

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Saad Dahleb



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département Biotechnologie et Agro-Ecologie

Mémoire de fin d'étude

Domaine : **Science de la nature et de la vie**

Filière : **Biotechnologie**

Spécialité : **Biotechnologie et Valorisation des Plantes**

Thème

**Evaluation de l'activité insecticide et fongicide des extraits de
Thym (*Thymus numidicus* Poiret.) vis-à-vis des insectes et des agents
contaminants de la semoule en cours de la conservation**

Réalisé par : **Mlle AISSOU Nour El Houda**

Mlle BENDOUCHE Nassima

Devant le jury composé de :

Nom et prénom	Grade		
Mr ZOUAOUI A	M.C.A	univ .de Blida 1	Président
Mme TADJINE N	M.C.B	univ .de Blida 1	Examinatrice
Mme MOUMENE S	M.C.A	univ .de Blida 1	Promotrice

Année Universitaire 2020-2021

Remerciement

Tout d'abord, nous tenons à remercier Dieu, notre créateur de nous avoir donné la force, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail qui est le fruit de notre formation et L'aboutissement à l'université de Blida

Nous tenons aussi à exprimer nos profonds remerciements à nos chers parents qui ont toujours été là pour nous et qu'ils nous ont toujours soutenu, encouragé et aidé tout au long de notre cursus.

*Nous remercions notre promoteur Madame **MOUMENE. S** pour son accompagnement, son aide, son soutien et sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils.*

*Un grand et respectueux remerciement à Monsieur **ZOUAOUI. A** pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ma soutenance et aussi au Madame **TADJINE. N** pour m'avoir fait l'honneur d'examiner notre modeste travail.*

Enfin, sans oublier nos remerciements à tous les enseignants que nous ont beaucoup appris au tout long de parcours éducatif.

Dédicace

❖ A mes chers parents

A mon cher père, tu as été toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

A ma chère mère, quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit, ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

*A mon très chère frère **Mehdi** et ma très chère sœur **Lina** je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur et de réussite. Je vous exprime, ainsi, à travers ce travail mes plus grands sentiments de fraternité et d'amour.*

*A ma meilleure amie, **DJEMMALI Zineb** qui m'encourageait aux moments de démotivation, et qui m'aidait à regagner ma confiance en moi et à mes compétences.*

*Je vous remercie aussi ma binôme **BENDOU Nassima** pour son soutien et tous d'être présent à mes côtés, à m'aimer et me soutenir dans tous les périodes de ma vie.*

Avec tous mon amour

Aissou Nourelhouda

Dédicace

*A celle qui m'a donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir, tous ce que
je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te
porte : ma chère mère*

*A l'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon
estime et de mon respect : mon cher père*

A mes frères et mes sœurs que j'aime du fond de cœur.

A mes copines ...

*A tous qui m'ont donnée confiance en moi et qui m'ont toujours poussée vers le
haut*

*A mon binôme **AISSOU Nourelhouda**, et à tous ceux qui m'ont soutenu, aidé et
contribué de près ou de loin pour la réussite de ce travail.*

Résumé

Notre présente étude vise l'évaluation du pouvoir fongicide et insecticide de cinq échantillons d'huile essentielle des plantes cultivées en comparaison avec un échantillon spontané de (*Thymus numidicus* Poiret.) provenant de la région de Bejaia. Les évaluations ont porté respectivement sur les taux d'inhibition de la croissance mycélienne de deux isolats de *Fusarium* spp. et sur les taux de mortalités des adultes de l'insecte ravageur « *Tribolium confusum* » prélevés d'un échantillon de semoule contaminé.

Le pouvoir fongicide a été étudié pour chaque émulsion préparée à partir de chaque échantillon d'huile essentielle à la concentration de 1% selon la technique de micro-atmosphère alors que pour le pouvoir insecticide a porté sur les émulsions préparées à partir de chacun des échantillons d'HE aux concentrations de 1% ; 0,5% et 0,25%.

Les résultats obtenus ont montré l'effet inhibiteur de tous les échantillons d'huile essentielle de *Thymus numidicus* sur la croissance mycélienne des deux isolats de *Fusarium* spp. Cependant, deux échantillons d'huile essentielle seulement ont prouvé une inhibition intéressante, l'une modérée induite par l'échantillon T4 (50,94%) et l'autre plus importante celle présentée par T3 (72,78%) sur l'isolat 1 et, un seul échantillon d'huile essentielle (T4 :64,28%) s'est avéré efficace, vis-à-vis de l'isolat 2 de *Fusarium* sp.

Pour l'activité insecticide vis-à-vis de *Tribolium confusum*, l'ensemble des échantillons ont monté leur potentiel insecticide selon les trois concentrations testées. Les plus importants taux de mortalité ont été enregistrés sous l'effet de l'échantillon T3 (92%) à la concentration 0,25% et, l'échantillon T2 (88%) à la concentration 0,5%.

En conclusion, l'usage des huiles essentielles extraites à partir des plantes cultivées de *Thymus numidicus* est à recommander dans la conservation du blé et ses dérivées vu leurs potentialités fongicides et insecticides. On peut préconiser les échantillons « T3 » et « T4 » contre les agents fongiques contaminants du genre *Fusarium* ainsi que « T2 » et « T3 » vis-à-vis de *Tribolium confusum*.

Mots clés : Activité biologique, *Fusarium* spp., Huile essentielle, *Thymus numidicus*, *Tribolium confusum*.

Abstract (Evaluation of the insecticidal and fungicidal activity of extracts of Thyme (*Thymus numidicus* Poiret.) against insects and contaminants of semolina during storage)

The present study aims to evaluate the fungicidal and insecticidal potential of the five samples of essential oil extracted from cultivated plants in comparison with a spontaneous sample of (*Thymus numidicus* Poiret.) from Bejaia. The evaluations focused on the inhibition rates of mycelial growth of two isolates of *Fusarium* spp. and on the adult mortality rates of the insect pest "*Tribolium confusum*» issued from a sample of contaminated semolina.

The fungicidal activity was studied for each emulsion prepared from each sample of essential oil at a concentration of 1% according to the micro-atmosphere method, while the insecticidal activity related to the emulsions prepared from each of the samples of essential oil concentrations of 1%; 0.5% and 0.25%.

The results obtained revealed the inhibitory effect of all samples of essential oil of *Thymus numidicus* on the mycelial growth of the two isolates of *Fusarium* spp. However, only two essential oil samples showed an interesting inhibition, one moderate induced by the T4 sample (50.94%) and the other more significant that exhibited by T3 (72.78%) on the isolate 1 and, a single essential oil sample T4 (64.28%) was found to be effective against isolate 2 of *Fusarium* sp.

For the insecticidal activity against *Tribolium confusum*, all the samples increased their insecticidal potential according to the three concentrations tested. The highest mortality rates were recorded under the effect of the T3 sample (92%) at 0.25% and, the T2 sample (88%) at 0.5%.

In conclusion, the use of essential oils extracted from cultivated plants of *Thymus numidicus* is to be recommended in the conservation of wheat and its derivatives according to their fungicidal and insecticidal potentialities.

Key words: Biological activity, *Fusarium* spp., Essential oil, *Thymus numidicus*, *Tribolium confusum*

المخلص (تقييم فاعلية المبيدات الحشرية ومبيدات الفطريات لمستخلصات نبات الزعتر (*Thymus numidicus*)
(Poiret) مقابل الحشرات والملوثات في السميد أثناء التخزين)

تهدف دراستنا الحالية إلى تقييم القدرة الفطرية والمبيدات الحشرية لخمسة عينات من الزيت العطري من النباتات المزروعة مقارنة بعينة عفوية من (*Thymus numidicus* Poiret) من منطقة بجاية. ركزت التقييمات على معدلات تثبيط النمو الفطري لعزلتين من *Fusarium spp*. وعلى معدلات وفيات البالغين من الآفة الحشرية "*Tribolium confusum*" المأخوذة من عينة من السميد الملوث.

تمت دراسة قوة مبيدات الفطريات لكل مستحلب محضر من كل عينة من الزيت العطري بتركيز 1% حسب تقنية الغلاف الجوي الدقيق ، بينما تم دراسة قوة المبيدات الحشرية المتعلقة بالمستحلبات المحضرة من كل عينة. EO بتركيزات 1%؛ 0.25% و 0.5%.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها التأثير التثبيطي لجميع عينات الزيت العطري من *Thymus numidicus* على النمو الفطري لعزلتين من *Fusarium spp*. ومع ذلك ، أظهرت عينتان فقط من الزيت العطري تثبيطاً مثيراً للاهتمام ، إحداهما متوسطة ناتجة عن عينة (50.94 %T4) والأخرى أكثر أهمية التي أظهرتها (72.78 %T3) على العزلة 1 وعينة زيت عطري واحدة (%T4: 64.28) فعال ضد العزلة 2 *Fusarium sp*.

بالنسبة لنشاط المبيدات الحشرية ضد حائر التريبولوم ، زادت جميع العينات من قدرتها على المبيدات الحشرية وفقاً للتركيزات الثلاثة التي تم اختبارها. تم تسجيل أعلى معدلات الوفيات تحت تأثير عينة (92 %T3) بتركيز 0.25% وعينة (88 %T2) بتركيز 0.5%.

في الختام ، يوصى باستخدام الزيوت الأساسية المستخرجة من النباتات المزروعة من *Thymus numidicus* في الحفاظ على القمح ومشتقاته نظراً لقدرتها على مبيدات الفطريات والحشرات. يمكن التوصية بالعينات "T3" و "T4" ضد العوامل الفطرية الملوثة من جنس *Fusarium* وكذلك "T2" و "T3" ضد *Tribolium confusum*

Liste d'abréviations

°C: degré Celsius

H : heure

HR : Humidité relative

M: masse (en gramme)

Moy : moyenne

T° : Température

µl : microlitre

Rd : Rendement de l'huile essentielle

HE: Huile Essentielle

T1 : échantillon cultivé 1

T2 : échantillon cultivé 2

T3 : échantillon cultivé 3

T4 : échantillon cultivé 4

T5 : échantillon cultivé 5

TS : échantillon sauvage

Liste des figures

Figure 1: Morphologie de la partie feuillue de <i>Thymus numidicus</i> (Poiret.) (Saidj, 2007).....	04
Figure 2: Dispositif d'hydro distillation (PENICHEV, 2010).....	11
Figure 3 : le cycle de vie de blé (Teasdale et <i>al.</i> , 2007).....	14
Figure 4: Morphologie des conidies de diverses espèces de <i>Fusarium</i> spp. (Nelson et <i>al.</i> , 1992).....	17
Figure 5 : Différents stades biologiques de <i>T. confusum</i> (Duval.) (Walter, 2002).....	20
Figure 6 : Aspect cultural des isolats fongiques étudiés (Originale, 2021).....	23
Figure 7: Élevage de masse de <i>Tribolium confusum</i> (originale, 2021).....	24
Figure 8 : Dispositif expérimental de la technique micro-atmosphère vis-à-vis a des isolats de <i>Fusarium</i> sp. (Originale, 2021).....	25
Figure 9 : Dispositif expérimental du test de fumigation sur les adultes de <i>T. confusum</i> (Original, 2021).....	26
Figure 10 : Variabilité culturale de l'isolat 1 de <i>Fusarium</i> sp. cultivé sur milieu PDA à 25°C pendant 7 jours, selon les échantillons d'huile essentielle de la plante <i>Thymus numidicus</i> Poiret. Selon les échantillons d'huile essentielle de <i>Thymus numidicus</i> Poiret.....	29
Figure 11: Inhibition de la croissance mycélienne de l'isolat 1 de <i>Fusarium</i> sp. Sous l'effet des échantillons de l'huile essentielle de la plante cultivée de <i>Thymus numidicus</i>	31
Figure 12: Variabilité culturale de l'isolat 2 de <i>Fusarium</i> sp. cultivé sur milieu PDA à 25°C pendant 7 jours, selon les échantillons d'huile essentielle de la plante <i>Thymus numidicus</i> Poiret. sous l'effet des différents traitements.....	32
Figure 13 : Inhibition de la croissance mycélienne de l'isolat 2 de <i>Fusarium</i> sp. sous l'effet des échantillons d'huile essentielle de la plante cultivée « <i>Thymus numidicus</i> »	34
Figure 14 : Taux de Mortalités des adultes de <i>Tribolium confusum</i> sous l'effet de trois concentrations des échantillons d'huile essentielle de <i>Thymus numidicus</i>	40

Liste des tableaux

Tableau 1 : Localisation des principales espèces du genre <i>Thymus</i> en Algérie (Mebarki ,2010).....	05
Tableau 2 : Espèces de <i>Fusarium</i> mycotoxinogènes.....	18
Tableau 3 : Analyse de la variance par le test ANOVA, des taux d'inhibition de la souche mycélienne de l'isolat 1 de <i>Fusarium</i> sp., selon les échantillons de l'huile essentielle étudiés.....	30
Tableau 4 : Classement des échantillons d'huile essentielle de <i>Thymus numidicus</i> par le test de Tukey, selon les taux d'inhibition de la croissance mycélienne de l'isolat 1 de <i>Fusarium</i> sp.....	30
Tableau 5 : Analyse de la variance par le test ANOVA, des taux d'inhibition de la souche mycélienne de l'isolat 2 de <i>Fusarium</i> sp., selon les échantillons de l'huile essentielle étudiés.....	33
Tableau 6 : Classement des échantillons d'huile essentielle de <i>Thymus numidicus</i> par le test de Tukey, selon les taux d'inhibition de la croissance mycélienne de l'isolat 2 de <i>Fusarium</i> sp.....	33
Tableau 7 : Analyse des taux de mortalité des adultes de <i>Tribolium confusum</i> par le test ANOVA selon les échantillons d'huile essentielle de <i>Thymus numidicus</i> Poiret.....	37
Tableau 8 : Classement des concentrations et de l'échantillon d'HE par le test de Tukey selon les taux de mortalité corrigée de <i>Tribolium confusum</i>	39
Tableau 9 : Concentrations d'HE létale pour les taux de mortalités de 50 et 90%.....	41

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
Chapitre 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
1.1 Généralités sur le Thym.....	4
1.1.1 Description botanique.....	4
1.1.2 Répartition géographique.....	5
1.1.3 Taxonomie.....	6
1.1.4 Utilité de la plante.....	6
1.2 Généralités sur les huiles essentielles.....	7
1.2.1 Localisation.....	7
1.2.2 Propriétés physiques et chimiques.....	8
1.2.3 Importance et utilisation.....	8
1.2.4 Caractéristiques physico-chimiques.....	8
1.2.5 Activités biologiques des huiles essentielles.....	8
1.2.6 Techniques d'extraction des huiles essentielles.....	10
1.3 Généralités sur le blé.....	11
1.3.1 Origine et historique.....	12
1.3.2 Taxonomie.....	12
1.3.3 Production et importance de la culture.....	13
1.3.4 Cycle biologique de la culture.....	13
1.3.5 Stockage et conservation.....	14
1.3.6 Contraintes de stockage.....	15
1.3.7 Généralités sur les moisissures du genre <i>Fusarium</i>	16
1.4 Insectes destructeurs du blé lors de la conservation.....	18
1.4.1 Classification de <i>Tribolium confusum</i>	19
1.4.2. Répartition géographique.....	19
1.4.3 Description morphologique.....	19
1.4.4 Biologie.....	20
1.4.5 Régime alimentaire et dégâts causés par <i>Tribolium confusum</i>	21
1.4.6 Moyens de lutte.....	21

Chapitre 2 : MATERIEL ET METHODES

2.1 But	23
2.2 Matériel biologique.....	23
2.2.1 Matériel végétal	23
2.2.2 Matériel fongique	23
2.2.3 Matériel animal	24
2.3 Méthodologie	
2.3.1 Étude de l'activité antifongique	24
2.3.2 Etude de l'activité insecticide de l'huile essentielle de " <i>Thymus numidicus</i> "	26
2.4 Analyse statistique.....	27

Chapitre 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Évaluation de l'activité antifongique des échantillons d'huile essentielle de <i>Thymus numidicus</i> cultivées vis-à-vis des deux isolats de <i>Fusarium</i> spp.....	29
3.2 Évaluation de l'activité insecticide des échantillons d'huile essentielle de <i>Thymus numidicus</i> sur <i>Tribolium confusum</i>	31
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	44
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	47

Introduction

Introduction

Le blé est la céréale la plus cultivée dans le monde. Elle représente une source importante de protéines pour l'alimentation humaine. En Algérie, les produits céréaliers, dont le blé, occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (**Djermoun, 2009**).

Cependant, cette denrée est généralement attaquée par plusieurs ravageurs dont les insectes et les moisissures provoquent les dégâts les plus importants.

Plusieurs catégories d'insectes attaquant les grains de céréales depuis la récolte jusqu'à la consommation. Parmi les insectes ravageurs majeurs des denrées, les Coléoptères sont classés les premiers. Ils peuvent causer la perte totale d'un stock (**Ngamo et Hance, 2007**). Dans le cas du blé, ces insectes sont responsables des pertes considérables, de l'ordre de 50 % (**Mebarkia et al., 2012**). En effet, le moyen le plus courant pour limiter leurs activités est l'usage des pesticides dont les effets indésirables sont malheureusement très nombreux et l'intoxication humaine en est le principal (**Ngamo et Hance, 2007**).

La microflore, particulièrement les moisissures, constituent au cours du stockage, la cause principale de diverses altérations et par la suite de pertes inestimables. Ce sont surtout les *Fusarium* et les *Penicillium*, destructeurs communs des grains qui sont susceptibles de se développer abondamment, au cours du stockage défectueux. En effet la contamination qui débute au champ, va se poursuivre au cours des processus de récolte, de séchage, de manutention et du stockage (**Meghazi, 2015**).

L'attaque du blé stocké par ces moisissures a pour conséquences ; l'altération de la qualité du grain qui va se répercuter sur la valeur nutritionnelle des produits dérivés et la production de mycotoxines. Pour lutter contre ces menaces les agronomes utilisent des produits chimiques qui étaient efficaces contre les ravageurs mais, ils ont découvert plus tard leur toxicité et le dépérissement de la semoule d'une part et l'environnement d'autre part. Pour cela, ils se sont orientés vers l'utilisation d'autres produits, moins toxiques tels que la valorisation des plantes.

Les plantes aromatiques constituent une richesse naturelle très importante dont la valorisation demande une parfaite connaissance des propriétés à mettre en valeur. Les propriétés des plantes dépendent de la présence d'agents bioactifs variés et appartenant à différentes classes chimiques (**Mailhebiau, 1994**).

L'Algérie possède une position géographique particulière lui accordant une large bande de végétation très variée notamment les plantes aromatiques et médicinales qui ont été largement utilisées dans plusieurs secteurs économiques et la recherche scientifique (**Jukie et Milos, 2005 ; Abdelguerfi, 2003**).

Dans ce contexte notre étude vise essentiellement à la recherche d'un moyen de lutte naturelle contre les insectes et les agents contaminants de la semoule par la valorisation de Thym (*Thymus numidicus* Poiret.) et l'utilisation de ces huiles essentielles.

L'évaluation du pouvoir insecticide et fongicide des échantillons de l'huile essentielle de Thym " *Thymus numidicus* Poiret.", en vise son utilisation dans la conservation du blé et de ces dérivés.

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

1.Synthèse bibliographique

1.1 Généralités sur le Thym

1.1.1 Description botanique

Thymus numidicus est un petit arbuste à tige érigées haut de 5 à 6 pouces, qui se divise dès sa base en branches et en rameaux nombreux, garnis de feuilles linéaires, 2 à 5 fois plus longues que large, sessiles, plus longues que les entre-nœuds. Les fleurs sont petites, purpurines, réunies à l'extrémité des rameaux en épis courts, épais, et formant la tête ; leur calice est très velu (figure 1). Cette plante croit dans les lieux arides et pierreux, en Barbarie (**Kouch, 2014**).



Figure 1: Morphologie de la partie feuillue de *Thymus numidicus* (Poiret.) (Saidj, 2007).

1.1.2 Répartition géographique

Le genre *Thymus* est l'un des 250 genres les plus diversifiés de la famille des labiées. Selon **Dob et al. (2006)**, il existe près de 350 espèces de thym réparties entre l'Europe, l'Asie de l'ouest et la méditerranée. C'est une plante très répandue dans l'Ouest du nord-africain (Maroc, Tunisie, Algérie et Libye), elle pousse également sur les montagnes d'Ethiopie et d'Arabie (ou péninsule Arabique) du sud-ouest en passant par la péninsule du Sinaï en Égypte. On peut la trouver également en Sibérie et même en Himalaya. Selon une étude menée par **Nickavar et al. (2005)**, environ 110 espèces différentes du genre *Thymus* se concentrent dans le bassin méditerranéen. Comme étant le centre de ce genre. Le Thym se retrouve principalement dans la région méditerranéenne, l'Asie, l'Europe du Sud et l'Afrique du Nord (**Jawad et al., 2013**).

Le thym comprend plusieurs espèces botaniques réparties sur tout le littoral et même dans les régions internes jusqu'aux zones arides (**Mebarki, 2010**). Il est représenté en Algérie

par de nombreuses espèces qui ne se prêtent pas aisément à la détermination en raison de leurs variabilités et leur tendance à s'hybrider facilement. Le tableau 1 montre la localisation des principales espèces de thym en Algérie.

Espèce	Découverte par	Localisation
<i>Thymus capitatus</i>	Iloffman et Link	Rare dans la région de Tlemcen
<i>Thymus fontanesii</i>	Boiss et reuter	Commun dans le tell Endémique Est Tunisie- Algérie
<i>Thymus commutatus</i>	Battandier	Endémique Oran
<i>Thymus numidicus</i>	Poiret	Assez rare dans le sous- secteur de l'atlas tellien La grande et la petite Kabylie De Skikda à la frontière tunisienne tell constantinois
<i>Thymus guyoni</i>	Noé	Rare dans les sous-secteurs des hauts plateaux Algérois Oranais et constanois
<i>oThymus algériensis :</i> <i>T.vulgaris</i>	Boiss et reuter	Très commun dans le sous- secteur des hauts plateaux algérois, oranais
<i>Thymus munbyanus</i>	Boiss et reuter	Endémique dans le secteur nord algérois

Tableau 1 : Localisation des principales espèces du genre *Thymus* en Algérie (Mebarki ,2010).

1.1.3 Taxonomie

La classification du *Thymus numidicus* a été démontrée par **Goetz et Ghedira (2012)**, comme suit :

- **Embranchement :** Phanérogames
- **Classe :** Dicotylédones
- **Ordre :** Tribuflorales
- **Famille :** Lamiaceae
- **Sous-famille :** Nepetoideae
- **Tribu :** Menthone
- **Genre :** *Thymus*
- **Espèce :** *T. numidicus*

1.1.4 Utilité de la plante

Le thym est utilisé fréquemment par les populations autochtones grâce à ses diverses propriétés importantes. C'est une plante aromatique très odorante, utilisée dans la cuisine algérienne pour faire les différents plats. Elle est recommandée contre tous les types de faiblesse, et indiquée pour les crampes d'estomac, les inflammations pulmonaires et les palpitations, ainsi que les affections de la bouche, les contusions (lésion produite par un choc sans déchirure de la peau), et les accidents articulaires (**Haddouche, 2011**). Elle est considérée aussi comme l'un des remèdes populaires les plus utiles et efficaces, dans le traitement des affections respiratoires ; rhume, grippe, et angine. Elle contribue également dans la désinfection et la cicatrisation des plaies, et aussi l'expulsion des gaz intestinaux (**Hans, 2007**). Il entre aussi dans la composition de produits cosmétiques. Son huile essentielle riche en thymol est couramment utilisée pour la confection de savons et d'autres produits cosmétique (**Saidj et al., 2008**).

Le *Thymus numidicus* est un bon antiseptique, désinfectant dermique et un spasmolytique bronchique. Les principaux constituants du thym montrent des propriétés vermifuges et vermicides (**Bazylo et Strzelecka, 2007**), antivirales, antifongiques, anti-inflammatoires, et antibactériennes. Cette plante possède également des propriétés antioxydantes (**Golmakani & Rezaei, 2008**). En raison de ces propriétés, le thym *Thymus numidicus* est utilisé comme un conservateur afin de prolonger la durée de conservation des poissons durant leur stockage (**Selmi & Sadok, 2008**).

1.2.1 Caractéristiques physico-chimiques de l'huile essentielle

L'huile essentielle de thym (*Thymus numidicus* (Poiret.)) d'Algérie a été extraite par distillation à la vapeur, analysée par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GCMS). Elle présente un aspect liquide mobile, de couleur jaune et une agréable odeur aromatique, légèrement épicée. Cette huile est caractérisée par un contenu important dans les composés oxygénés, dont le thymol et le carvacrol sont les principaux composés avec 51,0% et 9% respectivement, les autres composés tel que : linalol et thymol-méthyl-éther, sont les seconds composés plus abondants, présents respectivement à 3,3% et 3,2%. Le p-cymène présent à 0,5%, est le seul monoterpène identifié. Parmi les sesquiterpènes, l'isocaryophyllène est le plus abondant avec 2,7% (Saidj et al., 2008).

1.2 Généralité sur les huiles essentielles

Une huile essentielle est définie comme un produit obtenu à partir d'une matière première d'origine végétale, après séparation de la phase aqueuse par des procédés physiques. La pharmacopée européenne définit les huiles essentielles comme : « Produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement par la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, ou par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition (Bencheikh, 2017).

1.2.1 Localisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs (Bekhechi & Abdelouahid, 2014). Elles se retrouvent dans des glandes minuscules situées dans différentes parties de la plante aromatique : les feuilles, les fleurs, les fruits, les graines, l'écorce et pour certaines plantes dans les racines (Makhloufi, 2013). Les glandes sécrétrices sont réparties sur l'ensemble de la plante, rares sur les faces supérieures des feuilles et des tiges. Elles sont un peu plus nombreuses sur la face inférieure des feuilles, mais elles sont abondantes surtout sur le calice des fleurs. D'après Djarri (2011), la formation des huiles essentielles dans les végétaux est le résultat d'une multitude de réactions biochimiques dont certaines ne sont pas encore élucidées. Les huiles essentielles prennent naissance dans des appareils sécréteurs qui ont une forme variée.

1.2.2 Propriétés physiques et chimiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des substances liquides à températures ambiante. Elles sont volatiles, ce qui les différencie des huiles fixes. Elles ne sont que très rarement colorées, leur densité est généralement inférieure à celle de l'eau (Cohen, 2013).

Selon Selles (2006), du point de vue chimique, les huiles essentielles sont des mélanges complexes pouvant contenir plus de 300 composés différents. Ces composés sont des molécules volatiles appartenant pour la grande majorité à la famille des terpènes (Piochon, 2008). Les huiles essentielles sont liposolubles, solubles dans les solvants organiques usuels ainsi que dans l'alcool, mais très peu solubles dans l'eau. Il faut donc impérativement un tensioactif pour permettre leur mise en suspension dans l'eau. Elles présentent un indice de réfraction élevé (Lakhdar, 2015).

Selon la voie métabolique empruntée, les huiles essentielles sont constituées principalement de deux groupes de composés odorants, il s'agit de terpènes (mono et sesquiterpènes), et des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (Cohen, 2013). Elles peuvent également renfermer divers produits issus du processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils (Bruneton, 1999).

1.2.3 Importance et utilisation des huiles essentielles

D'après Belaiche (1979), l'importance des huiles essentielles n'a pas pu être clairement démontrée. En effet, qu'il s'agit de produits de déchets du métabolisme. Toutefois, certains auteurs pensent que la plante utilise son huile essentielle pour repousser les insectes, (Belaiche, 1979). Certaines huiles essentielles servent à la défense des plantes contre les herbivores, insectes et micro-organismes. Les huiles essentielles sont utilisées dans plusieurs domaines, les industries de la parfumerie, des arômes et de la cosmétique. Ce sont en effet les produits de base utilisés, en raison de leur forte volatilité et du fait qu'elles ne laissent pas de trace grasse. Dans l'agro-alimentaire, elles sont incorporées aux aliments des saveurs. Certain nombre d'huiles essentielles possèdent des propriétés médicalement intéressantes, d'où leurs utilisation à des fins thérapeutiques. L'activité des huiles réside dans les centaines de molécules chimiques qui la constituent (Degryse et al., 2008).

1.2.5 Activités biologiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles possèdent des propriétés antioxydantes, antibactériennes et antifongiques connues de longues dates (Dongmo et al., 2002). L'activité biologique d'une huile essentielle est en relation avec sa Composition chimique et les possibles effets

synergiques entre ses composants. Sa valeur tient à son «totum» ; c'est-à-dire, l'intégralité de ses constituants et non seulement à ses Composés majoritaires (**Lahlou, 2004**).

1.2.5.1 Activité antioxydant

Le pouvoir antioxydant des huiles essentielles est développé comme substitut dans la conservation alimentaire. Ce sont surtout les phénols et les polyphénols qui sont responsables de ce pouvoir. Il existe deux sortes d'activité antioxydant selon le niveau de leur action : une activité primaire et une activité préventive (indirecte). Les composés qui ont une activité primaire sont interrompus dans la chaîne auto catalytique de l'oxydation. En revanche, les composés qui ont une activité préventive sont capables de retarder l'oxydation par des mécanismes indirects tels que la complexation des ions métalliques ou la réduction d'oxygène (**Chemloul, 2014**).

1.2.5.2 Activité antibactérienne

Les propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles sont bien connues et bien documentées. En effet, de nombreux travaux de recherche ont mis en évidence leur puissante activité antiseptique agissant aussi bien sur les bactéries, les champignons pathogènes que les virus.

L'activité antibactérienne des huiles essentielles est la plus étudiée. On distingue deux sortes d'effets des huiles essentielles sur ces microorganismes :

- Effet bactéricide (bactéricidie) : exerçant une activité mortelle
- Effet bactériostatique (bactériostase) : entraînant une inhibition de la croissance.

Plusieurs mécanismes sont mis en jeu : Précipitation des protéines et des acides nucléiques ; Inhibition de la synthèse des macromolécules (ADN, ARN, protéines et peptidoglycanes) et de la perméabilité membranaire sélective et détérioration membranaire ; Modification de la morphologie de la cellule bactérienne et l'absorption et la formation d'un film autour de la cellule bactérienne avec inhibition des processus de respiration, d'absorption et d'excrétion (**Bencheikh, 2017**).

1.2.5.3 Activité antifongique

Les huiles essentielles ont un grand pouvoir antifongique aérien. Les modes d'actions antifongiques sont assez semblables à ceux décrits pour les bactéries. La plupart des composés terpéniques sont de très bons agents antifongiques. Le thymol, le carvacrol, et l'eugénol sont les composés les plus actifs (**Khaldi, 2017**).

1.2.5.4 Activité insecticide

Il a été rapporté que des huiles essentielles communes ayant des activités insecticides peuvent être inhalées, ingérées ou absorbées par la peau des insectes (**Tripathi et al., 2009**). Toutefois, selon **El-Wakeil (2013)**, avant l'utilisation des HE il faut déterminer les doses nécessaires pour éliminer les insectes nuisibles et leur mode d'action pour améliorer la qualité et la durabilité du produit. L'effet des HE sur la faune auxiliaire doit également être pris en considération (**Ngamo et Hance, 2007**). En outre, chaque HE est plus ou moins spécifique à une espèce d'insecte cible ce qui nécessite de bien connaître les espèces d'insectes à combattre, ainsi que le spectre d'activité insecticide des huiles essentielles disponibles et autorisées à l'emploi (**Cruz et al., 2016**).

1.2.6 Techniques d'extraction des huiles essentielles

Il existe plusieurs méthodes d'extraction des huiles essentielles. Le choix de la méthode la mieux adaptée se fait en fonction de la nature de la matière végétale à traiter, des caractéristiques physico-chimiques de l'essence à extraire, de l'usage de l'extrait et l'arôme du départ au cours de l'extraction (**Raynaud, 2006**). Les principales méthodes d'extraction sont :

1.2.6.1 Extraction par solvants

C'est une technique qui utilise des solvants comme l'hexane, le toluène ou les dérivés colorés pour extraire l'huile essentielle. Le solvant est ensuite éliminé par distillation. Cette technique ne doit pas être employée si l'huile essentielle préparée est à usage thérapeutique, car il pourrait y rester des traces de solvant. C'est une technique utilisée dans l'industrie des parfums (**Beyould & Si said, 2014**).

1.2.6.2 Extraction par pression à froid

L'extraction par expression à froid est souvent utilisée pour extraire les huiles essentielles des agrumes. Son principe consiste à rompre mécaniquement les poches à essences puis récupérer l'huile essentielle. Cette dernière est séparée par décantation ou centrifugation. D'autres machines rompent les poches par pression et recueillent directement l'huile essentielle, ce qui évite les dégradations liées à l'action de l'eau (**Chaintreau et al., 2003**).

1.2.6.3 Entraînement à la vapeur d'eau

L'entraînement à la vapeur d'eau est une variante plus récente de distillation, dans laquelle il n'y a pas de contact direct entre la matière végétale et l'eau. La vapeur d'eau est

produite dans une chaudière séparée, puis injectée à la base de l'alambic dans lequel se trouve la plante. La vapeur remonte dans l'alambic et traverse la plante. La vapeur d'eau chargée ainsi d'essence retourne à l'état liquide par condensation. Le produit de la distillation se sépare donc en deux phases distinctes : l'huile et l'eau condensée que l'on appelle eau florale ou hydrolat (Lucchesi, 2005).

1.2.6.4 Hydro distillation

L'hydro distillation est l'un des procédés les plus simples et le plus ancien. Il repose sur le fait que la plupart des matières odorantes peuvent être entraînées à la vapeur d'eau. Le procédé consiste à immerger le matériel végétal dans un bain d'eau, le mélange hétérogène est bouilli, et l'huile essentielle est volatilisée puis condensée (figure 2). Etant donné que ses principaux composés volatils sont insolubles dans l'eau, l'HE peut être séparé par décantation après refroidissement dans un séparateur de phases. C'est une méthode simple et ne nécessite pas un appareillage coûteux (Penche, 2010).

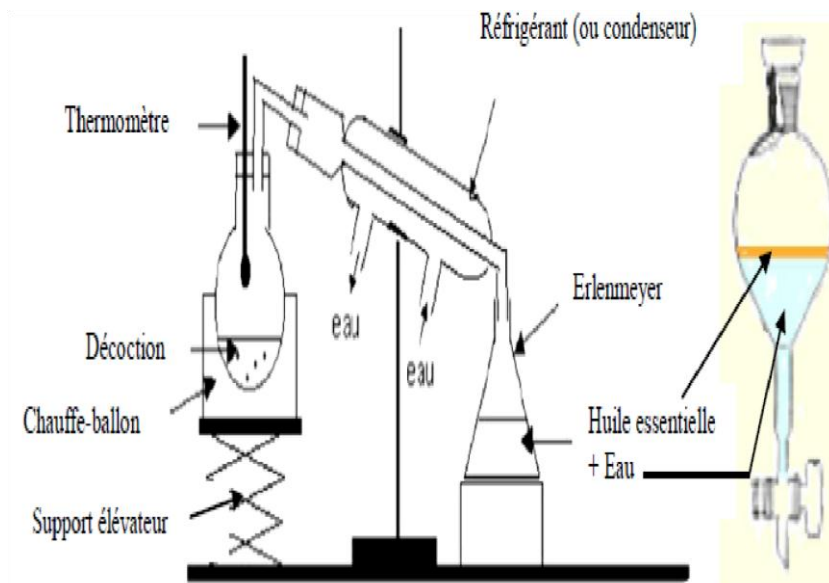


Figure 2: Dispositif d'hydro distillation (Penche, 2010).

1.3 Généralités sur le blé

Le blé est l'une des principales céréales cultivées dans le monde, avec le riz, le maïs, l'orge et le sorgho. Il fournit plus de 60% des calories et des apports en protéines de l'alimentation humaine. Une de ses particularités du blé réside dans la forte teneur en amidon

(70%) et en gluten (15%) de ses grains. Il est donc le centre de l'alimentation humaine en tant qu'ingrédient principal pour la fabrication du pain, de la semoule, des biscuits et des pâtes. L'espèce majoritairement cultivée (> 90% des cultures) est le blé tendre *Triticum aestivum* fsp. *aestivum*, utilisé principalement pour la fabrication du pain. Le blé dur *Triticum turgidum* fsp. *durum* est utilisé pour la fabrication des pâtes alimentaires et des semoules. C'est la différence de dureté du grain (dur ou tendre) qui les destine à ces utilisations différentes (Meghazi, 2015).

1.3.1 Origine et historique

Le blé compte parmi les céréales les plus anciennes et constitue une principale ressource alimentaire de l'humanité. C'est l'une des premières espèces cultivées par l'homme, depuis plus de 7000 à 1000 ans avant Jésus-Christ dans la région du croissant fertile, vaste territoire comprenant la vallée du Jourdain et les zones adjacentes de la Palestine, de la Jordanie, de l'Irak et la bordure Ouest de l'Iran (Feldman, 2001).

1.3.2 Taxonomie

Le blé est une plante annuelle appartenant à la famille des graminées qui s'adapte à des sols et des climats variés. Selon Meghazi (2015), la classification botanique de cette plante est présentée comme suit:

- **Règne :** Plante
- **Embranchement :** Spermatophyta
- **Sous-embranchement :** Angiospermes
- **Classe :** Monocotylédones
- **Ordre :** Poales
- **Famille :** Poaceae
- **Genre :** *Triticum*
- **Espèces :** *Triticum aestivum* (Linnaeus, 1753) (blé tendre)
Triticum durum (Desfontaines, 1798) (blé dur)

1.3.3 Production et importance de la culture

La production mondiale du blé est en progression constante, et les échanges qui se multiplient entre les régions du monde font de cette céréale l'un de principaux acteurs d'économie mondiale.

En 2018, la production mondiale de blé a atteint 758 millions de tonnes selon la FAO (2018).

Les principaux pays producteurs de blé dans le monde sont : La Chine, L'Inde, les États Unies Américaines, la Fédération de Russie, le Canada et la France (Baghem, 2012).

En Algérie, Djermoun (2009) a rapporté que les zones céréalières sont en général caractérisées par des précipitations de l'ordre de 350 à 600 mm. Dans cet intervalle, on cite : Alger, Annaba, Constantine, Guelma, Médéa, Mostaganem, Saida, Sétif et Tiaret.

1.3.4 Cycle biologique de la culture

Le cycle évolutif du blé s'élabore en trois phases: végétative, reproductrice et maturation.

La période végétative, commence de la levée à la fin du tallage. Elle se caractérise par l'apparition successive des premières feuilles, imbriquées les unes dans les autres au niveau du plateau de tallage. Dès que la quatrième feuille émerge, la talle primaire apparaît à l'aisselle de la feuille la plus âgée. Le tallage qui commence pendant cette phase est un simple processus de ramification. Le nombre de talles formées est fonction de l'espèce et du génotype (Soltner, 1980).

La période reproductrice, elle est caractérisée essentiellement par le passage de l'apex ou bourgeon terminal de la période végétative à une ébauche d'inflorescence (ébauche épi). Elle débute au cours du tallage et compte trois stades: la formation de l'ébauche épi, l'initiation florale (montaison- gonflement) et la méiose – fécondation (Hubert, 1998; Soltner, 2005).

La période de maturation, elle s'étend de la fécondation à la maturation complète du grain. Elle est caractérisée par l'élongation du dernier entre-nœud qui élève l'épi au-dessus de la dernière feuille et par l'élaboration des substances de réserves (amidon, protéines) grâce à leur migration vers l'albumen du grain. Au cours de cette période, le grain passe successivement par trois stades: grain laiteux, grain pâteux et grain dur (Figure 3) (Soltner, 2005).

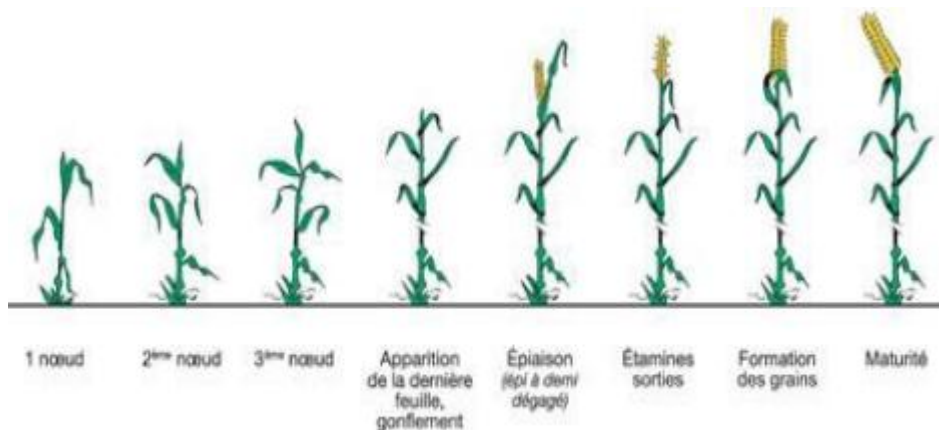


Figure 3 : le cycle de vie de blé (Teasdale et *al.*, 2007)

1.3.5 Stockage et conservation

La consommation quotidienne est assurée par une seule récolte, quelquefois deux dans l'année d'où la nécessité du stockage. En outre, les grains stockés sont utilisés comme des semences en attendant la saison suivante (**Druvefors, 2004**). Plus l'humidité des grains est importante à la récolte, plus les conditions sont favorables au développement des microorganismes. De bonnes pratiques de conservation consistent à éviter son altération en contrôlant les principaux facteurs de détérioration (**Molilinie et *al.*, 2005**).

Autrement dit, le but des technologies de conservation est de préserver par des moyens appropriés l'intégrité des principales qualités des graines qui ne peuvent pas être améliorées pendant le stockage. Les premiers systèmes de stockage étaient de grands paniers faits des roseaux ou fioles d'argiles qui sont enfoncées dans le sol, ainsi que des puits, des structures de bois et des puits garnis de paille (**Druvefors, 2004**).

1.3.5.1 Stockage traditionnel

Le paysan algérien, sur les hauts plateaux, conservait surtout le produit de ces champs d'orge et de blé, dans des enceintes creusées dans un sol argileux; c'est ce qu'on appelle « El matmour » ou dans des sacs en toile de jute, entreposés dans divers locaux, magasins ou hangars. La trop forte humidité et les eaux d'infiltration sont les inconvénients majeurs de

cette méthode de stockage, favorisant le développement des moisissures et les phénomènes de fermentations bactériennes (**Gacem, 2011**).

1.3.5.2 Stockage en silos

De nos jours, les silos permettent de stocker les différents types de céréales en même temps. Ce sont des enceintes cylindriques en béton armé ou en métal inoxydable. L'emploi des silos réduit la main d'œuvre, augmente l'aire de stockage et supprime l'utilisation des sacs onéreux (**Gacem, 2011**).

1.3.6 Contraintes de stockage

L'altération du blé peut survenir suite à l'action des facteurs environnementaux suivants :

1.3.6.1. Facteurs abiotiques

La faible teneur en humidité est le facteur le plus important pour la conservation des grains lors du stockage. Les grains, stockés avec le contenu d'humidité élevée, sont soumis à des pertes élevées causées par l'attaque des insectes et des champignons (**Multon, 1982**).

La température joue un rôle important dans la conservation des grains. C'est le facteur le plus important qui affecte la qualité du grain au cours de stockage. Elle intervient d'une part sur la valeur l'activité de l'eau et d'autre part sur les vitesses de réactions chimiques et enzymatiques, et donc la croissance des micro-organismes. (**Multon, 1982**).

1.3.6.2 Les facteurs biotiques

Un lot de grains entreposé comporte inévitablement au moins deux entités vivantes les grains eux-mêmes et les micro-organismes. De façon non obligatoire, mais cependant fréquente, on y trouve également associés des insectes, des acariens, voire de petits vertébrés (rongeurs et oiseaux) (**Multon, 1982**).

La microflore des grains est banale, à tendance xérophile cosmopolite. Les bactéries, les levures et les mycètes filamenteux constituent un envahisseur interne et/ ou un contaminant externe qui sont responsables des altérations biologiques (**Gacem, 2011**).

Les altérations enzymatiques dues aux enzymes propres aux grains se manifestent de façon variée. Ce sont d'abord des hydrolases, qui agissent sur les protéines, les lipides et les glucides pour donner des produits qui peuvent se dégrader ensuite par d'autres voies (**Multon, 1982**). C'est ainsi que les lipases libèrent des acides gras qui sont ensuite oxydés par la lipoxygénase. Il ne faut pas négliger cette altération enzymatique car certains produits

peuvent être toxiques tels que les produits de fermentation. Les réactions de Maillard donnent aussi un grand nombre de composés intermédiaires aboutissant dans leur stade ultime à la formation de composés brunâtres avec une destruction des vitamines B1, E et des caroténoïdes (**Gacem, 2011**).

Les altérations d'origine mécanique sont dues à des chocs entraînant des cassures et favorisant les autres causes d'altération. L'utilisation des radiations telles que les rayons gamma et les rayons ultra-violet (UV) peuvent provoquer des altérations radiochimiques telles que la pyrolyse, redistribution de l'eau dans le grain et l'adhésion de l'amidon et des constituants protéiques (**Gacem, 2011**).

1.3.7. Généralité sur les moisissures du genre *Fusarium*

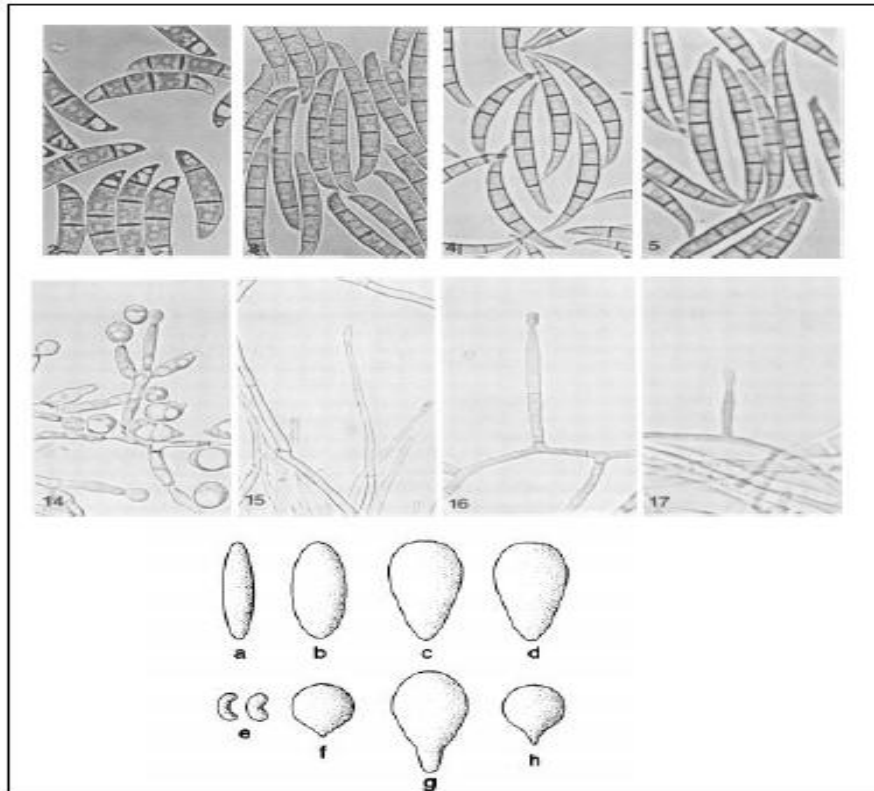
1.3.7.1 Ecologie

Les champignons du genre *Fusarium* sont très répandus et peuvent être isolés de la plupart des sols, de l'eau courante, des racines, des graines et d'autres tissus d'une grande variété de plantes herbacées et ligneuses sauvages ou cultivées. Ces organismes sont retrouvés aussi bien sous les climats tempérés que sous les climats sub-tropicaux. Certaines espèces s'attaquent plus particulièrement aux céréales (**Pitt, 2000**).

1.3.7.2. Morphologie

Les espèces de *Fusarium* peuvent produire trois types de spores : les macroconidies, les microconidies et les chlamydospores qui représentent les structures de résistances (figure 4) (**Nelson et al., 1983**).

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. Elles sont de diverses formes et de tailles différentes. Elles peuvent être produites 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, leur paroi externe 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 4: Morphologie des conidies de diverses espèces de *Fusarium* spp. (Nelson et al., 1992)

1.3.7. 3 Biologie

Les *Fusarium* poussent sur milieu Sabouraud, mais se développent mieux sur gélose au malt ou sur milieu PDA (potato-dextrose-agar). Leur température optimale de croissance est comprise entre 22 et 37°C. Sur les milieux de culture, les *Fusaria* forment des colonies duveteuses ou cotonneuses de couleur variable (blanche, crème, jaune, rose, rouge, violette ou lilas) selon les espèces. Le revers peut être crème, rouge à pourpre, lilas ou violet. Les pigments diffusent souvent dans la gélose (Chermette et Bussieras, 1993).

1.3.7.4 Importance *Fusarium*

Les *Fusaria* sont, principalement, des agents phytopathogènes. Ces champignons contaminent les céréales, les légumes, les arbres fruitiers provoquant des maladies nommées fusarioses. Ils sont généralement impliqués dans la pourriture des racines, tiges et fruits et, dans la dégradation du système vasculaire (Terplan et al., 1993).

Le genre *Fusarium* comprend des espèces capables de produire de nombreuses mycotoxines : les trichothécènes, la zéaralénone et les fumonisines qui sont présentés dans le tableau 2 suivant :

Espèces de <i>Fusarium</i>	Mycotoxines produites
<i>Fusarium acuminatum</i>	moniliformine, trichotécènes type A
<i>Fusarium anthophilum</i>	Moniliformine
<i>Fusarium avenaceum</i>	fusarine C, moniliformine
<i>Fusarium culmorum</i>	culmorine, fusarine C, trichotécènes type B, zéaralénone
<i>Fusarium cerealis</i> (sin. <i>crookwellense</i>)	culmorine, fusarine C, trichotécènes type B

Tableau 2 : Espèces de *Fusarium* mycotoxinogènes (Mallamaire A. 1965)

1.4 Insectes destructeurs du blé lors de la conservation

Les Coléoptères sont les ravageurs les plus importants de la classe des insectes. Regroupant plus de 330000 espèces, il représente le groupe le plus commun et le plus destructeur de la denrée entreposée (**Delobel et Tran, 1993**). Ils ont pour caractéristique principale la morphologie de leurs ailes. Ils en possèdent deux paires comme tous les insectes, mais la paire antérieure (les élytres) joue le rôle d'une armure. Cette carapace protège les ailes postérieures membraneuses repliées en dessous (**Dubesset, 2012**).

Les Tenebrionidae constituent l'une de plus vastes familles des Coléoptères (plus 15000 espèces décrites). Les adultes qui sont généralement de couleur sombre, présentent une grande variété d'aspects. En revanche, les larves sont de forme cylindrique, leur tégument est généralement sclerotinisé. Un certain nombre d'espèces de tenebrionidae ont été signalées comme nuisibles sur les plantes cultivées et d'autres s'attaquent aux denrées alimentaires stockées ou emmagasinées (**Delobel et Tran, 1993**). Parmi ces dernières le genre *Tribolium* comprend deux espèces principales cosmopolites et nuisibles: *T. castaneum* Herbst. Et *T. confusum* Duv.

1.4.1 Classification de *Tribolium confusum*

Selon Gretia (2009), la classification du *T. confusum* est la suivante :

- Règne : Animal
- Embranchement : Arthropoda
- Classe : Insecta
- Ordre : Coleoptera
- S/Ordre : Polyphaga
- Famille : Tenebrionidae
- Genre : *Tribolium*
- Espèce : *Tribolium confusum*

1.4.2. Répartition géographique

Ce type de coléoptère est présent en Afrique, causant de graves dommages aux céréales, en particulier en Égypte (Delobel et Tran, 1993). On le trouve également dans toutes les régions tropicales du monde, ce qui affecte beaucoup les cultures agricoles telles que l'arachide. Maïs, mil, maïs, blé, etc., où les larves et les adultes se reproduisent rapidement et réduisent la qualité du produit (Mallamatre, 1965).

1.4. 3 Description morphologique

La morphologie de cet insecte assure les quatre stades biologiques (Figure 4), on distingue :

a) L'œuf : qui est oblong et blanchâtre presque transparent. Sa surface est lisse recouverte d'une substance visqueuse qui lui permet d'adhérer à la denrée infestée. Il mesure en moyenne 0.6 x 0.3mm (Lepesm, 1944) (figure 5).

b) La larve : L'éclosion de l'œuf donne naissance à une larve de couleur blanche, de petite taille ne dépassant pas 1.4mm. Elle passe par plusieurs stades dont le nombre varie de 5 à 12 selon la température, l'humidité relative et la qualité de l'alimentation.

La larve de dernier stade est cylindrique mesure environ 7mm de long et 0.8mm de large, sa couleur est d'un jaune pâle.

c) La nymphe : mature est blanche à jaune pâle, et la tête est déprimée sous le pronotum. La puppe mâle mesure environ 3,25-4,15 mm de longueur, et 0,95-1,25 mm de largeur, tandis que la puppe femelle mesure environ 3,6-4,0 mm de long et 1,0-0,25 mm de largeur.

L'abdomen nymphal est conique et le dernier segment à deux structures pointues, ce sont les urogomphes. Les chrysalides du coléoptère *T. confusum* ont des mâchoires appelées pièges à

gin sur la marge latérale de leurs segments abdominaux articulés du segment 1 à 6 (Zohry, 2007).

d) Les adultes : de *T. confusum* sont des coléoptères allongés, brun rougeâtre dont la longueur du corps varie de 4,0 à 4,5 mm et la largeur de 1,0 à 1,2 mm. Les mâles et les femelles sont morphologiquement indiscernables au microscope optique. La tête est visible de dessus et le thorax légèrement parallèle à ses cotes. Les pattes sont courbées, les tarsi postérieurs sont formés de quatre articles et l'antenne composée de 11 anneaux ont une forme cylindrique (Zohry, 2007).

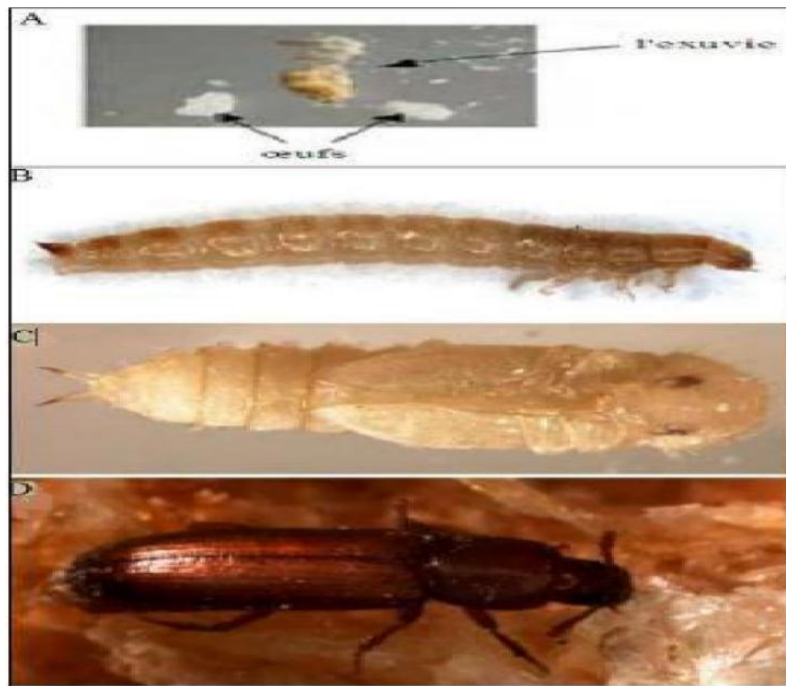


Figure 5 : Différents stades biologiques de *T. confusum* (Duval.)

a: l'œuf ; B: larve, C: nymphe, D: adulte (Walter, 2002).

1.4.4 Biologie

La longévité de l'insecte dépasse généralement 6 mois et peut atteindre près de 4 ans. La femelle pond entre 500 et 1400 œufs dans des conditions optimales de 30 ou 33°C pour 70% d'humidité relative, mais on n'observe aucun développement à des taux d'humidité relative inférieures à 10% sur la farine de blé additionnée de levure, la durée moyenne de développement de l'œuf à l'adulte est de 54 jours à 24°C , de 28 jours à 29°C et de 26 jours à 34°C . Les œufs sont déposés en vrac sur les graines et sont difficiles à déceler. Les larves circulent librement dans les denrées infestées (Delobel et Tran, 1993).

1.4.5 Régime alimentaire et dégâts causés par *Tribolium confusum*

Le *Tribolium* recherche surtout les denrées amylacées pulvérulentes comme la farine, le son, les issues... etc. (**Lepesme, 1944**). Les adultes sécrètent une odeur persistante et désagréable aux produits alimentaires envahis. La substance émise affecte les propriétés de la pâte faite avec de la farine contaminée, cette substance est irritante pour l'homme et elle peut causer des désordres gastriques (**Roger, 2002**).

D'après **Steffan in Scotti (1978)**, les adultes sont très polyphages. Ce sont des cléthrophages secondaires, car les larves et les adultes se nourrissent surtout de brisures. Elles attaquent les grains endommagés, escortent souvent les charançons ou parachèvent leurs dégâts.

1.4.6 Moyens de lutte

Le souci majeur d'un stockeur est de garder son stock de grain de céréales intact. De nombreux travaux ont été réalisés pour le contrôle des ravageurs des grains en stockage (**Bekon et Fleurat-Lessard, 1989**).

La lutte chimique demeure le moyen de protection le plus efficace avec cependant des avantages et des inconvénients (**Hall, 1970; Haubruge et al., 1988; Relinger et al., 1988**). Pour la protection des stocks vivriers et des semences, les pesticides fréquemment utilisés appartiennent à deux familles : les organophosphorés et, les pyréthroides de synthèse et des dérivés actives obtenues à partir de ces deux familles (**Gwinner et al., 1996**).

Selon **Philogène (2005)**, tous les pesticides posent un problème de contamination à court ou à long terme, selon la nature de la molécule utilisée dans les traitements et selon la manière avec laquelle ils sont appliqués.

A cause de leur effet négatif sur l'environnement, l'utilisation des insecticides chimiques est devenue de plus en plus restrictive. L'utilisation intensive des insecticides de synthèse pour lutter contre les insectes phytophage sa conduit à la contamination de la biosphère (**Wmo, 1965**).

Dans ce sens, différents travaux font référence à l'utilisation des extraits végétaux pour la protection des denrées stockées contre les insectes et les ravageurs (**Ibrahim et al., 2001**). Les huiles essentielles des plantes font partie ces dernières années des voies les plus explorées dans la régulation des ravageurs. Leur application dans la protection des stocks a fait l'objet de nombreux travaux. Leur toxicité s'exprime de différentes manières activités ovicide, larvicide, anti nutritionnelle et inhalatoire (**Kéïta et al., 2000**).

Chapitre 2 : Matériel et méthode

2. Matériel et méthode

2.1 But

Ce présent travail a été réalisé au niveau du laboratoire de recherche des plantes médicinales et aromatiques au département de biotechnologie à l'université de Blida1. Il consiste à mettre en évidence le pouvoir fongicide et insecticide de cinq échantillons d'huile essentielle des plantes cultivées en comparaison avec un échantillon spontané de (*Thymus numidicus* Poiret.) provenant de la région de Bejaia. Les évaluations ont porté respectivement sur les taux d'inhibition de la croissance mycélienne de deux isolats de *Fusarium* spp. et sur les taux de mortalités des adultes de l'insecte ravageur « *Tribolium confusum* » prélevés d'un échantillon de semoule contaminé.

L'évaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle du Thym, repose sur le calcul des taux de mortalité corrigée des adultes, par la méthode d'inhalation. Par ailleurs, le pouvoir inhibiteur de l'huile essentielle de thym a porté sur le développement fongique, selon la technique « micro-atmosphère ».

2.2 Matériel biologique

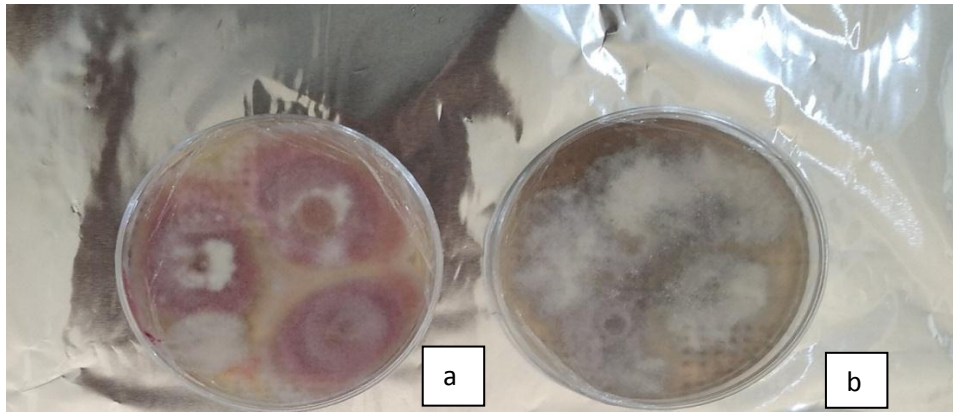
Trois types de matériaux ont été utilisés pour cette étude

2.2.1 Matériel végétal

Cinq échantillons de la matière sèche de (*Thymus numidicus* Poiret.) cultivé dans différentes conditions et un échantillon spontané, nous a été parvenu de la part de la doctorante « Boutekrabte Naima » (LRPAM, université de Blida) pour faire l'objet d'extraction des échantillons d'HE de la plante étudiée par hydro distillation.

2.2.1 Matériel fongique

Les contaminants fongiques ont été prélevés de quelques échantillons de semoule contaminée. Ces dernières ont été cultivées sur milieu PDA, à 25°C pendant 2 semaines. Ils ont été par la suite purifiés des séries de repiquages successifs. L'identification des isolats fongique a été basée sur la caractérisation culturelle et morphologique des cultures monosporales, au niveau du laboratoire de recherche des plantes Médicinales et Aromatique, de la faculté SNV de l'université de Blida par Dr Moumene S. (Figure 6)



a : Isolat 1 de *Fusarium* sp. b : Isolat 2 de *Fusarium* sp.

Figure 6 : Aspect cultural des isolats fongiques étudiés (Originale, 2021).

2.2.3 Matériel animal

L'identification de l'insecte a été réalisée par Pr Kallouch au niveau de laboratoire des sciences agronomique à l'université de Mouloud Maamri Tizi-Ouazou.

Le matériel est composé d'insecte « *Tribolium confusum* ». Il nécessite un élevage de masse pour réaliser l'activité insecticide par HE.

L'élevage de masse de *Tribolium confusum* est maintenu dans des bocaux en verre transparent contenant de la semoule utilisée comme substrat alimentaire (Figure 7). Celui-ci a été réalisé dans des conditions ambiantes du laboratoire à une température comprise entre de 25°C et 30°C et à une humidité relative de 65%.



Figure 7: Élevage de masse de *Tribolium confusum* (originale, 2021)

2.3 Méthodologie

2.3.1 Étude de l'activité antifongique

Cette étude est basée sur le pouvoir inhibiteur de la fraction volatile de l'huile essentielle sur la croissance mycélienne des isolats fongiques. La technique de la micro-

atmosphère a été adoptée pour notre étude .Elle a été inspirée des travaux de **Hmiri et al. (2011)** et **Laghchimi et al. (2014)**.

A cet effet, le milieu PDA en surfusion a été coulé dans les boîtes de pétri. Après solidification du milieu, des disques mycéliens provenant des cultures de chaque isolat fongique ont été bien déposés aseptiquement dans le milieu de culture au centre de chaque boîte de pétri respective. Ces derniers ont été tournées à l'envers (couvercle en bas).

Par ailleurs, des disques de 80mm de diamètre de papier buvard stérilisé, ont été mis à l'intérieur de chaque boîte sur le couvercle (les boîtes étant toujours à l'envers) (Figure 8), avant d'être imprégnés séparément par chacun à 1% d'émulsions préparées à partir de 10ml de la solution d'eau-agar à 100µl des échantillons d'huiles essentielles de *Thymus numidicus* à raison de 10µl /ml : en présence de (témoin) dont les boîtes de pétri ne renferment pas d'huile essentielle .Les boîtes ont été rapidement scellées par du parafilm pour empêcher son évaporation. L'incubation des boîtes a été réalisée dans une étuve réglée à 25°C. Cinq répétitions ont été prises en considération pour chaque isolat fongiques et pour chaque échantillon d'huile essentielle.



Figure 8 : Dispositif expérimental de la technique micro-atmosphère vis-à-vis a des isolats de *Fusarium* sp. (Originale, 2021).

L'inhibition de la croissance mycélienne des isolats a été déterminée par la mesure de la moyenne des diamètres de leurs cultures respectives, après 7 jours d'incubation sous l'effet de l'extrait. Les taux d'inhibition ont été calculés selon la formule décrite par **Pandey et al. (1982)**.

$$IG(\%) = \frac{(d0 - dt)}{d0} \times 100$$

Avec :

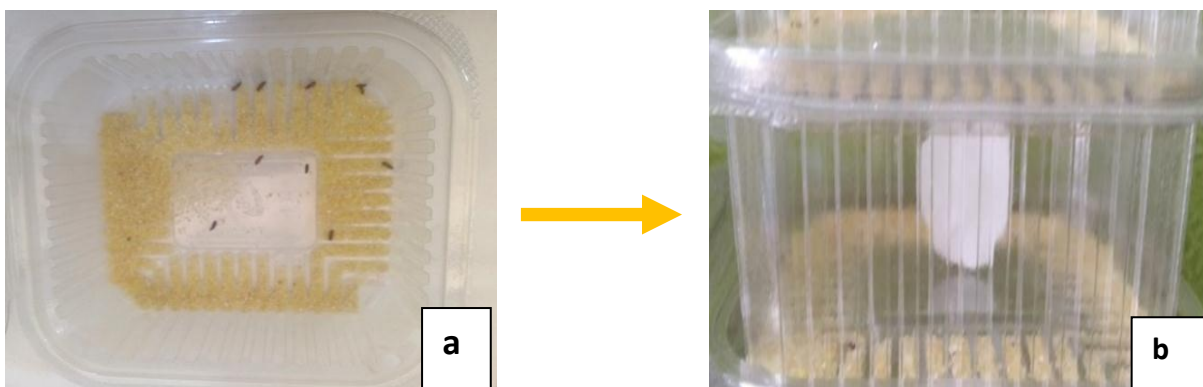
- IG = taux d'inhibition de la croissance mycélienne (en %),
- $d0$ = moyenne des diamètres de la colonie fongique du témoin (en mm),
- dt = moyenne des diamètres de la colonie fongique du traitement (en mm).

2.3.2 Etude de l'activité insecticide de l'huile essentielle de "*Thymus numidicus*"

Cette étude est basée sur l'évaluation de la mortalité des adultes de *Tribolium confusum* par effet d'inhalation. Le test de toxicité par fumigation est réalisé dans des petites boîtes en plastiques de 56cm² et à différentes période d'exposition suivantes : 24, 48,72 et 96h. Des disques de papier filtre (Whatman N°1) de 2cm de diamètre ont été suspendus à l'aide d'un fil à la face inférieure des ouvertures des boîtes et ont été imprégnés avec des doses appropriées d'huile essentielle pure (Figure 9). Le choix des doses des échantillons d'huiles essentielles est basé sur des tests préliminaires. Les doses testées sont: 2,5µl/ml, 5µl/ml et 10µl/ml, à raison de 5 répétitions par dose et par échantillon.

L'émulsion de 1% a été préparée par l'ajoute de 100µl d'huile essentielle à 10ml d'acétone à 5% et le principe pour les autres dilutions.

Le nombre de répétitions est fixé à 5, y compris pour le témoin qui est réalisé sans exposer les différents dose de l'huile essentielle. Après nous avons placés 10 individus à l'intérieur des boîtes avec 3g de la semoule. Un comptage des insectes morts est réalisé après 24 ,48 ,72 et 96 h.



a : les insectes+ la semoule, b : les insectes+ semoule+ traitement

Figure 9: Dispositif expérimental du test de fumigation sur les adultes de *T. confusum* (Original, 2021).

L'activité insecticide est évaluée pour chaque échantillon d'HE par la mortalité. Les résultats des tests effectués ne représentent pas uniquement la mortalité causée par l'huile, mais il y a aussi la mortalité naturelle. Le comptage des adultes morts est réalisé après 24 heures, 48 heures et après 72 heures. La mortalité observée est exprimée après correction par la formule d'Abbott (**Abbott, 1925**).

$$MC(\%) = (MT - Mt) / (100 - Mt) \times 100$$

- MC %: pourcentage de mortalité corrigée
- Mt : Mortalité enregistrée dans la population de témoins
- MT : Mortalité obtenue dans la population traitée par HE.

Pour estimer l'efficacité des huiles essentielles, on a procédé au calcul des CL₅₀ et CL₉₀ qui représentent les concentrations entraînant la mortalité respectivement de 50% et 90% d'individus d'un même lot.

2.4 Analyse statistique

Afin de vérifier l'efficacité des huiles essentielles de (*Thymus numidicus* Poiret) vis-à-vis des isolats étudiés de *Fusarium* spp. et pour évaluer leur pouvoir inhibiteur de la croissance mycélienne en utilisant le test d'ANOVA pour la détermination de la variance et le test de Tukey pour classer les huiles essentielles et les isolats fongiques en groupe homogène selon le taux d'inhibition enregistrés.

Par ailleurs, les analyses statistiques pour l'activité insecticide ont été effectuées sur le taux de mortalité, en déterminant la variance à l'aide de l'outil d'ANOVA et le test de Tukey pour classer les HE en groupes homogènes selon le taux de mortalité enregistrés. Les différences ont été considérées significatives pour $p \leq 0,05$ (**Philippeau, 1989**).

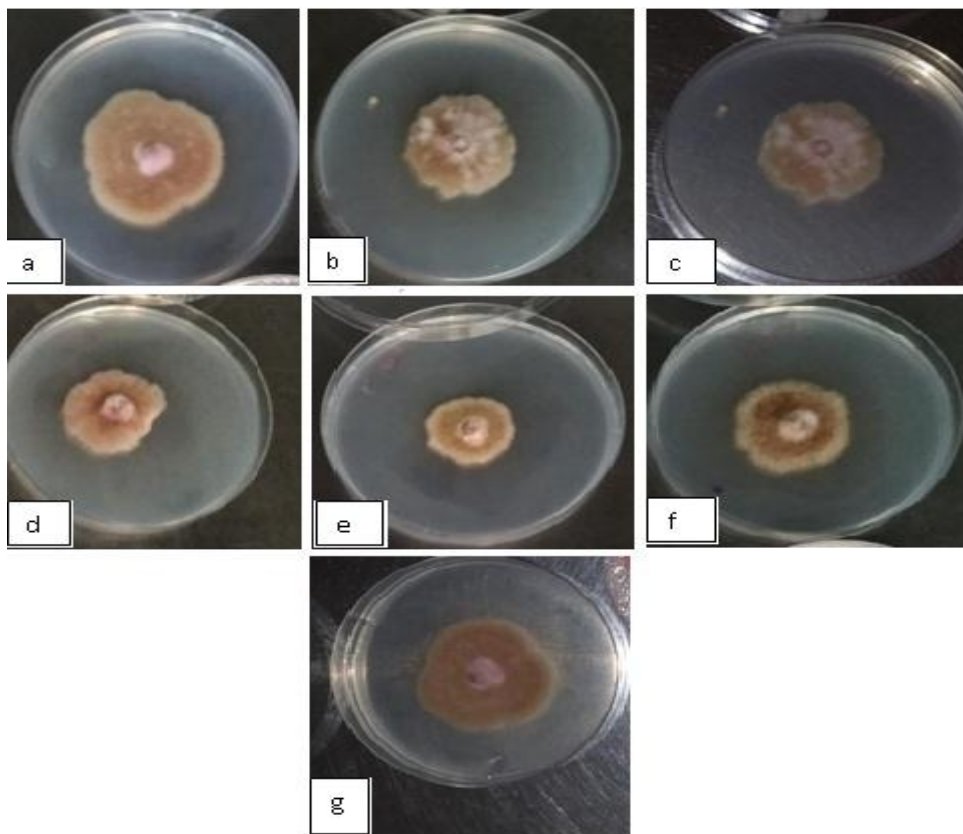
Chapitre 3 : Résultats et Discussion

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Évaluation de l'activité antifongique des échantillons d'huile essentielle de *Thymus numidicus* cultivées vis-à-vis des deux isolats de *Fusarium* spp.

L'ensemble des échantillons d'huile essentielle ont tous montré leur effet inhibiteur variable sur la croissance mycélienne de l'isolat 1 de *Fusarium* sp. en comparaison avec les faibles croissances révélées par respectivement.

L'échantillon T5 et les témoins (Figure 10). Il est important de signaler qu'aucune modification culturale n'a été observée sous l'effet des échantillons d'HE en comparaison avec le témoin (Figure 10).



a : témoin, b : Ts, c : T1, d:T2, e : T3, f : T4, g : T5

Figure 10 : Variabilité culturale de l'isolat 1 de *Fusarium* sp. Cultivé sur milieu PDA à 25°C pendant 7 jours, selon les échantillons d'huile essentielle de la plante *Thymus numidicus* Poiret. Selon les échantillons d'huile essentielle de *Thymus numidicus* Poiret.

L'analyse de la variance des taux d'inhibition de la croissance mycélienne de l'isolat 1 de *Fusarium* sp. par le test ANOVA, a montré une différence très

hautement significative selon les échantillons d'HE de *Thymus numidicus* (P=0,000, F=7,90) (tableau 3).

Tableau 3 : Analyse de la variance par le test ANOVA, des taux d'inhibition de la souche mycélienne de l'isolat 1 de *Fusarium* sp., selon les échantillons de l'huile essentielle étudiés.

Source	DF	AdjSS	Adj MS	F-Value	P-Value
Traitement	5	7537	1507,5	7,90	0,000

Le test de Tukey a permis le classement des échantillons de l'huile essentielle étudiée en cinq groupes homogènes, selon leur taux d'inhibition de la croissance mycélienne dans l'ordre décroissant suivant :

Les échantillons T3 (A : 72,78%), T4 (AB : 50,94%), T1 (ABC : 48,1%), T5 et T2 (BC : 39,75 – 31,50%), Ts (C : 23%) (Tableau 4).

Tableau 4 : Classement des échantillons d'huile essentielle de *Thymus numidicus* par le test de Tukey, selon les taux d'inhibition de la croissance mycélienne de l'isolat 1 de *Fusarium* sp.

Traitement	N	Mean	Grouping
T3	5	72,78	A
T4	5	50,94	A B
T1	5	48,1	A B C
T5	5	39,75	B C
T2	5	31,50	B C
Ts	5	23,00	C

En effet, tous les échantillons d'huile essentielle de *Thymus numidicus* ont montré un effet inhibiteur sur la croissance mycélienne de l'isolat 1 de *Fusarium* sp.

Cependant, deux échantillons d'huile essentielle seulement ont prouvé une inhibition intéressante, l'une modérée induite par l'échantillon T4 (50,94%) et l'autre plus importante celle présentée par T3 (72,78%) contrairement à aux autres échantillons

donc, les taux d'inhibition enregistrés étaient inférieurs à 50%. Dans ce sens, on peut donc, recommander l'utilisation de l'échantillon d'HE «T3» vis-à-vis de l'isolat 1 de *Fusarium* sp.

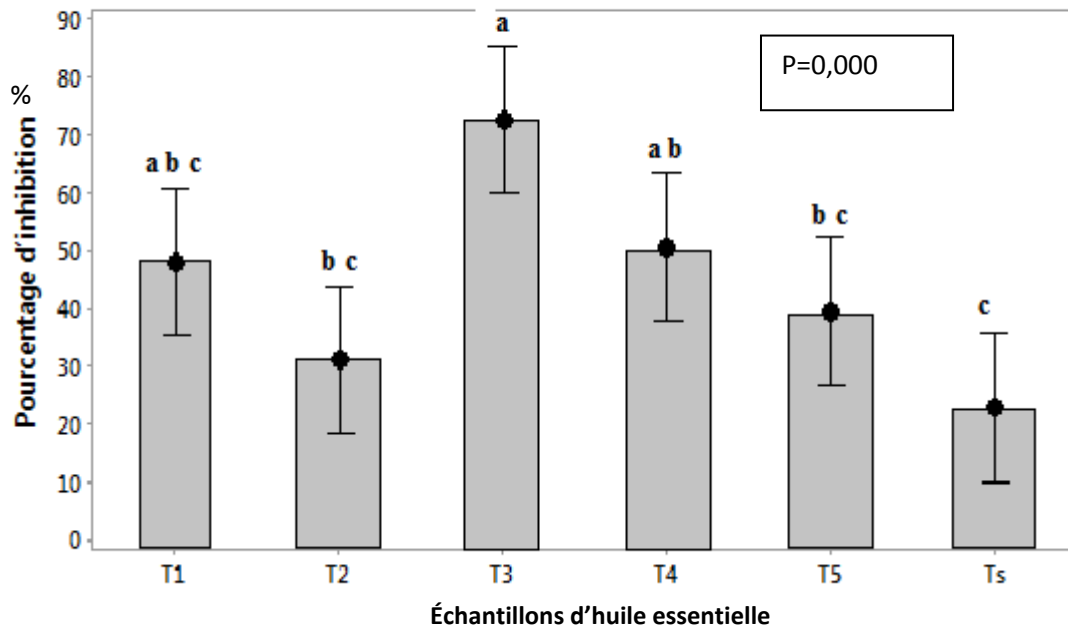
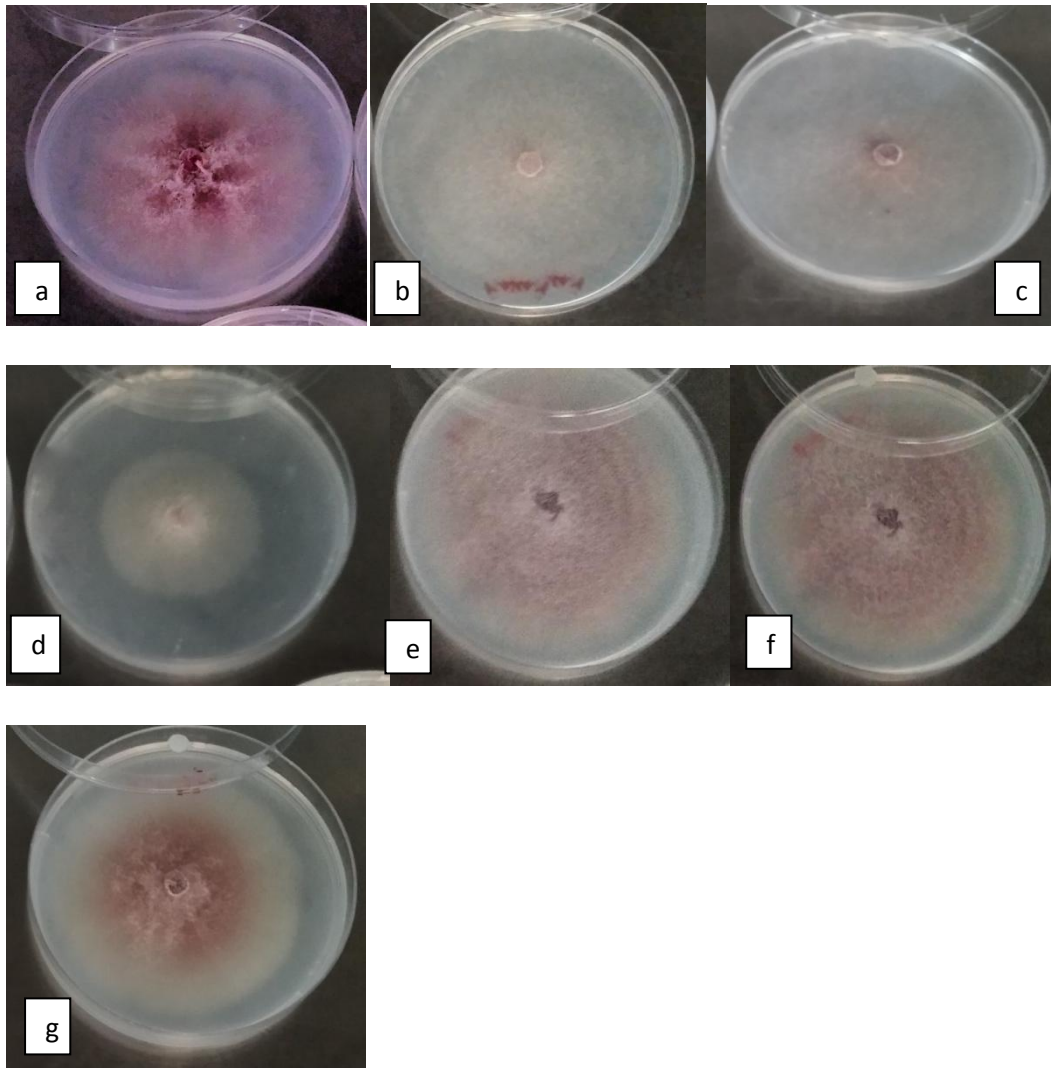


Figure 11: Inhibition de la croissance mycélienne de l'isolat 1 de *Fusarium* sp. Sous l'effet des échantillons de l'huile essentielle de la plante cultivée de *Thymus numidicus*

Par ailleurs, l'ensemble des échantillons d'huile essentielle ont à leur tour tous montré un effet inhibiteur variable sur la croissance mycélienne de l'isolat 2 de *Fusarium* sp.

Il n'apparaît intéressant que sous l'effet de l'échantillon d'HE T2 du moment que, les autres ont tous révélé une bonne croissance mycélienne de l'isolat 2.

Il est également important de signaler des modifications culturelles, traduites par la disparition du pigment rouge dans le milieu de culture et le changement de la texture mycélienne sous l'effet de quelques échantillons d'HE en comparaison avec le témoin et l'échantillon d'HE de l'état spontané « Ts » (Figure 12).



a : témoin, b : Ts, c : T1, d : T2, e : T3, f : T4, g : T5

Figure 12: Variabilité culturelle de l'isolat 2 de *Fusarium* sp. Cultivé sur milieu PDA à 25°C pendant 7 jours, selon les échantillons d'huile essentielle de la plante *Thymus numidicus* Poiret. Sous l'effet des différents traitements.

L'analyse de la variance des taux d'inhibition de la croissance mycélienne de l'isolat 2 de *Fusarium* sp. par le test ANOVA, a montré une différence très hautement significative selon les échantillons d'HE de *Thymus numidicus* ($P=0,000$, $F=6,75$) (tableau5).

Tableau 5 : Analyse de la variance par le test ANOVA, des taux d'inhibition de la souche mycélienne de l'isolat 2 de *Fusarium* sp., selon les échantillons de l'huile essentielle étudiés.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Traitement	5	3436	687,2	6,75	0,000

Le test de Tukey a permis le classement des échantillons d'huile essentielle en deux groupes homogènes distincts, selon leur taux d'inhibition de la croissance mycélienne dans l'ordre décroissant suivant :

Les échantillons T4 dans le groupe A (64,28%) et dans le même groupe B : T1 (B : 43, 99%), Ts (BC : 36,53%), T3 (34,94%), T5 (BC : 34,88 %) et T2 (34,40%) (Tableau 6).

Tableau 6: Classement des échantillons d'huile essentielle de *Thymus numidicus* par le test de Tukey, selon les taux d'inhibition de la croissance mycélienne de l'isolat 2 de *Fusarium* sp.

Traitement	N	Mean	Grouping
T4	5	64,28	A
T1	5	43,99	B
Ts	5	36,53	B
T3	5	34,94	B
T5	5	34,88	B
T2	5	34,40	B

En effet, l'ensemble des échantillons d'huile essentielle de *Thymus numidicus* ont tous montré un effet inhibiteur significatif sur la croissance mycélienne de l'isolat 2 de *Fusarium* sp.

Cependant, un seul échantillon d'huile essentielle (T4) s'est avéré efficace, ayant confirmé une inhibition intéressante excédant 50%, les autres ont montré un faible effet inhibiteur en dessous de 50% vis-à-vis de l'isolat 2 de *Fusarium* sp.

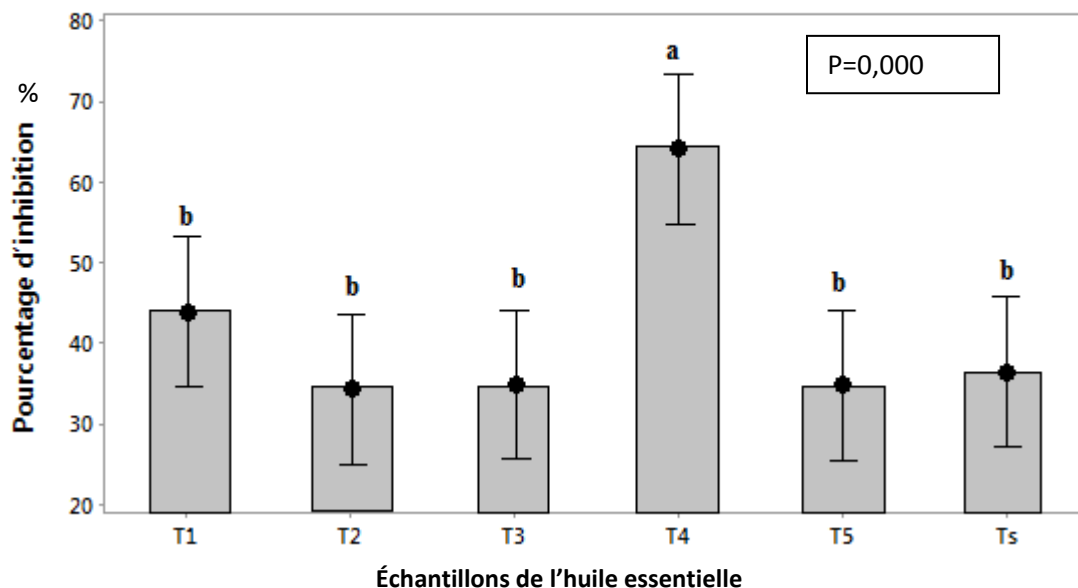


Figure 13 : Inhibition de la croissance mycélienne de l'isolat 2 de *Fusarium sp.* sous l'effet des échantillons d'huile essentielle de la plante cultivée « *Thymus numidicus* ».

On peut donc conclure que les émulsions préparées à partir de l'échantillon T4 à la concentration de 1% appliquées selon la méthode de micro atmosphère ont affirmé leur potentiel inhibiteur sur la croissance des deux isolats mais l'activité inhibitrice de l'échantillon « T3 » n'était efficace que sur l'isolat 1 de *Fusarium spp.* On peut aussi déduire qu'il serait possible d'améliorer le pouvoir inhibiteur de l'ensemble des échantillons testés de l'huile essentielle de la plante étudiée en augmentant la dose (volume utilisé) par semaine, sachant que 15µl d'émulsion ont été utilisés pour chaque échantillon et par boîte de Pétri, pendant 7 jours d'incubation.

Nos résultats concordent avec plusieurs travaux rapportés par la bibliographie. Les mêmes résultats ont été prouvés par le biais de la méthode de micro-atmosphère relatifs à la croissance des moisissures soumises à l'action de différentes concentrations de l'huile essentielle de *Thymus numidicus* Poiret. testée pour son potentiel inhibiteur vis-à-vis d'*Aspergillus niger*. Il a été démontré une activité fongistatique importante. L'analyse chimique de la même huile essentielle

par CG-MS a révélé sa richesse en carvacrol (80%) responsable de l'activité inhibitrice élevée sur la croissance mycélienne et la sporulation des espèces fongiques telles que, *A. fumigatus*, *F. solani*, *P. expansum* et *R. oryzae* (**Inouye et al. 1988**).

D'après **Kedia et al. (2015)**, l'huile essentielle d'*Ammoides pusilla* est dotée d'un large spectre de toxicité fongique responsable de l'inhibition totale de la croissance de 19 contaminants d'altération alimentaire tels que, *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. flavus*, *Penicillium* sp. et *Fusarium* spp. isolés à partir du blé.

Salhi et al. (2005) ont montré que l'huile essentielle du *Laurus nobilis* a exercé une importante activité inhibitrice vis-à-vis du champignon *Fusarium sporotrichoides*, les diamètres, la vitesse et l'indice antifongique de la croissance de mycélium sont diminué à chaque fois qu'on augmente la concentration d'huile essentielle jusqu'à la non germination du disque atteinte au CMI (0.5%).

Dans le même contexte, l'activité antifongique d'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* sur *Fusarium moniliforme*, *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum* and *Stemphylium solani* a été traduite par l'absence ou présence de croissance mycélienne. L'augmentation de la croissance mycélienne était signalée sous l'effet dans les concentrations qui correspondent l'absence d'huile essentielle (témoin), par contre la croissance mycélienne a été diminuée lorsque la concentration de huile essentielle augmente jusqu'à l'inhibition totale sous l'effet de la concentration 0.75% (**Goudjil et al., 2016**).

Soura et al. (2005) ont à leur tour montré qu'HE d'*E. globulus* était plus active sur *Rhizopus* spp. et *Fusarium* spp.

D'après **Mohammedi et al. (2005)**, l'huile essentielle de *Ciste* a été testé contre sept moisissure : *Rhizopus*, *Mucor*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma* et *Aspergillus*. L'huile s'est montrée très active sur toutes les souches. Cependant cette activité dépend de la concentration de l'huile et de la moisissure. L'huile essentielle s'est manifestée par un bon pouvoir antifongique. Les moisissures ont montré une sensibilité accrue à l'augmentation du volume de l'huile dans leur milieu de culture ou le diamètre de la colonie se réduit à chaque fois qu'on augmente la dose de l'huile essentielle jusqu'à une inhibition totale ou aucune croissance est observée.

En revanche, **Shin (2003)** n'a noté aucune inhibition par la même méthode de diffusion de cette huile essentielle extraite des bois de cèdre sur la

croissance d'*Aspergillus flavus* et *A. niger*. Ceci s'explique principalement par leur composition chimique riche en hydrocarbures terpéniques et pauvre en terpènes phénoliques.

Par ailleurs, plusieurs travaux ont expliqué le mode d'action des HE sur la croissance fongique. Ainsi, l'effet fumigant de l'huile essentielle d'*Ammoides pusilla* sur *A. flavus* a été étudié par **Kedia et al. (2015)** et a montré des perturbations au niveau de la membrane plasmique des hyphes. Ces derniers paraissent avec des conidiophores et conidies déformées et des dépressions visibles en comparaison avec les hyphes du témoin. Les modifications morphologiques augmentent en fonction de la concentration de l'huile essentielle. Les distorsions peuvent être dues à la fuite du contenu des cellules. Par conséquent, la membrane plasmique des champignons est la principale cible des huiles essentielles.

Kedia et al. (2015) ont montré des perturbations au niveau de la membrane plasmique des hyphes. Ces derniers paraissent avec des conidiophores et conidies déformées et des dépressions visibles en comparaison avec les hyphes du témoin. Les degrés d'anomalie augmentent en fonction de la concentration de l'huile essentielle. Ces distorsions peuvent être dues à la fuite du contenu des cellules. Par conséquent, la membrane plasmique des champignons est la principale cible des huiles essentielles.

Sharma et Tripathi (2006) ont également traduit la lyse et la vésiculation du mycélium par l'activité antifongique des huiles essentielles, conduisant à la sortie des inclusions cytoplasmiques, la perte de la rigidité de la paroi cellulaire, aboutissant à sa fragmentation et à la destruction du champignon

En outre, les mêmes auteurs ont également mesuré la quantité d'ergostérol dans la membrane plasmique. Ce composé est un constituant essentiel de la membrane fongique qui assure le maintien de la forme de la cellule fongique d'où se traduit l'effet antifongique de l'huile essentielle par son pouvoir inhibiteur de la croissance mycélienne.

3.2 Évaluation de l'activité insecticide des échantillons d'huile essentielle de *Thymus numidicus* sur *Tribolium confusum*

L'analyse de la variance des taux de mortalité des adultes de l'insecte étudié a montré une différence hautement significative selon l'effet des échantillons d'HE de *Thymus numidicus* ($P=0,000$; $F= 20,96$) (Tableau 7).

Tableau 7: Analyse des taux de mortalité des adultes de *Tribolium confusum* par le test ANOVA selon les échantillons d'huile essentielle de *Thymus numidicus* Poiret.

Source	DF	ADJ SS	ADJ MS	F-Value	P-Value
Traitement	18	45134	2507,4	20,96	0 ,000

L'ensemble des échantillons d'HE ont prouvé leur effet insecticide selon les trois concentrations étudiées (Tableau 8). Les taux de mortalité les plus importants (92%) ont été enregistrés comme suit :

- L'échantillon T3 a la concentration 0,25% (Groupe A),
- Les échantillons T2 (88%) et T5 (85%) à la concentration 1% et l'échantillon T2 à la concentration 0,5% (Groupe AB),
- Les échantillons T3 et Ts (82%) aux concentrations 0,5% et 1%, respectivement (Groupes ABC),
- Les échantillons T3 (79%) et T2 (78%) pour les échantillons T3 et T2 (groupes ABCD).

Toutefois, la concentration 0,25% a montré des taux de mortalité acceptables mis à part pour les deux échantillons T4 et T5 (Tableau 8). Le pouvoir insecticide était intéressant particulièrement à la concentration de 1 et 0,5% (Tableau 8).

En effet, selon les normes des produits insecticides, la toxicité du produit est définie comme suit :

- Le produit est moyennement toxique si les taux de mortalité excèdent 60% alors qu'ils sont faiblement toxiques dans le cas où, les taux de mortalité soit inférieur à 30%.
- L'ensemble des échantillons d'HE ont prouvés leur effet insecticide selon les trois concentrations étudiées (tableau 8) le pouvoir insecticide était entraînant particulièrement à la concentration de 1 et 0,5%(tableau 8)

- Toutefois, la concentration 0,25% à montrer des taux de mortalité acceptables mis à part les deux échantillons T4 et T5 (tableau 8)
- Les taux de mortalité les plus importants (92%) ont été enregistré par l'échantillon T3 a la concentration 0,25%(groupe A)
- Les échantillons T2 (88%) et T5 (85%) a la concentration 1% et l'échantillon T2 à la concentration 0,5%(groupe AB)
- Les échantillons T3 et Ts (82%) aux concentrations 0,5% et 1% respectant (groupe ABC)
- L'échantillon T3 et T2 (A B C D)
- En effet, selon les normes de produits insecticides, la toxicité du produit définie comme suit : le produit est moyennement toxique si les taux de mortalité excèdent 60% alors que si sont faiblement toxiques dans le cas où les taux de mortalité sont inferieur a 30%.
- Par ailleurs, les taux de mortalité de l'insecte selon les échantillons d'HE et les concentrations testées on a pu établir les concentrations létales 50%et 90%, aussi ; selon les trois concentrations (1, 0,5 et 0,25%).
- Les échantillons d'HE T2 et T3 ont persiste des taux de mortalité à potentiel insecticide sont : les échantillons T2 (0,17) et T3 (0,26) et selon la CI 50 et les échantillons T3 (0 ,94µl /ml) T5 (1,01 µl/ml) selon CI 90.

Tableau 8 : Classement des concentrations et de l'échantillon d'HE par le test de Tukey selon les taux de mortalité corrigée de *Tribolium confusum*

Traitement	N	Mean	Grouping
C1T3	5	92,00	A
C1T5	5	88,00	A B
C1T2	5	88,00	A B
C2T2	5	85,00	A B
C2T3	5	82,00	A B C
C1T5	5	82,00	A B C
C3T3	5	79,00	A B C D
C3T2	5	78,00	A B C D
C2T5	5	76,00	A B C D E
C1T1	5	70,00	A B C D E F
C2T5	5	66,00	B C D E F G
C3T5	5	58,00	C D E F G
C2T1	5	58,00	C D E F G
C3T1	5	54,00	D E F G
C1T4	5	52,00	E F G
C2T4	5	48,00	F G
C3T4	5	47,00	F G
C3T5	5	42,00	G
TEM	5	0,000000	H

Les taux de mortalité de l'insecte selon les échantillons d'HE testés aux concentrations considérées ont montré que les échantillons d'HE T2 et T3 possèdent le potentiel insecticide le plus important vu l'importance de leur taux de mortalité enregistré (Figure 14)

Dans ce sens, on peut citer et classer les échantillons d'HE dans l'ordre décroissant comme suit :

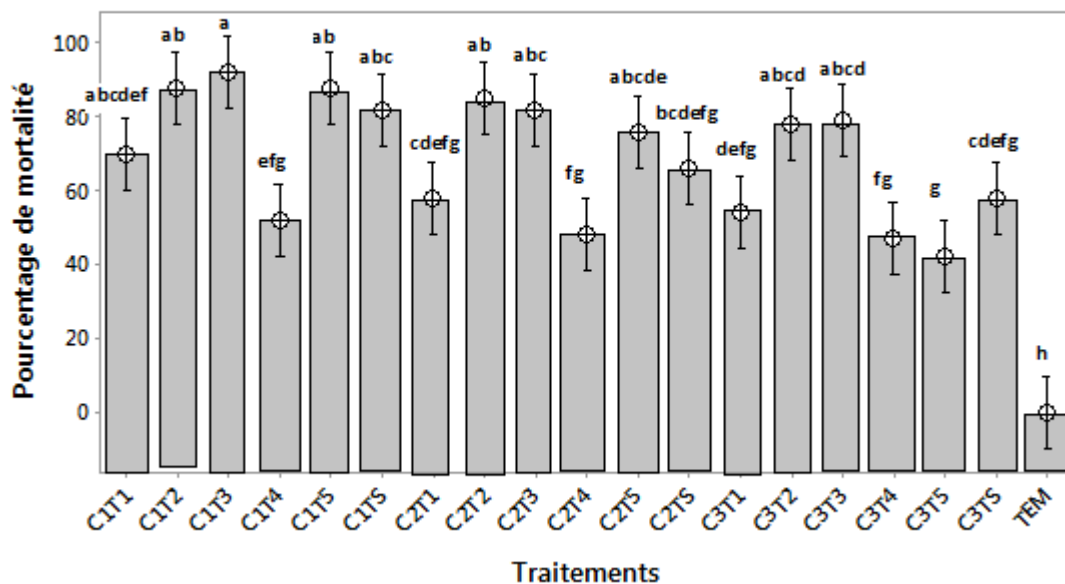
Les échantillons T2 (0,17µl/ml) T3 (0,26 µl/ml) selon la CL50 et, les échantillons T3 (0,94µl/ml), T5 (1,01µl/ml) selon la CL90% (Tableau 9)

Dans l'ensemble, l'échantillon T3 demeure potentiellement insecticide et très utile dans la conservation du blé et ses dérivés.

On peut déduire le classement des concentrations de l'huile selon les taux de mortalité 50% et 90% comme suit :

CL 50% : T2 (0,17%), T3 (0,26%), Ts (0,48%), T1 (0,50%), T5 (0,58%) et T4 (0,87%).

CL 90% : T3 (0,94%), T5 (1,01%), T2 (1,11%), Ts (1,41%), T1 (3,19%), T3 (3,84%).



T1, T2, T3, T4, T5, Ts : échantillons d'huile essentielle de *Thymus numidicus*,
C1 : 1%, C2 : 0,5%, C3 : 0,25%

Figure 14 : Taux de Mortalités des adultes de *Tribolium confusum* sous l'effet de trois concentrations des échantillons d'Huile essentielle de *Thymus numidicus*.

Tableau 9 : Concentrations d'HE létale pour les taux de mortalités de 50 et 90%

	Cl 50 µl/ml	Cl 90 µl/ml
T1	0,50	3,19
T2	0,17	1,11
T3	0,26	0,94
T4	0,87	384,67
T5	0,58	1,01
TS	0,48	1,41

On peut déduire le classement des concentrations d'HE selon les taux de 0,005 de mortalité 50% et 90% comme suit :

- Cl 50% : T2(0,17) < T3(0,26) < Ts (0,48) < T1(0,50) < T5(0,58) < T4(0,87)
- Cl 90% : T3(0,94) < T5(1,01) < T2(1,11) < Ts(1,41) < T1(3,19) < T4(3,84)

De même, selon l'échelle de toxicité des HE on peut caractériser nos échantillons comme suit :

Les échantillons d'huile essentielle T1, T2, T3, T4, T5 et Ts dont la CL90 est >60%, sont moyennement toxiques. Cependant ceux dont la CL90 est <30%, sont faiblement toxiques pour les concentrations C1 : 1%, C2 : 0,5%, C3 : 0,25%.

Les plantes aromatiques médicinales sont considérées, d'après leurs constituants en huiles essentielles, comme bio insecticides contre une variété d'insectes et ravageurs des stocks. De nombreux travaux scientifiques publiés dans la littérature ont mis en évidence leur effets contre les insectes des stocks (**Ketho et al., 2004**). L'effet insecticide des huiles essentielles par contact, par ingestion et par fumigation les travaux bibliographiques ont démontrés l'efficacité l'insecticide des HE par contact, ingestion et fumigation contre les déprédateurs des denrées entreposées dans plusieurs études. Dans ce sens, **El- Nahl et al. (1989)** avaient testé l'effet toxique de l'huile essentielle d'*Acorus calamus* L. de l'inde. Ils avaient remarqué que *Callosobruchus chinensis* L. était le plus sensible comparativement à *Sitophilus granarius* L, *Sitophylus oryzae* L. *Tribolium confusum* et *Rhyzoperta dominica* F. le facteur influençant l'efficacité des vapeurs était la durée d'exposition.

D'après **Tapondjou et al. (2005)**, l'effet toxique d'*Eucalyptus saligna* a été mis en évidence à l'égard de *Sitophilus zea mais* et *T. confusum*, à la dose 0.36 µl /cm².

Tunc et al. (2000) ont affirmé l'efficacité des huiles d'origan et du romarin et d'eucalyptus qui réduisent la longévité de *T. confusum* et provoquent une mortalité variant de 77% à 89 % après 96 heures d'exposition.

Une éventuelle étude a confirmé que l'activité insecticide totale des huiles essentielles sur *T.confusum*, et les huiles essentielles du Thym et de la Menthe verte ont provoqué 100% de mortalité, vient se positionner par celui de Romarin avec un taux de 97,37%, l'Eucalyptus 72,63%, et enfin la Citronnelle avec 52,26. (**Benazzeddine, 2010**). Une étude ultérieure a montré que l'huile essentielle de l'origan a provoqué une mortalité de 89% chez *T. confusum* après 96 heures d'exposition par contre, l'huile essentielle de Romarin a enregistré une faible activité, estimé à la mortalité de 65% chez *T.confusum*, pour l'huile essentielle d'Eucalyptus le taux de mortalité est de 18% (**Tunc et al., 2000**).

Clark (1998) a testé l'activité volatile des vapeurs d'huiles essentielles distillées à partir du cumin. Cette étude a été enregistrée contre les œufs de deux insectes stockés, le coléoptère confus de la farine, *Tribolium confusum*, et la pyrale de la farine méditerranéenne *Ephestia kuehniella*. L'exposition aux vapeurs d'huiles essentielles a entraîné une mortalité de 100% des œufs à une concentration de 98,5 µl d'huile essentielle de cumin.

Tapondjou et al. (2005), ont également bien mis en exergue l'activité insecticide des huiles essentielles du cyprès et de l'eucalyptus vis-à-vis de *Sitophilus zea mais* sur *Tribolium confusum*. Ces mêmes auteurs ont obtenu des DL_{50} différentes pour les deux insectes appliqués par contact ; ils obtiennent 0,36 ul/cm² pour *Sitophilus zeamais* et 0,48 ul/cm² pour *Tribolium confusum*, démontrant ainsi l'efficacité de ces deux huiles essentielles sur ces deux insectes.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion et perspectives de recherche

Les résultats obtenus ont montré que l'ensemble des échantillons d'huile essentielle ont tous montré un effet inhibiteur variable sur la croissance mycélienne de l'isolat1 de *Fusarium* sp. en comparaison avec la faible inhibition de la croissance mycélienne révélée par l'échantillon d'HE extraite à partir des plantes spontanées (Ts : 23%) mais, un potentiel inhibiteur remarquable a été enregistré par l'échantillon T3 (72,78%) et T4 (50,94%).

Par ailleurs, les échantillons d'huile essentielle de *Thymus numidicus* ont également tous révélé leur effet inhibiteur significatif sur la croissance mycélienne de l'isolat 2 de *Fusarium* sp. mais, seul l'échantillon d'huile essentielle T4 (64,28%) s'est avéré efficace, ayant confirmé une inhibition intéressante excédant 50% alors que, les autres ont montré un faible pouvoir inhibiteur en dessous de 50% vis-à-vis de l'isolat 2 de *Fusarium* sp.

On peut donc conclure que les émulsions préparées à partir de l'échantillon T4 à la concentration de 1% appliquées selon la méthode de micro atmosphère ont affirmé leur potentiel inhibiteur sur la croissance des deux isolats mais l'activité inhibitrice de l'échantillon « T3 » n'était efficace que sur l'isolat 1 de *Fusarium* spp. On peut aussi déduire qu'il serait possible d'améliorer le pouvoir inhibiteur de l'ensemble des échantillons testés de l'huile essentielle de la plante étudiée en augmentant la dose (volume utilisé) par semaine, sachant que 15 μ l d'émulsion ont été utilisés pour chaque échantillon et par boîte de Pétri, pendant 7 jours d'incubation.

En ce qui concerne l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Thymus numidicus* sur *Tribolium confusum*, l'ensemble des échantillons d'HE ont prouvé leur effet insecticide selon les trois concentrations étudiées. Les taux de mortalité de l'insecte selon les échantillons d'HE testés aux concentrations considérées ont montré que les échantillons d'HE T2 et T3 possèdent le potentiel insecticide le plus important vu l'importance de leur taux de mortalité enregistré.

Les plus importants taux de mortalité ont été enregistrés par l'échantillon T3 (92%) à la concentration 0,25% et, l'échantillon T2 (88%) à la concentration 0,5%. Ces deux échantillons d'HE se sont avérés moyennement toxiques (Taux de mortalité supérieur à 60%). On peut déduire le classement des concentrations (μ g/l) de l'huile selon les taux de mortalité 50% et 90% comme suit :

- CL 50% : T2 (0,17%), T3 (0,26%), Ts (0,48%), T1 (0,50%), T5 (0,58%) et T4 (0,87%).
- CL 90% : T3 (0,94%), T5 (1,01%), T2 (1,11%), Ts (1,41%), T1 (3,19%), T3 (3,84%).

Ainsi, on peut retenir les échantillons T2 (0,17µg/l) et T3 (0,26 µg/l) selon la CL50 et, les échantillons T3 (0,94µg/l), T5 (1,01µg/l) selon la CL90%.

En perspectives,

- Il serait donc, intéressant de compléter l'activité antifongique sur d'autres paramètres tels que l'inhibition de la sporulation, la germination en testant d'autres concentrations, sur ces échantillons fongiques contaminants le blé et ses dérivés et/ou d'autres céréales,
- Il est également important de tester ces échantillons d'HE sur les différents stades biologiques de cet insecte étudié ainsi que sur d'autres insectes des lieux de stockage,
- Il serait intéressant de reconduire cette étude sur d'autres moisissures et avec d'autres méthodes d'application,
- Il est nécessaire d'identifier les molécules à effet insecticide et fongicide en vue de la formulation de nouveaux bioinsecticides et biofongicides respectueux de l'environnement,
- Il est également intéressant de déterminer les doses propices en fonction de la durée de conservation,
- Il est également important d'étudier l'impact sur les critères organoleptiques et sur la valeur nutritive du blé et de ses dérivés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1-Baghem O., 2012.** Effet des Techniques Culturelles sur la Biodiversité Faunistique des céréales dans la zone Semi-aride. Mém. Magister Université Ferhat Abbas Setif, Faculté des sciences de la nature et de la vie, 53 p.
- 2-Bazylko, A., & Strzelecka, H. (2007).** A HPTLC densitometric determination of luteolin in *Thymus vulgaris* and its extracts. *Fitoterapia*, 78(6), 391-395.
- 3-Mebarki, N. (2010).** Extraction de l'huile essentielle de thymus fontanesii et application à la formulation d'une forme médicamenteuse antimicrobienne.
- 4-Bekhechi C., Abdelouahid D., 2014.** Les huiles essentielles. Office des publications universitaires, Ben Aknoun, Alger, 55 p.
- 5-Bekon K., Fleurat lessard F., 1989.** Evolution des pertes en matière sèche des grains dues à un ravageur secondaire - *Tribolium castaneum* (Herbest), (Coléoptère ; Tenebrionidae), lors de la conservation des céréales, céréales en région chaudes, AUPELFUREF, Ed. John Libbey Eurotext, Paris, 104 p.
- 6-Benazzeddine S., 2010.** Effet insecticide de cinq huiles essentielles vis- à - vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera; Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera; Tenebrionidae). Ecole nationale supérieure agronomique El-Harrach d'Alger - Ingénieur d'état en science. P, 89.
- 7-Beyould T., Si Said Z., 2014.** Activités biologiques des huiles essentielles des feuilles et du fruit d'une plante médicinale *Eucalyptus globulus*. Thèse de Magister. Université du Bejaia, 82p.
- 8-Bruneton J., 1999.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 3ème éd. Ed. Tec 189 p.
- 9-Belaiche, P., 1979.** Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. Tome 1: l'aromatogramme. Ed. Maloine, Paris. Doc, Lavoisier, Paris, 187 p.
- 10-Chaintreau A., Joulain D., Marin C., Schmidt C.V.M., 2003.** Quantification of fragrance compound suspected to cause skin reactions. *J. Agric. Food. Chem.*, 51: 398 -403.
- 11-Chemloul F., 2014.** Etude de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* de la région de Tlemcen. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en Agronomie, Univ. Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, 43p.
- 12-Chermette R., Bussieras J., 1993.** Parasitologie vétérinaire. Mycologie, Edité par le Service de Parasitologie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Maisons-Alfort, France, 187p.
- 12-Cohen D., 2013.** Les huiles essentielles à l'officine : dangers pour la femme enceinte et le nouveau-né. Thèse de doctorat en Pharmacie. Université Joseph Fourier de Grenoble, 67 p.
- 13-Cruz J.F., Hounhouigan J.D., Lessard F., Troude F., 2016.** Les insectes des stocks et les méthodes de lutte. In : La Conservation Des Grains Après Récolte. Quae, CTA, Presses Agronomiques de Gembloux. France, 187 p.
- 14-Delobel A , Tran M., 1993 .** Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. Ed. Orstom, Paris,, 424p.

- 15-Degryse A. C., Delpla I., Voinier M.A., 2008.** Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. Atelier santé et environnement-IGS-EHESP, 9p.
- 16-Djermoun A., 2009.** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. Revue Nature et Technologie, 01: 45-53.
- 17-Dongmo, P. M. J., Kuate, J., Boyom, F. F., Ducelier, D., Damesse, F., Zollo, P. H. A., . . . 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.
- 18-Druvefors U.A. ,2004.** Yeast Biocontrol of Grain Spoilage Moulds Mode of Action of *Pichia anomala*. Doctoral thesis, University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, Department of Microbiology Agraria, 44 p.
- 19-Dubesset D., 2012.** Microsmes : la photographie d'insectes, France, 124p.
- 20-EL-Nahla. K. M., Schimidit G. H. and Risha E. M., 1989.** Vapeurs of *Acorus calamus* oil. Asapce treatment for stored product insects. Journal of stored products research, vol. 254, pp. 211-216.
- 21- El-Wakeil N.E., 2013.** Botanical Pesticides and Their M of Action. Gesunde Pflanzen. Retracted article, 65(4): 125–149.
- 22-Feldman M., 2001.** Origin of cultivated Wheat. In Bonjean A.P. et W.J. Angus. Ed. The world wheat book: a history of wheat breeding. Intercept Limited. Andover. Angleterre, 3-58 p.
- 23-Gacem M. A., 2011.** Contribution à l'étude de l'activité antifongique et antimycotoxinogène des extraits méthanoliques et aqueux des graines de *Citrullus colocynthis* sur la croissance de quelques moisissures d'altération de blé tendre stocké Thèse de Magister. Univ. Kasdi Merbah, Ouargla, 87 p.
- 24-Golmakani, M.-T., & Rezaei, K. (2008).** Comparison of microwave-assisted hydrodistillation withthe traditional hydrodistillation method in the extractionof essential oils from *Thymus vulgaris* L. Food chemistry, 109(4), 925-930.
- 25-Gretia.A 2009.** Etat des lieux des connaissances sur les invertébrés continentaux des Pays de la Loire ; bilan final. Rapport GRETIA pour le Conseil Régional des Pays de la Loire, 396 p.
- 26-Gwinner J., Hamisch R. , Muck O., 1996.** Manuel sur la manutention et la conservation des grains après récolte, GTZ, Eschborn, 368 p.
- 27-Haddouche, K. (2011).** Étude de l'effet antibactérien des huiles essentielles de *Thymus ciliatus ssp coloratus*.
- 28-Hall D.W., 1970.** Handling and Storage of Food Grains, in Tropical and Subtropical Areas, FAO. Rome, 350 p.
- 29 -Hamadache A., 2001.** Stades et variétés de blé. Ed. ITGC, Alger, 22 p.
- 30-Hans, W. (2007).** 1000 plantes aromatiques et médicinales. *Terre édition*, 6-7.

- 31-Hawksworth D.L., B.C. Sutton and G.C. Ainsworth, 1993.** Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi, 7th ed. Commonwealth Mycology Institute, Kew, Surrey, England.
- 32-Ibrahim M.A., Kainulainen P., Aflatuni A., Tilikkala K. et Holopainen J.K., 2001.** Insecticidal, repellent antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: with special reference to limolene and its suitability for control of insect pests. Agricultural and Food Science in Finland, 10 (3): 243-259.
- 33-Kedia A., Prakash B., Mishra P.K., Dwivedy A.K., & Dubey N.K. 2015-** *Trachyspermum ammi* L. Essential oil as plant based preservative in food system, Industrial Crops and Products, 69 :104-109.
- 34- Kéita S.M., Vincent C., Schmit J.P., Arnason J.T., Bélanger A., 2001.** Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Stored Product research, 37: 339-349.
- 35-Ketoh G.K., Glitho Ai, Huignard J. 2004.** Susceptibility of the bruchid *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: pteromalidae) to three essential oils; J. econ. Entomol. 95(1): 174-182.
- 36-Kouch, M., Bennadji, S., Djahoudi, A., & Aouadi, S. (2014).** Anti pseudomonas Activity of the Essential Oil of *Thymus numidicus* Poiret. Int J Pharm Sci Rev Res, mayApr2014, 25(2), 29.
- 37-Lahlou, M. (2004).** Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essential oils. Phytotherapy research, 18(6), 435-448.
- 38-Lakhdar L., 2015.** Evaluation de l'activité Antibactérienne des huiles essentielles Marocaines Sur *Aggregatibacter Actinomycetemcomitans* : Etude in vitro. Thèse de Doctorat. Université Mohamed 5, Rabat. Maroc, 183p.
- 39-Lepesme P., 1944.** Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Ed. Paul le chevalier, Paris, 335p.
- 40 -Magan N., Hope C.V., Aldred D, 2003.** Post – harvest fungal ecology: Impact of fungal growth and mycotoxin accumulation in stored grain. Euro. Journal of Plant Pathology, 109 : 723-730.
- 41-Makhloufi A., 2013.** Etude des activités antimicrobienne et antioxydant de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de Bechar (*Matricaria pubescens* Desf.) et *Rosmarinus officinalis* L.) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru. Thèse de doctorat d'état en biologie Spécialité : Microbiologie et sécurité sanitaire des aliments, 'UNIVERSITE aboubaker belkaid, Tlemcen, 136p.
- 42-Mallamaire A. 1965.** Les insectes nuisibles aux semences et aux denrées entreposées au Sénégal. Congrès de la protection des cultures tropicales-compte rendu des travaux. Chambre de commerce de l'industrie de Marseille, France, 85-92p.

- 43-Mathew S., Thomas G., Tufail A., 2011.** An Evaluation of the Fungi Isolated from Sub-epidermal Region of Post-harvested Stored Wheat Grains. Nepal Journal of Biotechnology, 1(1) : 9- 13.
- 44-Meghazi N., 2015).** Activité antifongique de quelques huiles essentielles sur les moisissures du blé stocké. Thèse Magister. Univ. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Alger. 99 p.
- 45-Mohammed Z., 2005.** Etude de pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles Essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. Magistère. Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen. P: 105.
- 46-Molinie A., Faucet V., Castegnaro M., Pfohl-Leszkowicz A., 2005.** Analysis of some breakfast cereals on the French market for their contents of ochratoxin A, citrinin and fumonisin B1: development of a method for simultaneous extraction of ochratoxin A and citrinin. Food Chemistry, 92: 391-400.
- 47-Multon J.L., 1982.** Conservation et Stockage des grains et graines et produits dérivés-céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux. Technique & Documentation Lavoisier, Paris, 576 p.
- 48-Nelson P.E., 1992.** Taxonomy and biologie of Fusarium moniliforme. Mycopathologia 117:29-36.
- 49-Nelson P.E., T.A. Toussoum and W.F.O. Marasas, 1983.** Fusarium species: an illustrated manual for identification. Pennsylvania State University Press, University Park.
- 50-Ngamo L.S.T., Hance T.H., 2007.** Diversité Des Ravageurs Des Denrées Et Méthodes Alternatives De Lutte En Milieu Tropical. Tropicultura, 25(4): 215-220.
- 51-Nicklin J., Graeme-Cook K., Paget T, Killington R, 2000:** essentiel en microbiologie. Edition Berti, 210-217p.
- 52-Penche P.I., 2010.** Étude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions. Thèse de Doctorat en Génie des Procédés et de l'Environnement. Institut National Polytechnique de Toulouse, 673p.
- 53- Philogène B.J.R., 2005.** Effets non intentionnels des pesticides organiques de synthèse: impact sur les écosystèmes et la faune. Dans enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement, (eds. Regnault-Roger, C., Fabres, G., Philogène, B.J.R.), 17. 19p.
- 54-Piochon M., 2008.** Etude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne : composition chimique, activités pharmacologiques et héli-synthèse. Thèse de doctorat en ressources renouvelables. Université du Québec, 7, 11, 17, 20p.
- 55-Relinger L.M., Zettler J.L., Davis R. et Simonaitis RA., 1988.** Evaluation of pirimiphos methyl as a protectant for export grain. J. Econ. Ent : 81, 718-21.
- 56-Regnault-Roger C., Philogène B.J.R., 2005.** Evolution des insecticides organiques de synthèse. Dans : enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement ; (eds. Regnault-Roger, C., Fabres, G., Philogène, B.J.R.). Edition TEC et DOC., Paris. 20-43 p.

- 57-Roger D., 2002.** Les coléoptères carabidés et ténébrionidés : écologie et biologie. Ed. Lavoisier, Paris. 154p.
- 58-Saidj, F. (2007).**Extraction de l'huile essentielle de thym: *Thymus numidicus* (kabylica).
- 59-Saidj, F., Rezzoug, S.-A., Bentahar, F., & Boutekedjiret, C. (2008).** Chemical composition and insecticidal properties of *Thymus numidicus* (Poiret) essential oil from Algeria. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 11(4), 397-405.
- 60-Salhi N., Goumni Z., Salhi A., Mehani M., Terzi V., 2005,** Evaluation de L'activité antifongique in vitro des huiles essentielles de *Laurus Nobilis* L. Sur la croissance Mycélienne de *Fusarium Sporotrichoide*. ElWahat pour les Recherches et les Etudes Vol.8 n2 (2015) : 34-44
- 61-Selles J-L., 2006 :** Les huiles essentielles, synthèse d'aromathérapie. Editions Frison Roche, 2ème édition. 220 p.
- 62-Selmi, S., & Sadok, S. (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.
- 63-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(6):587-593
- 64-Shin S., 2003 –** Anti-Aspergillus Activities of Plant Essential Oils and Their Combination Effects with Ketoconazole or Amphotericin B. Arch Pharm Res Vol 26, No 5, 389-393 pp.
- 65- Soltner D., 1999.** Les grandes productions végétales. 19 ième édition, Ed. Collection, sciences et techniques agricoles, France, 464 p.
- 66-Steffan J.R., 1978.** Description et biologie des insectes .Les insectes et les acariens des céréales stockées .Coed . A. F. N .O R.-I .T. G. C. F, Paris. 237 p.
- 67-Tapondjou A.L. Adler C., Fontemc D.A., Bouda H. Et Reichmuth C., 2005 -** Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* duval, Journal of Stored Products Research, N°41, pp. 91-102.
- 68-Terplan G., Wenzel S., 1993,** Untersuchungen zum einfluss des Mykotoxins Ochratoxin A auf die Tiergesundheit und auf das Rückstandsverhalten beim Schwein und aus daraus hergestellten Wurstwaren, Archiv. Für. Lebensmittel hygiene, 44: 129-152.
- 69-Tunc I., Berger B. M., Erler F. Et Dagli F., 2000 -** Ovocidal activity of essential oils from five plants against two stored-product insects, Journal Stored Products Research N° 36, pp 161-168
- 70-Walter E. (2002).** Pests of stored foodproducts. <http://entomology.ucr.edu/ebeling/ebeling> 7/ le 13/06/2010

71-Zohry N.M.H., 2007. Scanning Electron Morphological Studies Of *Tribolium Confusum* Jacquelin Du Val (Coleopteran: Tenebrionidae).The Journal of Basic and Applied Zoology ,78(6) : 1-13.