*, 7, pp. 24–26.

Morales, R. (2002). The history, botany and taxonomy of the genus *Thymus*. *Thyme: the genus Thymus*, 1, 1-43.

Moretti, A. N. (2009). Taxonomy of *Fusarium* genus: a continuous fight between lumpers and splitters. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*, (117), 7-13.

Moro buronzo, A. (2008). Grande guide des huiles essentielles, 20-21.

NOUAL, N., MADI, D. (2017). Etude de l'activité antimicrobienne et antioxydant de l'huile essentielles du *Thymus numidicus*. Mémoire master. Université Akli Mohamed oulhadj-Bouira.

Ntezurubanza, L. (2000). Les Huiles essentielles du Rwanda, Ed. Laseve, UQUAC, Québec, Canada.

Ozcan, M., & Chalchat, J. C. (2004). Aroma profile of *Thymus vulgaris* L. growing wild in Turkey. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 30(3-4), 68-73.

PADRINI, F., LUCHERONI, M.T., (1997). Les huiles essentielles pour retrouver la vitalité, le bien-être, la beauté. Ed. Vecchi S.A- Paris. 95P.

Pharmacognosie, B. J. (1999). phytochimie, plantes médicinales. Revue et Augmentée, Tec & Doc, Paris.

Pibiri, M. C. (2006). Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles (No. THESIS). EPFL.

Poletti, A. (1988). Fleurs et plantes médicinales. 2^{ème} Ed. Delachaux & Nistlé S. A. Suisse. Pp : 103 et 131.

Rapilly, F., Lemaire, J.M. et Cassini, R., (1971). Les principales maladies

Remmal, A., Bouchikhi, T., Rhayour, K., Ettayebi, M., & Tantaoui-Elaraki, A. (1993). Improved method for the determination of antimicrobial activity of essential oils in agar medium. *Journal of Essential Oil Research*, 5(2), 179-184.

Roux D, (2008). Conseil en aromathérapie. 2^{ème} édition, Wolters Kluwer, France, 187p.

Sadouk, D., et Bentounes, F. (2016). Etude de l'activité insecticide des extraits de feuilles du *Ricinus communis* et *Mentha piperita* à l'égard d'*Aphis spiraeicola* puceron vert des

agrumes (Hemiptera: Aphididae) Mémoire de Master. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.

Satrani, B., Ghanmi, M., Farah, A., Aafi, A., Fougrach, H., Bourkhiss, B., ... & Talbi, M. (2007). Composition chimique et activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Cladanthus mixtus*. *Bull Soc Pharm Bordeaux*, 146, 85-96.

Scherm, B., Balmas, V., Spanu, F., Pani, G., Delogu, G., Pasquali, M., & Migheli, Q. (2013). *F usarium culmorum*: causal agent of foot and root rot and head blight on wheat. *Molecular plant pathology*, 14(4), 323-341.

Selmi, S. A. L. A. H., & Sadok, S. A. L. O. U. A. (2008). The effect of natural antioxidant (*Thymus vulgaris* Linnaeus) on flesh quality of tuna (*Thunnus thynnus* (Linnaeus)) during chilled storage. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 3(1), 36-45.

Simpson, M.G. (2006), *Plant systematics*. Edition Elsevier/Academic Press, Amsterdam, 590p

Sral Auvergne. (2010). Expérimentation végétale : les expérimentations concernant la santé publique. Rapport d'activité internet : lutter contre la fusariose du blé

SWISS, N. (2016). Le thym commun (*Thymus vulgaris* – appelé également thym des jardins, pote, farigoule, barigoule, mignotise des Genevois) [Online]. Available:

Takeuchi, H., Lu, Z. G., & Fujita, T. (2004). New monoterpene glucoside from the aerial parts of thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 68(5), 1131-1134.

Teisseire, P. J. (1991). *Chimie des substances odorantes*. Technique et Documentation-Lavoisier.

Teuscher E., Anton R., Lobstein A, (2005). *Plantes aromatiques Epices, aromates, condiments et huiles essentielles*. Tec & Doc. Lavoisier, Paris, 521p

Thompson, J. D., Chalchat, J. C., Michet, A., Linhart, Y. B., & Ehlers, B. (2003). Qualitative and quantitative variation in monoterpene co-occurrence and composition in the essential oil of *Thymus vulgaris* chemotypes. *Journal of chemical ecology*, 29(4), 859-880.

Wafaa, R. E. M. A. L., & Zeyneb, K. H. A. C. H. O. U. C. H. E. (2017). Initiation à l'Elaboration d'une carte de répartition du genre Thymus et l'étude de la composition chimique des huiles essentielles de Thymus Serpyllum L. récoltée du massif Dahra Zaccar région d'El Amra-wilaya de Ain Defla.

Wagacha, J. M., & Muthomi, J. W. (2007). Fusarium culmorum: Infection process, mechanisms of mycotoxin production and their role in pathogenesis in wheat. Crop protection, 26(7), 877-885.

Wichtl, M., Anton, R., Bernard, M., & Czygan, F. C. (2003). Plantes thérapeutiques: tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. Tec & Doc; Ed. médicales internationales.

Wiese, M. V. (1987). Compendium of wheat diseases. American Phytopathological Society.

Zeghib, A. (2013). Etude phytochimique et activités antioxydants, antiproliférative, antibactérienne et antivirale d'extraits et d'huiles essentielles de quatre espèces endémiques du genre Thymus.

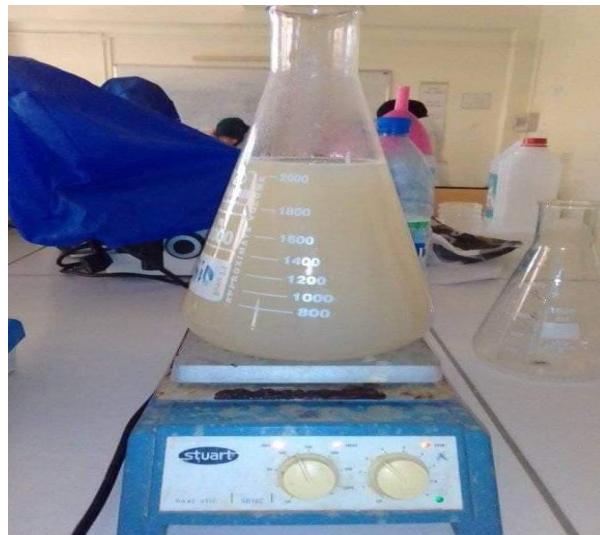
Zillinsky, F. J. (1983). Maladies communes des céréales à paille. Guide d'identification.

Zu, Y., Yu, H., Liang, L., Fu, Y., Efferth, T., Liu, X., & Wu, N. (2010). Activities of ten essential oils towards Propionibacterium acnes and PC-3, A-549 and MCF-7 cancer cells. Molecules, 15(5), 3200-3210.

Annexes

Annexe**1****Composition De milieu de culture****1. Potatoes dextrose Agar (PDA : pour les champignons)**

Pomme de terre pelées.....	200g/l
L'eau distillé.....	1L
Glucose.....	20g/l
Agar.....	20 g/l

**Figure 9:**Dispositif de préparation de milieu de culture.**2. Solution d'Agar 0,2%**

Agar-agar	2 g
Eau distillée	1L

2

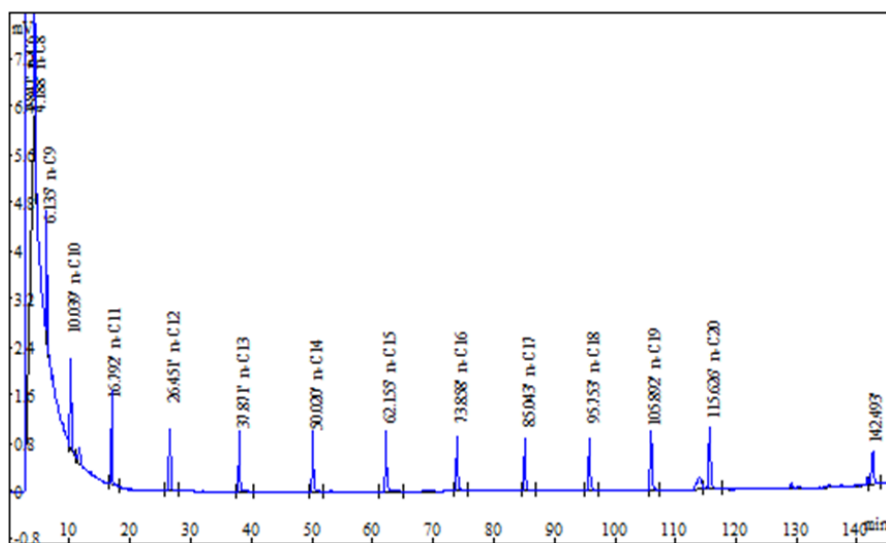


Figure 10: Profils chromatographiques des alcanes obtenus par CPG.

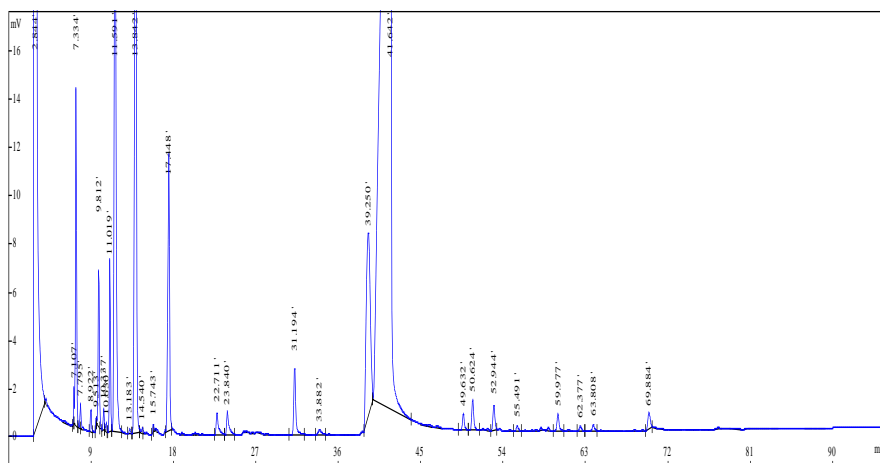


Figure 11: Profils chromatographiques des huiles essentielles de *Thymus vulgaris* obtenus par CPG.