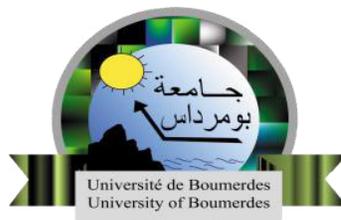


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد بوقرة – بومرداس
Université M'HAMED BOUGUERA –Boumerdes



Faculté des Sciences

Département d'Agronomie

Mémoire de projet de fin d'étude en vue de l'obtention de Diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomique

Spécialité : Phytopharmacie et Protection des Végétaux

Thème

**Effet insecticide et fongicide de l'huile essentielle de *Teucrium polium*
sur *Tribolium castaneum* et *Fusarium oxysporum***

Présenté par :

Melle Bouchareb khadidja

Devant les membres du jury:

Mme Adjlane nourdine	Pr	president	UMBB
Mme Aous wahiba	MCB	examinatrice	UMBB
Mme Abdellaoui karima	MAA	promotrice	UMBB
Mme Chebouti meziou nadjba	Pr	Co promotrice	UMBB

Année Universitaire 2019 -2020

Sommaire

Introduction.....	1
Chapitre I. Synthèse bibliographique	3
I.1. Généralités sur la famille des lamiaceae	3
I.2. Présentation de la plante <i>Teucrium polium</i>	3
I.2.1. Description de la plante <i>Teucrium polium</i>	4
I.2.2. Position systématique de <i>Teucrium polium</i>	5
I.2.3. Habitat et répartition géographique	5
I.2.4. Propriétés d'utilisation traditionnelles et médicales	6
I.2.5. Données toxicologiques	7
I.3. Bio pesticides d'origine végétale	8
I.3.1. Histoire des plantes pesticides.....	8
I.3.2. Importance économique des plantes pesticides	8
I.3.3. Récolte, transformation et utilisation des plantes pesticides	8
I.3.4. Sécurité, toxicité et utilisation.....	9
I.4. Généralités sur les substances Bioactifs des plantes pesticides	9
I.4.1. Métabolites des plantes	9
I.4.2. Localisation des substances végétales	10
I.4.3. Classification des métabolites secondaires	10
I.4.3.1. Les composés phénoliques (Polyphénols)	10
I.4.3.2. Alcaloïdes	13
I.4.3.3. Terpénoïdes	14
I.5. Huiles essentielles	17
I.5.1. Définition.....	17
I.5.2. Historique	18
I.5.3 Rôle des HE pour le règne végétal	18
I.5.4. Répartition botanique et localisation des huiles essentielles	19
I.5.5. Eléments de synthèse des huiles essentielles	19
I.5.6. Biosynthèse des constituants des Huiles essentielles	20
I.5.6.1. Voie des Terpénoïdes.....	20

I.5.6.2. Voie des Phenylpropanoïdes.....	21
I.5.7. Facteur de variabilité des huiles essentielles.....	21
I.5.8. Caractéristiques physico chimiques des huiles essentielles	22
1. Propriété physique	22
2. Composition chimique	22
I.5.9. Procédés d'extraction des produits bioactifs.....	22
1. Méthodes classiques	22
2. Méthodes modernes	26
I.5.10. Utilisation des huiles essentielles	27
Chapitre II. Matériel et Méthodes	28
II.1. Cadre de l'étude	28
II.2. Objectif de l'étude	28
II.3. Récolte et séchage du matériel végétal	28
II.3. 1. Séchage et conservation	29
II.3. 2. Situation et localisation géographique de la commune Sour El Ghozlane.....	29
II.3.2.1. Milieu physique	29
II.3.2.2. Milieu biotique	31
II.3.3. Extraction de l'huile essentielle de Teucrium polium par hydro distillation....	32
II.4. Evaluation des activités insecticide et antifongique de l'huile essentielle de Teucrium polium	35
II.4.1. Essai insecticide	35
II.4.1.1. Test biologiques par inhalation	36
II.4.1.2. Test biologiques par contact	36
II.4.1.2. calcul de la DL 50 a partir de test par inhalation	37
II.4.1. Essai antifongique	37
II.4.2.1. Test antifongique	38
Chapitre III. Résultats et discussion	39
III.1. Résultats d'extraction de l'huile essentielle	39
III.1.1. Le calcul du rendement en huile essentielles	39
III.1.2. Comparaison des résultats avec d'autre résultats similaire	39
III.2. Évaluation de l'activité antifongique et anti insecticide de l'huile essentielle de Teucrium polium	39

Sommaire

III.2.1. Résultats du test de l'activité insecticide	39
III.2.1.1. Test par inhalation sur les individus d'une population de l'espèce <i>Tribolium castneum</i>	39
III.2.1.2. Test de toxicité par contact de l'HE de l'espèce <i>Teucrium polium</i> sur les individus d'une population de l'espèce animal <i>Tribolium catneum</i>	41
III.2.2. Test d'inhibition de l'espèce fongique <i>Fusarium oxysporum</i> par la dilution de HE de l'espèce <i>Teucrium polium</i> dans le DMSO avec différentes concentrations	42
III.3. Discussion des résultats.....	42
Conclusion générale	44

Remerciements

Je tien tout d'abord à remercier **Dieu** le tout puissant et Miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience et le courage d'accomplir ce modeste travail.

*Toute ma gratitude à **Mme Abdellaoui. K** (maitre assistance classe A) pour son dévouement incomparable, son encadrement et pour la confiance qu'elle m'a accordé pour mener à bien ce travail. J'ai pu constamment bénéficier de ses suggestions et de ses encouragements.*

*Un immense remerciement à ma Co promotrice **Mme chebouti** pour avoir accepté de corriger et suivre ce travail.*

Un grand merci aux membre de jury, qui ont accepté d'évaluer mon travail de fin d'étude

*Je tiens à remercier vivement **Mr Adjlan.N** chef département de la filière sciences agronomiques, merci pour votre grande disponibilité, vos conseils précieux, merci de mettre à ma disposition tous les moyens nécessaires afin de réaliser ce travail.*

*Je remercie également **Mme Bouchareb Djamila** la chimiste et la directrice de l'entreprise Bio lera des produits cosmétique a base des huiles essentielles et végétale de m'avoir accepté à faire la partie d'extraction chez elle, un grand merci pour votre présence à mes coté durant ce travail, merci pour tout ce que vous m'avez appris.*

*Merci spécial à **Mr KADID HAMID ET KAMEL , Chabane ibrahim , Mohammed** mes meilleur amis : **Gasemi zaki , sakeri sara , Dehane khawla , Aifaoui rima, zeggai soumia et gerich fatma** la doctorante et ma cousine **Mouissi Meriem** pour votre aide et vos encouragements .*

Enfin, je tiens également à remercier toute les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail accompagné d'un profond amour :

A celle qui m'a arrosé de tendresse et d'espoirs à la source d'amour incessible, quoi que je fasse ou 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 coté a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles je vous dédié le fruit de tes sacrifices que tu n'as cessé de me donner à ma chère mère

MOUISSI SOUAD

A mon support dans ma vie, qui m'a appris et ma dirigé vers la gloire ma source de force

Mon père ABDENOUR

A la belle âme, ma très chère et unique sœur AICHA Je suis reconnaissante d'avoir une tel sœur

A ma famille. a la pensée de mes grand père mes grand-mère, oncles et tantes mes cousins et cousines que j'aimes trop. J'ai la chance D'avoir une famille pareille.

A tous mes Amis

En définitive, a ceux et celles qui ont toujours cru en moi

Liste des tableaux

Tableau 1. Présentation de la plante *Teucrium polium*

Tableau 2. Classification des alcaloïdes.

Tableau 3. Quelques exemples des différents types de Terpénoïdes.

Tableau 4. Résultat d'extraction de l'huile essentielle et le rendement en pourcentage.

Tableau 5. Résultat de mesure de diamètre mycélien après 5 jours d'application de test fongique avec différentes concentrations.

Tableau 6. Résultat obtenu après le calcul de taux d'inhibition par le HE de *Teucrium polium*.

Liste des figures

- Figure 1 :** Aspect morphologique des feuilles et fleurs de *Teucrium polium*. Floraison aura lieu.
- Figure 2 :** Carte bioclimatique de l'Algérie et répartition de *Teucrium polium* en Algérie.
- Figure 3 :** Structure de base de polyphénol.
- Figure 4 :** Classification des polyphénols.
- Figure 5 :** Les différentes classes des composés phénoliques.
- Figure 6 :** Structure de base des flavonoïdes.
- Figure 7.** Structure de base des Terpénoïdes.
- Figure 8 :** Représentation schématique d'une coupe de poil glandulaire. Les huiles essentielles sont produites dans les cellules sécrétrices puis accumulées dans la cavité qui se forme entre les cellules sécrétrices et la cuticule qui les recouvre.
- Figure 9 :** Schéma général de la biosynthèse des terpènes par la voie de l'acide mévalonique.
- Figure 10 :** Exemple de la biosynthèse d'un dérivé du phénylpropane : acide cinnamique.
- Figure 11 :** Procédés d'extraction conventionnels (classique) des produits bioactifs.
- Figure 12 :** Dispositif de l'extraction de l'huile essentielle par entraînement à la vapeur d'eau.
- Figure 13 :** Montage d'extraction par Hydrodistillation.
- Figure 14 :** Photo de dispositif de l'expression à froid.
- Figure 15 :** Procédés d'extraction récents des produits Bioactifs .
- Figure 16 :** *Teucrium polium* durant la récolte.
- Figure 17 :** Localisation de la commune de Sour El Ghozlane (Wilaya de Bouira).
- Figure 18 :** Plante de *Teucrium polium* au niveau de la commune de Sour el ghozlane.
- Figure 19 :** Dispositif d'extraction de l'huile essentielle par Hydrodistillation avec Clevenger.
- Figure 20 :** (a) représente les deux phase résultant de l'extraction la phase la plus lourde (aqueuse) en bas et l'autre phase en haut (huile essentielle) .
(b) : le flacon opaque pour la réservation de l'huile essentielle.
- Figure 21 :** Quelques individus de *Tribolium castaneum* dans la semoule d'orge.
- Figure 22 :** (a) ; Les lots du test activité insecticides par inhalation
(b) ; Huile essentielle pour le test.
- Figure 23:** La culture mère de *Fusarium oxysporum* après 7 jours d'incubation.
- Figure 24 :** Détermination de la DL50 après 24 h d'application de l'HE de l'espèce végétale *Teucrium polium* sur 10 individus de *Tribolium castaneum* par inhalation.

Figure 25: Détermination de la DL50 après 48 h d'application de l'HE de l'espèce végétale *Teucrium polium* sur 10 individus de *Tribolium castaneum* par inhalation.

Figure 26: Détermination de la DL50 après 72 h d'application de l'HE de l'espèce végétale *Teucrium polium* sur 10 individus de *Tribolium castaneum* par inhalation.

Figure 27 : Les résultats obtenus à partir du test de contact sur l'espèce *Tribolium castaneum*.

Figure 28 : Résultat de test d'inhibition fongique par le HE de *Teucrium polium* Après 5 jours à différentes concentrations .

Figure 28 : Moyennes de diamètre de croissance mycélienne vis-à-vis les doses de test.

Listes des abréviations

HE : Huile essentielle

DMSO : Diméthyle sulfoxide

PDA : Potato dextrose agar

Introduction

L'agriculture est encore le moteur des économies de la plupart des pays en développement et dans les pays industrialisés, les exportations agricoles ont atteint 290 milliards de dollars EU en 2001. Dans l'histoire de l'humanité, rares sont les pays ayant connu une croissance économique rapide et vaincu la pauvreté sans que ces progrès aient été précédés ou accompagnés du développement de l'agriculture. (FAO, 2011).

L'agriculture en Algérie, constitue un secteur extrêmement important de l'économie nationale. Elle couvre une grande partie du territoire national et présente dans plus de 90% des 1541 communes existantes (FAO, 2011).

La filière céréalière constitue une des principales filières de la production agricole en Algérie. Des rendements et du taux d'autosuffisance à la lumière des efforts engagés en matière des politiques de développement de ce secteur stratégique. (Djermoun , 2009) . constitue la principale activité, notamment dans les zones arides et semi-arides. Les terres annuellement emblavées représentent 3,6 millions d'hectares (Ouanzar, 2012) , la pomme de terre et la tomate constituent près de 50% de la consommation en légumes frais. Les importations réalisées durant ces dernières années, concernent essentiellement la pomme de terre. (Madr, 2001).

Les maladies et ravageurs des cultures sont une causes importante de baisse de rendement ou de qualité des récoltes de légumes en agricultures biologique une rotation assez longue , un travail de sol adéquat et d'autre pratique culturales (ex : choix des cultivars , date de semis ...) aident à prévenir certaines maladies ou ravageurs , mais ces pratiques ne suffisent souvent pas à diminuer les niveaux de dommages sans qu'une intervention plus directe soit nécessaire pour protéger plusieurs cultures tel que la lutte chimique En raison de son efficacité et de son application facile et pratique citant l'utilisation d'insecticides chimiques qui constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les bio agresseurs des cultures .

Cependant, l'emploi intensif et inconsidéré de ces insecticides a provoqué une contamination de la biosphère et de la chaîne alimentaire, une éradication des espèces non cible telles que la faune auxiliaire et l'apparition d'insectes résistants. Ces dangers ont conduit l'OMS à interdire l'usage de certains insecticides chimiques, d'autres vont être prohibés dans une future proche (Cissokho et al., 2015) , devient par conséquent, indispensable de contrôler biologiquement ces organismes. Des études récentes ont montré que les produits naturels issus des plantes et les métabolites secondaires représentent une importante source de molécules pouvant être exploitées dans différents domaines entre autres la phytoprotection (Cissokho, 2015).

Il est donc nécessaire de poursuivre la recherche de molécules nouvelles en prenant en compte d'autres critères que l'efficacité. Cette recherche s'est orientée vers la lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles actives, non polluantes et s'utilisant dans une lutte moins nocive et plus raisonnée.

Toutefois, les connaissances des bios agresseurs des végétaux ont énormément progressé, ce qui va nous rappeler l'étendue du chemin qu'il reste à parcourir à la recherche de nouvelles voies afin de mettre en évidence une solution meilleure face aux problèmes phytosanitaires.

Ce travail original s'inscrit dans ce cadre et a pour objectif :

- Extraire et Calculer le rendement en huile essentielle de *Teucrium polium*.
- Evaluer l'effet insecticide et fongicide de l'huile essentielle de *Teucrium polium*.

A travers cette démarche scientifique, nous cherchons à répondre aux hypothèses suivantes :

- Quelle est le rendement de l'huile essentielle de *Teucrium polium* ?
- L'huile essentielle étudiée présente elle une activité insecticides et fongicides sur l'agent pathogène *F.oxysporum* et l'insecte ravageur *T.castneum* ?

La présente étude s'articule sur trois chapitres, le premier est consacré à la présentation d'une synthèse bibliographique englobant une littérature sur la plante bio pesticide utilisée avec une récolte d'information sur les pesticides d'origines végétales et leurs produits bioactifs et se termine par une présentation sur les huiles essentielles. Le second chapitre est axé sur la description de la partie expérimentale qui est la partie matériel et méthodes utilisées. Le troisième volet porte sur l'ensemble des résultats obtenus et leurs interprétations après une discussion. En fin une conclusion qui renferme des perspectives.

Chapitre 1. Synthèse bibliographique

I.1. Généralités sur la famille des lamiaceae

La famille des *Lamiaceae* (Labiées) du Latin (Labia) lèvre signifiant que les fleurs ont une forme caractéristique à deux lèvres (Naghibi *et al.*, 2005) , Comprend environs 6970 espèces réparties en 240 genres (Meyer *et al.*, 2004). dont 28 genres et 146 espèces se trouvent en Algérie (Quezel et Santa, 1963). Ce Sont généralement des plantes herbacées vivaces odorantes, à tiges quadrangulaires, feuilles en général opposées sans stipules. Le Plus souvent hermaphrodites, les fleurs pentamères (Meyer *et al.*, 2004) réunies en cymes axillaires plus ou moins contractées simulant souvent des verticilles, ou encore condensées au sommet des tiges, et simulant des épis fruit constitué par 4 akènes plus ou moins soudés par leur face interne (Messaili, 1995) .

Cette famille est caractérisée aussi par quatre étamines dont deux plus longues (didynames), soit en deux étamines soudées au tube de la corolle ou à la zone périgyne et alternant avec les lobes. Ces caractères varient selon les genres : corolle presque régulière (Mentha) ou unilabiée (Teucrium); deux étamines (Salvia) (Quezel et Santa, 1963), comporte de nombreuses plantes exploitées pour les essences ou cultivées pour l'ornementation et la plupart de ces espèces sont aussi bien utilisées dans la médecine traditionnelle que dans la médecine moderne (Judd *et al.*, 2002).

La famille des lamiacées contient une très large gamme de composés comme les terpénoïdes, les iridoïdes, les composés phénoliques, et les flavonoïdes. Les huiles essentielles et plus précisément les courtes chaines des terpénoïdes sont responsables de l'odeur et la saveur caractéristique des plantes (Naghibi *et al.*, 2005).

I.2. Présentation de la plante *Teucrium polium*

Tableau 1 : présentation de la plante *Teucrium polium* selon Rasekh et al (2005).

Nom local	Nom amazigh	Nom commun	Nom latin
Djada ; jaad ; Djaida	Goutiba,Felfla Timzouri,Haida,Timtchich.	j'ada,khayata, Katabe ledjrah (Arabe) . mountain germander (Anglais), pouliot de montagne,germandrée tomenteuse,germandrée blanc-grisâtre (Français) .	Teucrium polium L, synonymes : Teucrium tomentosum, Teucrium gnaphalodes, Teucrium chamaedrys et Teucrium capitatum

I.2.1. Description de la plante *Teucrium polium*

Le genre *Teucrium* fait partie des genres les plus importants de la famille des Lamiaceae. Ce genre est réparti en 340 espèces et variétés environs. D'un point de vue taxonomique, elles sont identifiables grâce à la forme du calice et inflorescence. Il s'agit d'un grand genre qui diffère des autres que dans ses Corolles formées d'une lèvre supérieure fendue et à étamines redressées au-dessus de cette fente, de sorte que la corolle parait n'avoir qu'une lèvre inférieure à cinq lobes (Belkhodja, 2015) .

Teucrium polium est une espèce très variable ; de nombreuses sous espèces ont été décrites dont certaines sont parfois érigées au rang d'espèce (Naghbi *et al.*, 2005). C'est une plante herbacée vivace à odeur poivrée par frottement. Les tiges sont de 10-30 cm de hauteur, blanches-tomenteuses portant des feuilles opposées sessiles, linéaires-lancéolées ou oblongues, en coin et entières à la base et à dents arrondies en haut. Ces feuilles, blanches tomenteuses sur les deux faces ont les bords enroulés. Les fleurs forment des inflorescences compactes globuleuses ou ovoïdes serrées (Fig.1). Le calice brièvement tomenteux, à des dents courtes, la supérieure obtuse ; Corolle à lèvre supérieure tronquée et à lobes supérieurs pubescents (Boullard, 2003).



Figure 1 : Aspect morphologique des feuilles et fleurs de *Teucrium polium*. Floraison aura lieu mai , juillet

<http://www.ethnopharmacologia.org/prelude2020/images/teucrium-polium1.jpg>

I.2.2. Position systématique de *Teucrium polium*

Selon Quezel et Santa (1963)

Règne : *Plantae*.

Embranchement : Phanérogames.

Sous-embranchement : Angiospermes.

Classe : Eudicotylédones.

Ordre : Lamiales.

Famille : *Lamiaceae*.

Genre : *Teucrium*.

Espèce : *Teucrium polium* L.

Il existe en Algérie plusieurs sous-espèces de *Teucrium polium* dont *Thymoides* fait appartient et qui sont : *aureiforme*, *luteum*, *flavovirens*, *helichrysoïdes*, *thymoides*, *aurasianum*, *cylindricum*, *capitatum*, *polium*, *chevalieri*, *gyreii* (Ozenda, 1983).

I.2.3. Habitat et répartition géographique

La plante est commune dans les régions méditerranéennes et l'Europe, l'Asie du Sud, et l'Afrique du Nord, dans les endroits secs, prairies et garrigues (Bayer *et al.*, 1990). Une vingtaine de cette espèce pousse spontanément, en Algérie et prédomine dans la région du Tell, les Hauts plateaux et l'Atlas saharien (Quezel et Santa, 1963). *Teucrium polium* est une espèce rare, très réponde dans les hauts plateaux algérois, oranais et Constantinois, aussi dans l'Atlas saharien oranais, algérois (Fig.2) (Quezel et Santa, 1962). Elle se rencontre aussi du sommet de chélia jusque dans l'étage saharien, connue comme étant héliophile (Beghami, 2003). Commun dans l'atlas saharien d'une part, le Tefedest et les montagnes du Hoggar d'autre part; plus rare au Sahara septentrional, au Tassilet des Ajjer, au Tademaït (Ozenda, 1983).

- **Exigence Abiotique pour *Teucrium polium***

Altitude : 0 ~ 1200 m

Exposition : Soleil

Eau : Peu

Sol : Calcaire, Sec

Multiplier : Semis

<https://www.genialvegetal.net/-Germandree-tomenteuse->

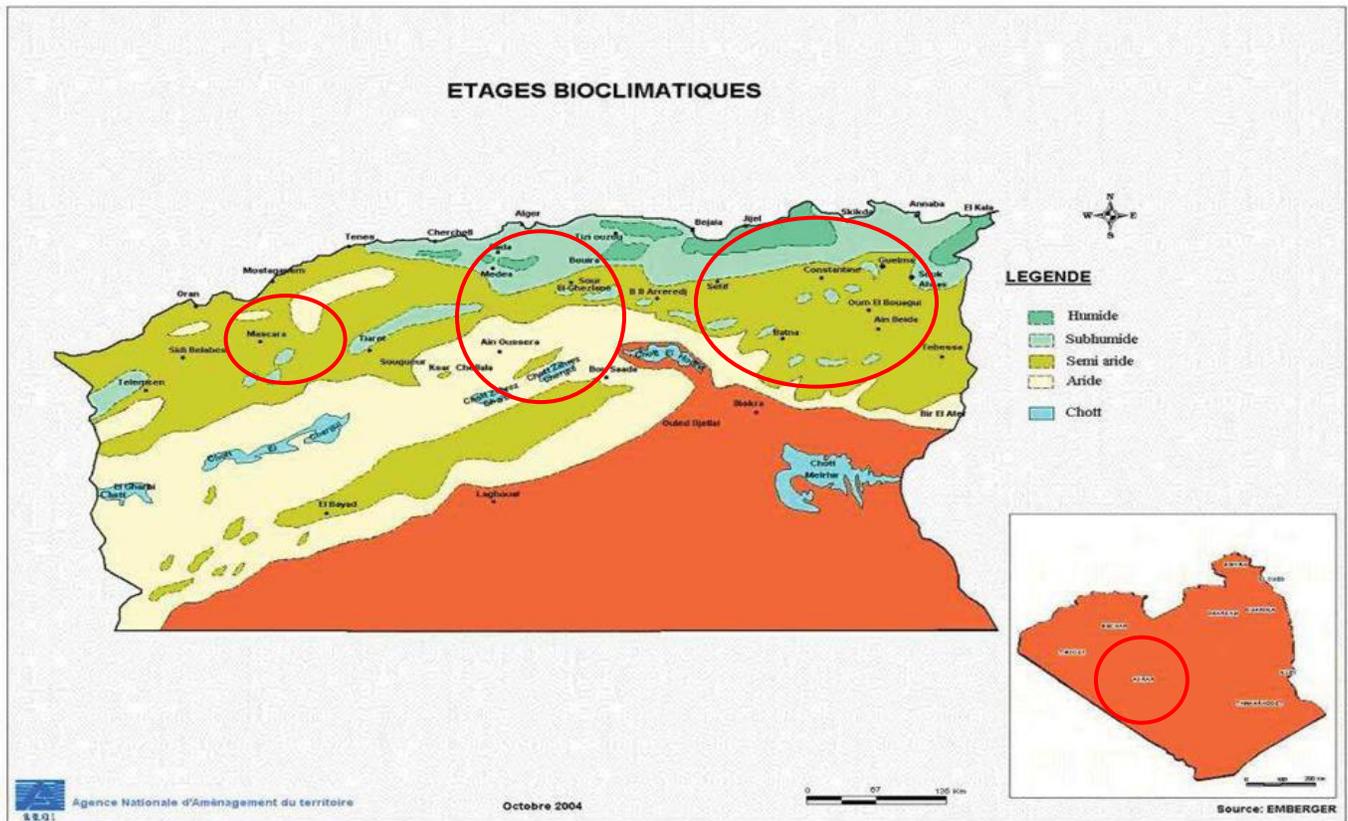


Figure 2 : répartition de *Teucrium polium* en Algérie (Quezel et Santa, 1962) sur la Carte bioclimatique de l'Algérie (Nedjraoui et Bédrani, 2008)

I.2.4. Propriétés d'utilisation traditionnelles et médicales

Le genre *Teucrium* est très utilisé en pharmacopée traditionnelle depuis plus de 2000 ans. (Abdollahi *et al.*, 2007), Le feuillage de *Teucrium polium* légèrement poivré, était couramment utilisé pour relever les salades ou parfumer les fromages de chèvres. Une infusion des feuilles et des fleurs était ainsi consommée comme boisson régénératrice. (Boullard, 2003).

En médecine traditionnelle africaine, cette espèce est utilisée dans les périodes de stress, car elle permet de se relaxer, de se détendre, d'être serein et plein d'énergie. Elle permet la relaxation des muscles en augmentant leur force, la diminution de l'anxiété et la lutte contre la fatigue et l'agressivité. Possède également une action bénéfique sur la digestion. Peut aussi stimuler la mémoire, d'augmenter sa concentration et sa lucidité. (Abdollahi *et al.*, 2007).

L'huile essentielle de *Teucrium polium* possède l'activité antispasmodique puissante, l'extrait éthanolique du polium de *Teucrium* possède des activités anti-inflammatoires, antipyrétiques et antibactériennes (Soudani et Tibermacine, 2006).

I.2.5. Données toxicologiques

Les auteurs ont pu démontrer expérimentalement que la nécrose hépatique peut être provoquée par un extrait de germandrée tomenteuse enrichie en di terpènes et que l'administration préalable d'activateur ou d'inhibiteurs du cytochromes P450 augmente ou diminue la toxicité (Boumaza et Ounis, 2018)

L'activation des furanonéoclérodanes semble donc le préalable indispensable à l'action toxique. La teucrine A est hépatotoxique mais le mélange des tétrahydroteucrine est dépourvu de toxicité. Les diterpènes provoquent la mort rapide et massive des cellules par apoptose en augmentant le calcium intracellulaire et en stimulant diverse enzymes calcium dépendantes cette implication du noyau furanique n'est pas surprenante (Bruneton, 1999).

A Tamanrasset, on n'a pas mentionné la toxicité de la plante *Teucrium polium* . Elle y est d'ailleurs très couramment utilisée aussi bien en usage pastoral que médicinal, aucune toxicité n'ayant été signalée (Boumaza et Ounis, 2018).

I.3. Bio pesticides d'origine végétale

Les plantes pesticides, parfois appelées pesticides botaniques, sont des pesticides naturels dérivés de plantes. Elles sont notre plus ancienne forme de lutte contre les parasites et profitent des défenses naturelles de la plante contre les herbivores, développées au fil des millions d'années d'évolution. La plupart des plantes produisent des agents chimiques qui repoussent les parasites, produisant souvent un mélange de composés qui repoussent et arrêtent l'alimentation des herbivores. En grande quantité, ces composés peuvent même être toxiques pour ces herbivores. Les plantes pesticides ont été utilisées depuis des millénaires et ont été largement promues dans l'agriculture commerciale jusque dans les années 1940, date à laquelle les pesticides synthétiques ont été développés. L'utilisation excessive des pesticides synthétiques a conduit à des problèmes tels que la contamination de l'environnement, le développement de la résistance et des problèmes de santé qui n'étaient pas prévus au moment de leur introduction. Le cancer, les effets néfastes sur le système immunitaire, le dysfonctionnement neurologique, les maladies métaboliques comme le diabète, la perturbation du système endocrinien et l'infertilité sont certainement des risques pour la santé dus à une exposition continue aux pesticides synthétiques (Rahimi and Abdollahi, 2007 ; Gilden *et al.*, 2010).

I.3.1. Histoire des plantes pesticides

Quand les grains stockés pendant l'empire de l'Orient (3000-30 avant J.C), de la Grèce (2000- 200 av. J.-C.) et de l'antiquité romaine (500 av. J.-C. - 76 ap. J.C.) ont été analysés, ils ont montré que beaucoup de plantes, telles que *Cymbopogon spp.*, étaient couramment utilisées pour protéger les aliments conservés contre les dégâts d'insectes dans l'antiquité. En effet, les mêmes espèces de plantes sont encore utilisées aujourd'hui dans les systèmes agricoles traditionnels. Le pesticide botanique le plus largement utilisé dans le monde est le pyrèthre, extrait de la fleur du chrysanthème ; *Tanacetum cinerariaefolium*. La production de pyrèthre est devenue encore plus mondialisée. Cependant de nombreux agriculteurs le cultivent surtout comme une culture de rente dans l'Afrique de l'Est (Khater, 2012).

I.3.4. Importance économique des plantes pesticides

Les plantes pesticides se décomposent rapidement avec des impacts écologiques négligeables et peuvent ainsi fournir un moyen de lutter contre les ravageurs, inoffensif pour l'environnement. Leurs effets sur les organismes utiles et autres espèces non-cibles est négligeable par rapport aux pesticides synthétiques (Mkenda *et al.*, 2015 ; Amoabeng *et al.*, 2013) et ils sont rentables par rapport à l'usage des pesticides synthétiques (Mkenda *et al.*, 2015; Amoabeng *et al.*, 2014).

Les plantes pesticides présentent d'autres avantages supplémentaires tels que des propriétés d'amélioration du sol pour certaines plantes pesticides. Une fois incorporées dans des programmes de gestion intégrée des ravageurs, les plantes pesticides pourraient diminuer le besoin de pesticides synthétiques tout en étant plus facilement utilisées en combinaison avec d'autres programmes tels que la lutte biologique. L'utilisation des plantes pesticides pourrait donc augmenter la croissance économique locale, la sécurité et la nutrition alimentaire, réduire les problèmes de santé et de sécurité, et promouvoir les exportations africaines de produits biologiques vers l'Union Européenne.(Anjarwalla *et al.* , 2016)

I.3.3. Récolte, transformation et utilisation des plantes pesticides

Les agriculteurs utilisent des plantes pesticides de plusieurs façons, en quantités diverses pour les différentes cultures, avant et après la récolte. Par exemple, pour n'importe quelle espèce de plante pesticide, les agriculteurs peuvent signaler s'ils utilisent la plante fraîche ou sèche, entière ou en partie sous forme de poudre sèche ; en extraits dans l'eau froide/chaude, versée au-dessus, saupoudrée ou utilisée comme trempette ou en plaçant le matériel de la plante pesticide et les récoltes en couches. Les quantités utilisées des matières fraîches ou sèches peuvent varier, et parfois, une ou plusieurs espèces de plantes

pesticides sont extraites et utilisées conjointement. Bien qu'il y ait sans doute de bonnes raisons pour lesquelles les agriculteurs utilisent différemment les plantes pesticides, il y a aussi de bonnes raisons de tenter de normaliser et d'optimiser la transformation et l'application de ces plantes pesticides. Les méthodes standard peuvent accroître la fiabilité et la prévisibilité dans la lutte contre les ravageurs, et également contribuer à diffuser plus largement les connaissances sur l'utilisation des plantes pesticides. Par exemple, en connaissant la chimie des plantes pesticides et de leurs ingrédients actifs, on peut savoir si les composés peuvent être facilement extraits dans l'eau. Certains composés ne se dissolvent pas facilement dans l'eau, et l'ajout de savon pendant l'extraction peut aider à obtenir des composés plus 'gras', conduisant à une efficacité accrue dans la lutte contre les ravageurs. (Belmain *et al.*, 2012).

I.3.4. Sécurité et toxicité

Bien que le niveau de toxicité des plantes pesticides n'est pas aussi élevé que les pesticides synthétiques, les plantes pesticides contiennent quand même des composés toxiques. Il est donc important que les utilisateurs et les consommateurs prennent des mesures de sécurité et de mise en garde. Pour plusieurs plantes, les ingrédients actifs sont bien connus, avec des preuves solides d'une toxicité relativement faible de composés végétaux tels que les roténoïdes, l'azadirachtin et le pyrèthre (Walker *et al.*, 2005)

Plusieurs des composés de plantes pesticides se trouvent dans la nourriture et des médicaments, notamment des herbes et des épices qui proviennent des huiles essentielles extraites des plantes pesticides. Il faut toutefois se rappeler que les plantes peuvent contenir des toxines et qu'il faut prendre des mesures de sécurité tels que porter des gants, des masques, des vêtements de protection et d'être prudent en particulier lors de la transformation des plantes, par exemple, durant le broyage, le tamisage de poudres végétales et leur application aux cultures (la pulvérisation, le mélange). Les utilisateurs devraient éviter d'inspirer les poudres ou de les mettre en contact avec la peau et les yeux. En cas de contact accidentel, la zone touchée devrait être lavée à l'eau courante (Anjarwalla, 2016).

I.4. Les substances Bioactifs des plantes pesticides

I.4.1. Métabolites des plantes

Les plantes de façon générale et aromatiques en particulier, se caractérisent par deux types de métabolismes : primaire fournit les constituants de base en quantité élevée. Les plus importants sont les

sucres et leurs dérivés, les lipides et les protéines. (Fekih, 2015). Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes synthétisées et accumulées par les plantes autotrophes . (Boudjouref, 2011). Biosynthétisés à partir de métabolites primaires et jouent un rôle majeur dans les interactions de la plante avec son environnement, contribuant ainsi à la survie de l'organisme dans son écosystème. (Ounis et Boumaza, 2018). En 1987 Plus de 8500 métabolites secondaires sont déjà connus. Les plus grands groupes sont les alcaloïdes, les terpénoïdes, les stéroïdes et les composés phénoliques. Ils présentent une énorme valeur économique (en particulier pour l'industrie pharmaceutique et la cosmétique). (Ounis et Boumaza, 2018).

I.4.2. Localisation des substances végétales

La structure physique et la composition chimique de la surface végétale sont d'une importance capitale lors du premier contact d'un insecte sur la plante. La couche de cire recouvrant la cuticule contient des glucides ou sucres à longues chaînes, des alkylesters, des alcools primaires et des acides gras (Eigenbrode et Espelie, 1995). On trouve également à la surface des plantes et imbibés dans les cires épicuticulaires des sucres simples (comme le fructose et le glucose), des acides aminés libres, mais aussi des substances secondaires comme la phloridzine, la glucobrassicine, des furanocoumarines, la rutine, des alcaloïdes et des composés cyanogéniques . Certaines espèces végétales possèdent des poils ou trichomes qui peuvent être simples (structure unicellulaire) ou glandulaires (structure pluricellulaire sécrétrice). Ces structures interfèrent fréquemment avec le comportement et la biologie des insectes phytophages et sont principalement rencontrées chez les Labiataées, les Solanacées, les Composées et les Geraniacées. Lorsque ces trichomes ont une structure glandulaire, ils accumulent une grande quantité de mono-, sesqui- et dipertènes capturant et tuant les insectes de petite taille qui s'en approchent. (Catayud et Desneux, 2013).

I.4.3. Classification des métabolites secondaires

On peut classer les métabolites secondaires en trois grands groupes : les composés phénoliques, les terpènes et les alcaloïdes. Ces composés se trouvent dans toutes les parties des plantes mais distribués selon leurs rôles défensifs (Aissous et bechara, 2016).

I.4.3.1. Les composés phénoliques (Polyphénols)

Sont des produits de la condensation de molécules d'acétyl-coenzyme A et de phénylalanine. Cette biosynthèse a permis la formation d'une grande diversité de molécules qui sont spécifiques d'une espèce de plante, d'un organe ou d'un tissu particulière (Nekhili, 2009).

Les polyphénols également dénommés, composés phénoliques sont des molécules spécifique du règne végétal (Guignard, 1979), avec plus de 8000 structures phénoliques présentes dans tous les organes de la plante. (Guignard, 1979).

Ces composés représentent 2 à 3% de la matière organique des plantes et dans certains cas jusqu'à 10%. Dans la nature, ces composés sont généralement dans un état lié sous forme d'esters ou plus généralement d'hétérosides. Ils existent également sous forme de polymères naturels (tanins). Le groupe le plus vaste et plus répandu des phénols est celui des flavonoïdes. (Walton et Brown, 1999).

.a. Structure chimique

La structure chimique des polyphénols est caractérisée par un ou plusieurs noyaux aromatiques hydroxylés (Fig.3) . Les polyphénols sont classés en différents groupes en fonction du nombre de noyaux aromatiques qui les composent et des substitutions qui les relie. On distingue les phénols simples (parmi eux les acides phénoliques), les flavonoïdes, les lignanes et les stilbènes (Boros *et al.*, 2010).

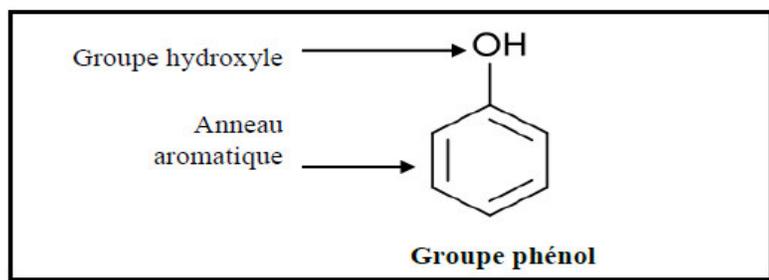


Figure 3: structure de base de polyphénol (Aissous et Bechara, 2016).

I.4.3.2. Classification des polyphénols

Les composés phénoliques peuvent être classés en fonction de la longueur de la chaîne aliphatique liée au noyau benzénique (Aissous et Bechara, 2016). Une classification de ces substances a été proposée par Harborne en 1980. On peut distinguer les différentes classes des polyphénols en se basant d'une part, sur le nombre d'atomes constitutifs et d'autre part, sur la structure de squelette de base (Fig.4 et 5) (Harborne, 1980).

- Les acides phénoliques (acides hydroxybenzoïques, acides hydroxycinnamiques),
- Les flavonoïdes
- Les tanins et lignines

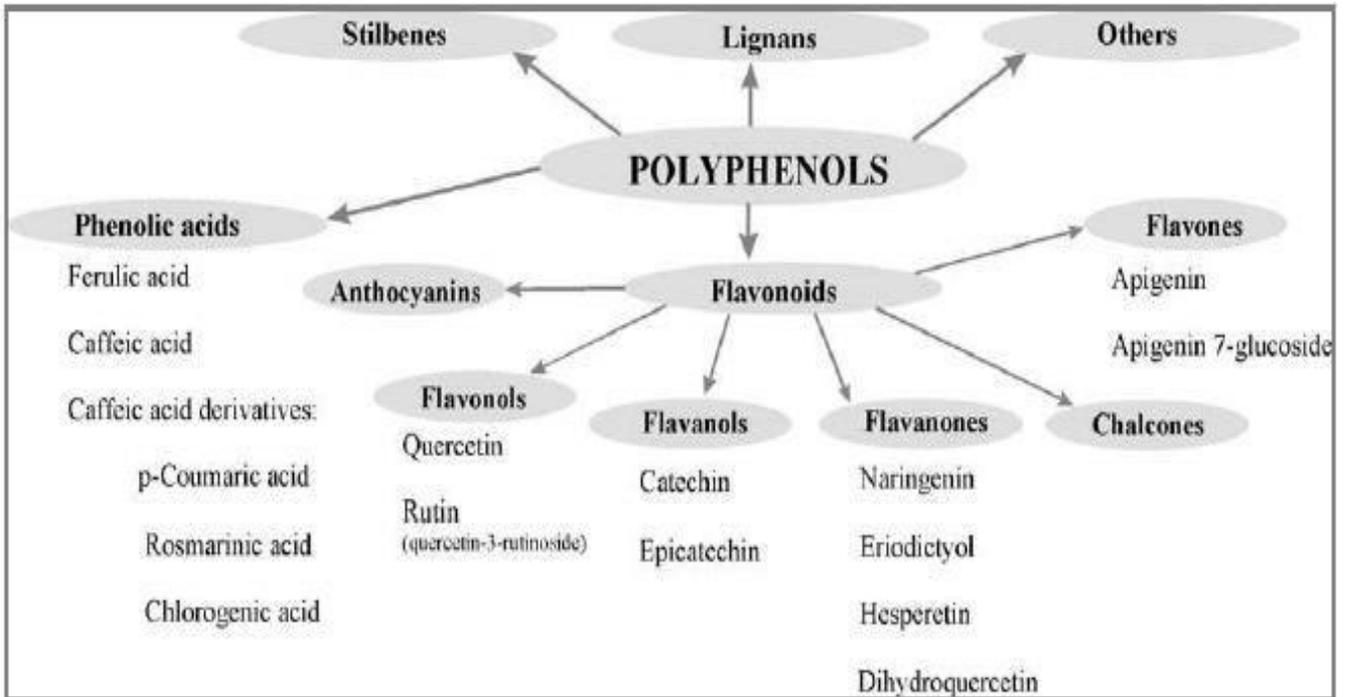


Figure 4 : Classification des polyphénols (Boros *et al.*, 2010).

a. Acides phénoliques

Ces composés sont universellement rencontrés chez les plantes. Deux sous-groupes peuvent être distingués :

- Les acides hydroxybenzoïques, dont les plus répandus sont l'acide salicylique et l'acide gallique.
- Les acides hydroxycinnamiques, dont les plus abondants sont l'acide caféique et l'acide férulique (Nekhili, 2009).

b. Flavonoïdes

Le terme flavonoïde (de flavus, «jaune» en latin) désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols (Bouakaz, 2006).

Les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes des molécules dont les plus importants sont les flavones, les flavonols, les flavanols, les flavanones, les dihydroflavanols, les isoflavones, les isoflavanones, les chalcones, les auronnes et les anthocyanes. Ces divers composés se rencontrent à la fois sous forme libre ou sous forme de glycosides (Fig.6) . On les trouve, d'une manière très générale, dans toutes les plantes vasculaires, où ils peuvent être localisés dans divers organe : racine, tiges, bois, feuilles, fleurs et fruits (Nekhili, 2009).

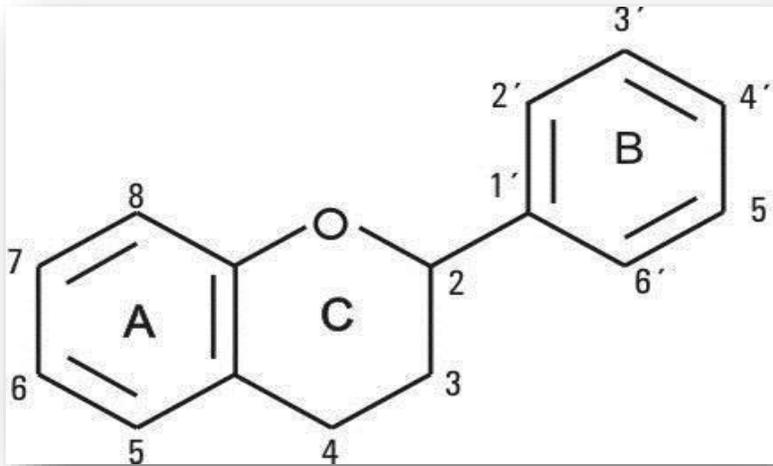


Figure 6 : structure de base des flavonoïdes (Nekhili ,2009).

I.4.3.2. Alcaloïdes

Un alcaloïde est une substance organique azotée d'origine végétale à caractère alcalin et présentant une structure moléculaire hétérocyclique complexe (Badiaga, 2011).

Généralement, les alcaloïdes sont produits dans les tissus en croissance : jeunes feuilles, jeunes racines. Puis, ils gagnent ensuite des lieux différents et, lors de ces transferts, ils peuvent subir des modifications. Chez de nombreuses plantes se localisent dans les pièces florales, les fruits ou les graines, ces substances sont trouvées coincées dans les vacuoles (Krief, 2003).

a. Structure chimique

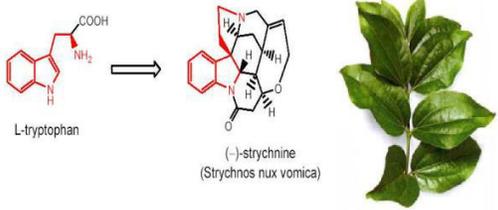
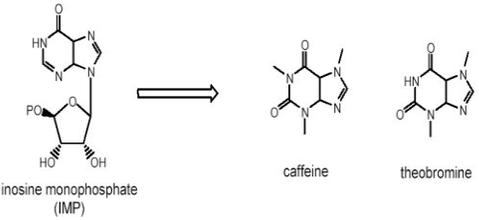
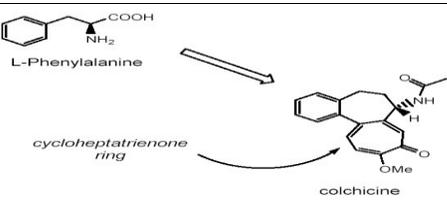
La plupart des alcaloïdes sont dérivés d'acides aminés tels que le tryptophane, la lysine, la phénylalanine et la tyrosine. Ces acides aminés sont décarboxylés en amines et couplés à d'autres squelettes carbonés (Cyril, 2001).

Dans leur grande majorité, les alcaloïdes sont hétérocycliques, bien que quelques composés azotés aliphatiques (non cycliques) telle que la mescaline et la colchicine soient parfois classés dans les alcaloïdes. Il existe environ 10000 alcaloïdes (Southon *et al.*, 1989).

b. Classification des alcaloïdes : On distingue trois types d'alcaloïdes

Le tableau 1 illustre les différentes classes d'alcaloïdes.

Tableau 2 : classification des alcaloïdes (Badiaga, 2011)

Type d'alcaloïdes	Description	Exemple des dérivés des alcaloïdes
Les alcaloïdes vrais	Ils dérivent d'acides aminés et comportent un atome d'azote dans un système hétérocyclique. Ils sont présents dans les plantes, soit sous forme libre, soit sous forme de sel, soit comme N-Oxyde .	 <p>L-tryptophan \Rightarrow (-)-strychnine (Strychnos nux vomica)</p>
Les pseudo-alcaloïdes	Les pseudo-alcaloïdes présentent le plus souvent toutes les caractéristiques des alcaloïdes vrais, mais ne sont pas des dérivés des acides aminés .	 <p>inosine monophosphate (IMP) \Rightarrow caffeine theobromine</p>
Les proto-alcaloïdes	Les proto-alcaloïdes sont des amines simples dont l'azote n'est pas inclus dans un hétérocycle, ils ont un caractère basique et sont élaborés in vivo à partir d'acide aminé. Ils sont souvent appelés « amines biologiques » et sont soluble dans l'eau	 <p>L-Phenylalanine \Rightarrow colchicine</p> <p>cycloheptatrienone ring</p>

I.4.3.3. Terpénoïdes

Le terme Terpénoïdes désigne un ensemble de substances présentant le squelette des Terpènes avec une ou plusieurs fonctions chimiques (alcool, aldéhyde, cétone, acide, lactone, Etc).(Aissous et Bechara, 2016) . Sont trouvés dans tous les organes végétaux : fleurs, feuilles, rhizomes, écorces et fruits ou graines. La synthèse des terpènes est généralement associée à la présence de structures histologiques spécialisées, localisées en certains points des autres tissus, le plus souvent situées sur ou à proximité de la surface de la plante (Boros *et al.*, 2010).

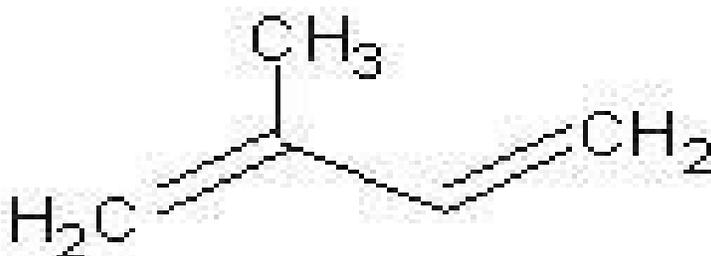
Leur grande diversité trouve son origine dans le nombre d'unités de base qui composent la chaîne, ainsi que dans les divers modes d'assemblage. La formation de structures cycliques, l'addition de fonction comprenant de l'oxygène et la conjugaison avec des sucres ou d'autres molécules peuvent rendre leurs structures complexes (Hopkins, 2003) .

De nombreux terpénoïdes ont la particularité de dégager de fortes odeurs, le menthol et le limonène permettent la fabrication d'huiles essentielles (Brunton, 1999). L'exploitation de ces composés

s'effectuait sous forme d'huiles extraites de plantes (huiles essentielles) par le moyen de la distillation (Malecky, 2005).

a. Structure des terpénoïdes

Tous les composés de ce groupe prennent naissance à partir d'unités en 5 Carbones (isoprènes) est une chaîne hydrocarbure insaturée. Cette dernière est ensuite modifiée secondairement par oxydation, par réduction ou par élimination de « C » (Simic *et al.*,1997). La molécule de base est l'isoprène de formule C₅H₈. Le terme terpénoïde désigne un ensemble de substances présentant le squelette des terpènes avec une ou plusieurs fonctions chimiques (alcool, aldéhyde, cétone , acide , lactone ...) (Fig.7) (Malecky, 2005).



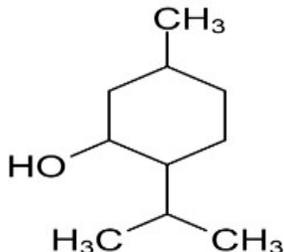
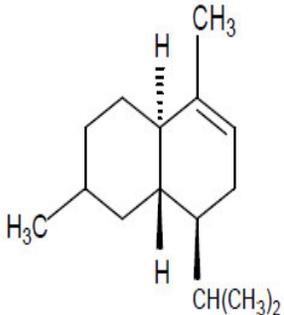
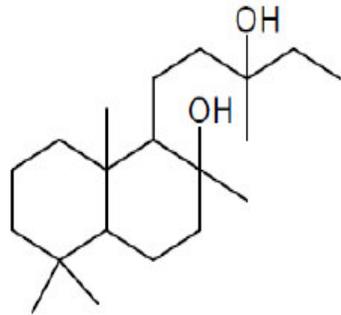
Isoprene

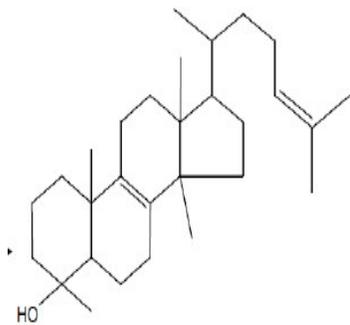
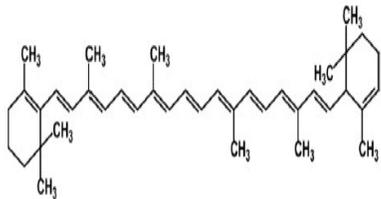
Figure 7 : Structure de base des Terpénoïdes.

b. Classification des terpénoïdes

Selon le nombre d'unités isopréniques qui les constituent, on distingue : ou monoterpènes en C₁₀, les sesquiterpènes en C₁₅, les diterpènes en C₂₀, les triterpènes C₃₀, et les tétraterpènes C₄₀ (Tableau 2) (Guignard, 1996).

Tableau 3 : Quelques exemples des différents types de Terpénoïdes (Rahal, 2004 ; Krief, 2003).

Terpènes	Unités isopréniques	Atomes de carbone	Description	Exemple
Hemiterpene	1	C5		Isoprène
Monoterpènes	2	C10	Sont volatils entrainables à la vapeur d'eau, d'odeur souvent agréable et majorité des constituants des huiles essentielles, parfois plus de 90% . ils peuvent être acyclique ou bicyclique .	<p>Methol :</p> 
Sesquiterpènes	3	C15	Ils présentent une grande variété dans les structures conduisant à un nombre élevé de molécules . renferment aussi des fonctions comme alcools Cétones, aldéhydes, esters	<p>β-Cadinène :</p> 
Diterpénoïdes	4	C20	il comprend les gibbérellines (phytohormones du développement processus cellulaires fondamentaux tels que la germination .	<p>Sclaréol :</p> 

Triterpène	6	C30	Les triterpènes sont des composés en C30 issus de la cyclisation de l'époxy-squalène ou du squalène.	Lanostérol : 
Tetraterpène	8	C40	possédant un Chromophore caractéristique (au moins 10 doubles liaisons conjuguées) expliquant leur couleur jaune-orangée et leur sensibilité à l'oxydation.	Caroténoïdes : 
Polyterpène	>8	>40		Caoutchouc

I.5. Huiles essentielles

I.5.1. Définition

Une huile essentielle peut être un ensemble de molécules pour un chimiste, un arôme pour un parfumeur ou encore la quintessence ou l'esprit d'un végétal pour un alchimiste (Moro Buronzo, 2008).

Selon Conner (1993), « les huiles essentielles sont des produits odorants, volatils du métabolisme secondaire d'une plante aromatique, normalement formées dans des cellules spécialisées ou groupe de cellules ».

L'association française de normalisation AFNOR définit l'huile essentielle comme: « un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par hydrodistillation (AFNOR, 2000).

Selon la Pharmacopée Européenne (1997), les huiles essentielles sont des produits de composition assez complexe renfermant des principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation.

I.5.2. Historique

Les premières preuves de fabrication et d'utilisation des huiles essentielles datent de l'an 3000 avant J.C. (Debiani, 2015).

L'histoire des huiles essentielles commence cependant 2000 à 3000 ans avant cette époque. Chez les Egyptiens, l'essence de térébenthine était déjà utilisée et tout porte à penser que certains parfums étaient obtenus sous forme d'huiles distillées. L'art de la distillation, initié par les Egyptiens, Indiens et Perses, s'améliora au cours du IX^{ème} siècle sous l'impulsion des Arabes avec, notamment, le développement de l'alambic attribué à Avicenne (980-1037) (Hellal, 2011).

Au fil des siècles, l'extraction et l'usage des principes odorants des plantes se sont développés, notamment par les civilisations arabes et égyptiennes, qui leurs attribuent avant tout un usage religieux (Sell, 2006).

Puis progressivement, ces huiles essentielles se font connaître pour leurs vertus thérapeutiques et deviennent alors des remèdes courants des médecines traditionnelles. En guise d'exemple, à l'époque des grandes épidémies dans la Grèce Antique, les principes odorants de certaines plantes aromatiques étaient répandus par fumigation dans les rues des villes pour combattre la propagation des maladies infectieuses. La fumigation des personnes malades est en effet l'une des plus anciennes techniques thérapeutiques. Plus tard en France, il a été remarqué que les ouvriers parfumeurs et tanneurs, qui étaient en contact quotidiennement avec des huiles essentielles, résistaient de manière quasi-absolue aux épidémies de toutes sortes (Vanier, 1994).

De nos jours, l'usage des huiles est très large dans les domaines de la pharmacologie, la cosmétique, l'agroalimentaire, et récemment l'agrophytosanitaire, et leurs propriétés thérapeutiques font l'objet de nombreuses recherches scientifiques (Outaleb, 2009).

I.5.3 Rôle des HE pour le règne végétal

Nous ne savons pas exactement ce que représentent les H.Es pour le règne végétal. Les plantes les utilisent pour se protéger contre les virus et tous pensent qu'il s'agit d'hormones végétales. D'autres considèrent que les huiles sont des messagers entre sorte de parasites et de microbes (Willem, 2009), des travaux ont montré que les monoterpènes et les sesquiterpènes peuvent jouer des rôles importants dans la relation des plantes avec leur environnement (Holley, 1999).

I.5.4. Répartition botanique et localisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles n'existent que chez les végétaux supérieurs, connues sous le nom plantes aromatiques, répartition dans un nombre limité de familles, ex : Myrtacées, Lauracées, Rutacées, Astéracées, Cupressacées, Pipéracée, etc., (Brunton, 1999).

Ces essences peuvent se rencontrer dans divers organes à citer : les fleurs (ex : origan) ; les feuilles (citronnelle, Eucalyptus) ; les racines (ex :vétiver) ; les rhizomes (gingembre, acore) ; les graines (ex : carvi) ; les fruits (ex : badiane) ; les écorces (ex : cannellier) ; le bois (ex : bois de rose ou santal) ; la sève (ex : encens, myrte) ; les bourgeons (ex : le pin) (Brunton, 1999).

I.5.5. Eléments de synthèse des huiles essentielles

Chez la plupart des plantes, les huiles essentielles sont synthétisées dans des trichomes glandulaires spéciaux (poils) à la surface des feuilles. Leur forme est variable et souvent caractéristique d'une famille (Saheb, 2018).

La synthèse des huiles est liée à des cellules spécialisées, rarement isolées (feuilles de Laurier, Gingembre), le plus souvent regroupées en poches (Rutacées, Myrtacées) ou en canaux sécréteurs (Apiacées, Astracées) (Fig.8) . les cellules sécrétrices sont souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante ce qui facilite leur émission. En effet, lorsque la température est assez élevée, les essences traversent la paroi cellulaire et la cuticule sous forme de vapeur vers l'extérieur d'où le dégagement des parfums des fleurs (Brunton, 1999).



Figure 8 : Représentation schématique d'une coupe de poil glandulaire. Les huiles essentielles sont produites dans les cellules sécrétrices puis accumulées dans la cavité qui se forme entre les cellules sécrétrices et la cuticule qui les recouvre (Turner *et al.*, (1999), Wagner *et al.*, (2004)).

I.5.6. Biosynthèse des constituants des Huiles essentielles

La biosynthèse des constituants des huiles essentielles au sein du végétal emprunte deux voies utilisant comme intermédiaires :

- L'acide mévalonique pour les Terpénoïdes
- L'acide shikimique pour les phénylpropanoïdes

I.5.6.1. Voie des Terpénoïdes

Le matériau de base est l'IPP (isopentylpyrophosphate), molécule à cinq atomes de carbones ayant une structure semi- alvéolaire. Il est dérivé de l'Acétyl CoA (carrefour important), lui-même issu du PEP (phosphoenolpyrivate) provenant directement du fructose. La construction des squelettes hydrocarbonés a lieu de la même manière par la juxtaposition "tête à queue" d'unités isopréniques, unités pentacarbonés ramifiées assemblées enzymatiquement. Ainsi on trouve des squelettes hydrocarbonés à dix carbones (monoterpènes), puis à quinze carbones (sesquiterpènes) et plus rarement, à vingt carbones (diterpènes). Le processus peut se poursuivre mais dans d'autres buts que la synthèse des essences (Fig.9).

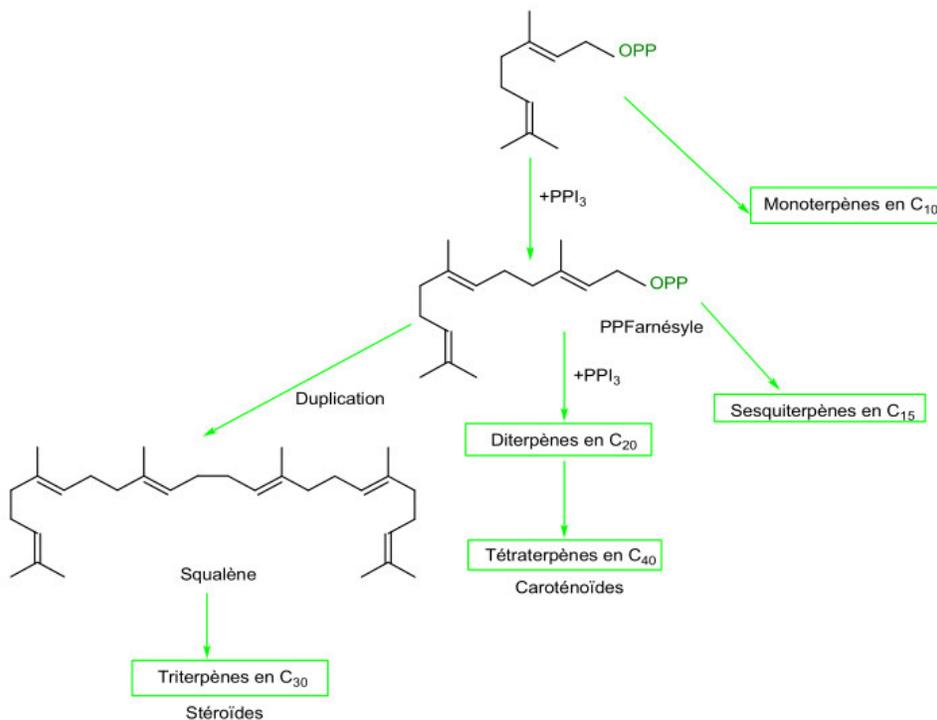


Figure 9 : schéma général de la biosynthèse des terpènes par la voie de l'acide mévalonique (Chenni 2016).

I.5.6.2. Voie des Phenylpropanoïdes

La synthèse des huiles essentielles par la voie des phenylpropanoïdes commence par un métabolite du fructose, le PEP (phosphoenolpyruvate). Elle aboutit à un très grand nombre de substances aromatiques, via une série d'acides, dont l'acide shikimique (d'où son nom, voie shikimique) et l'acide cinnamique. Les métabolites terminaux, importants en thérapeutique, sont les acides aromatiques suivants: acides salicylique, cinnamique et benzoïque et leurs esters dont la salicylate de méthyle, les cinnamates, les benzoates, certains phénols (eugénol) ainsi que les coumarines,... Quelques grandes familles chimiques de molécules non volatiles, comme les tannoïdes et les flavonoïdes, se trouvent incluse dans cette voie (Fig.10).

https://www.memoireonline.com/12/09/2969/m_Caracterisation-des-huiles-essentielle-de-trois-plantes-aromatiques--Hyptis-Spicigera-Pluchea-Ov4.html

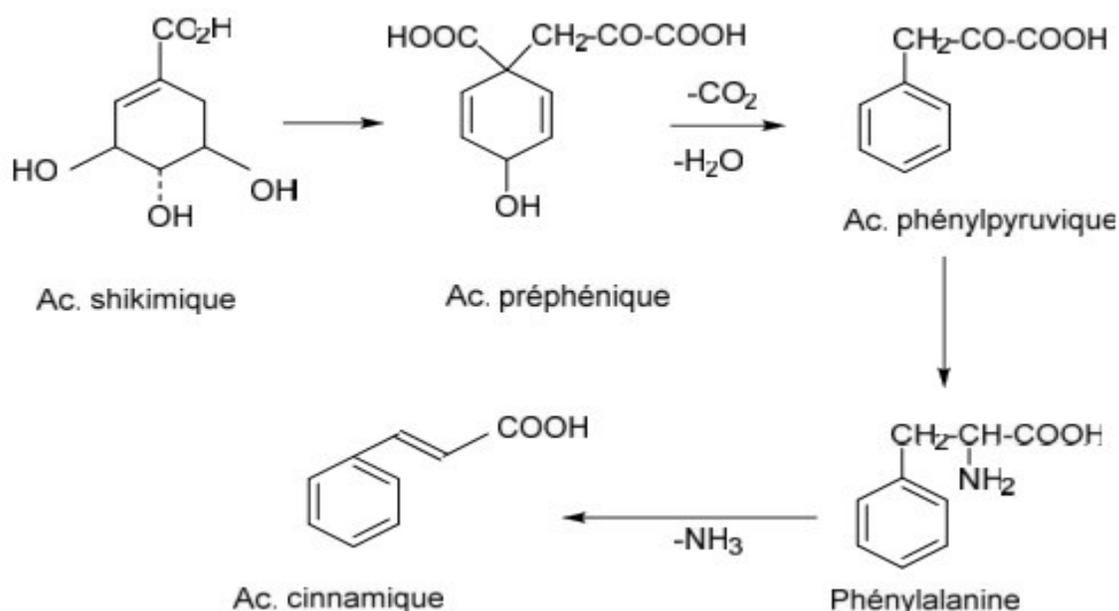


Figure 10 : exemple de la biosynthèse d'un dérivé du phénylpropane : acide cinnamique (Chenni , 2016)

I.5.7. Facteur de variabilité des huiles essentielles

La teneur et la composition chimique d'une huile essentielle varient en fonction d'un grand nombre de facteurs extrinsèques et intrinsèques, La température, le taux d'humidité, la durée d'ensoleillement, la composition du sol, l'existence des chémotypes, l'influence du cycle végétatif et le procédé d'extraction, contribuent dans cette variabilité (Saheb, 2018).

Lors du procédé d'extraction sous l'influence des conditions opératoires ; notamment du milieu (pH, température) et de la durée d'extraction. Les traitements auxquels la matière végétale est soumise avant ou pendant l'extraction (broyage, dilacération, dégradation chimique, pression, agitation) contribuent à la variation du rendement et de la qualité de l'huile essentielle (Angioni *et al.*, 2004). L'ensemble de ces facteurs influencent la composition chimique de l'huile avec des variations dans la concentration des molécules principales ont conduit à admettre l'existence de la notion de chémotypes ou races chimiques (Outaleb, 2009).

I.5.8. Caractéristiques physico chimiques des huiles essentielles

1. Propriété physique

Les HE se distinguent des autres huiles végétales ou dites « fixes » par leur volatilité, ce qui explique leur caractère odorant et ainsi leur mode d'obtention par entraînement à la vapeur d'eau (Couic-marinier et Lobstein, 2013).

Sont généralement incolores ou jaune pâle à l'état liquide à température ordinaire. Elles sont volatiles, odorantes et inflammables. Leur densité est le plus souvent inférieure à 1. Elles ont un indice de réfraction qui varie essentiellement avec la teneur en monoterpènes et en dérivés oxygénés ; une forte teneur en monoterpènes donnera un indice élevé, cependant une teneur élevée en dérivés oxygénés produira l'effet inverse. Elles sont peu solubles dans l'eau, solubles dans les alcools et dans la plupart des solvants organiques (Bruneton, 1995).

2. Composition chimique

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes pouvant contenir plus de 300 composés différents. (Sell , 2006) . leurs constituants moléculaires appartiennent exclusivement à deux familles chimiques : les terpénoïdes et les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (Regnault-Roger *et al.*, 2002). Elles ne contiennent ni protéines, ni lipides, ni glucides, ne renferment pas de minéraux ni de vitamines, elles n'ont donc aucune valeur nutritionnelle (Couic-marinier et Lobstein, 2013).

I.5.9. Procédés d'extraction des produits bioactifs

1. Méthodes classiques

Il existe plusieurs méthodes parmi les plus connues, l'hydrodistillation, la distillation à la vapeur d'eau, l'extraction par solvants, et l'expression à froid (Fig.11).

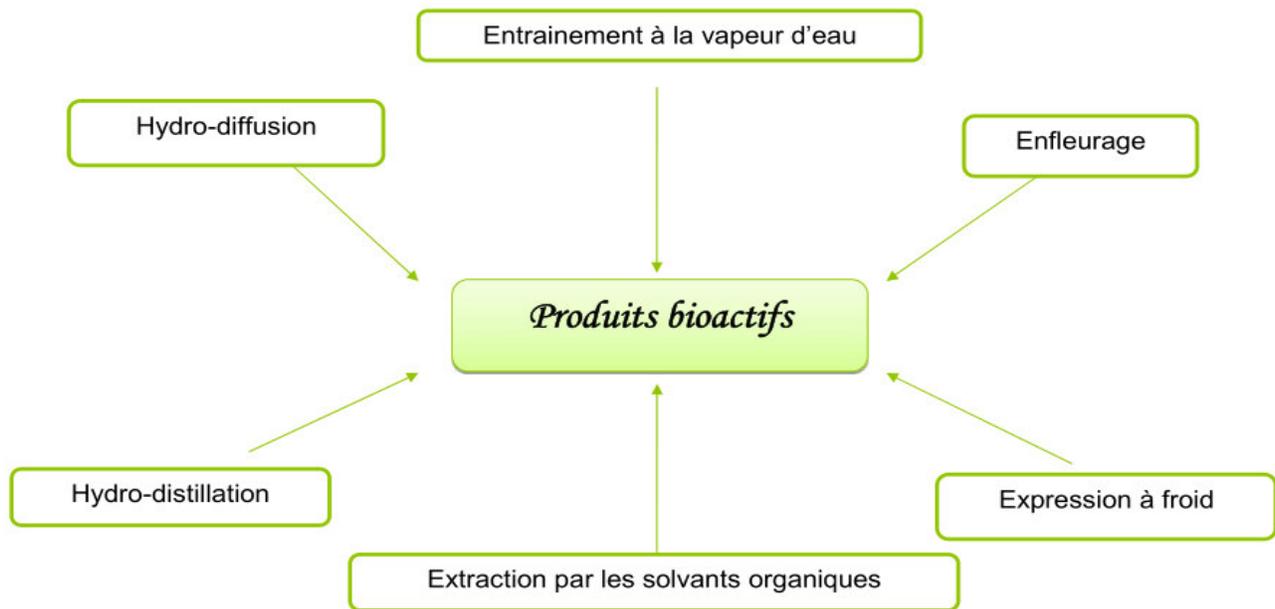


Figure 11 : procédés d'extraction conventionnels (classique) des produits bioactifs.

a. Entrainement à la vapeur d'eau

Elle consiste à introduire la masse végétale dans une colonne d'extraction à travers laquelle passe la vapeur. Cette dernière endommage la structure des cellules libère les particules d'huiles essentielles qui sont ensuite entraînées vers le réfrigérant où elles seront condensées. Les phénomènes intervenant lors de l'entraînement à la vapeur seraient des phénomènes d'osmose et de diffusion libre (Fig.12) . Cette méthode est supposée apporter une amélioration de la qualité de l'huile essentielle en minimisant les altérations hydrolytiques car la matière végétale ne baigne pas dans l'eau bouillante (Franchomme et Péroël, 1990 ; Lucchesi, 2005).

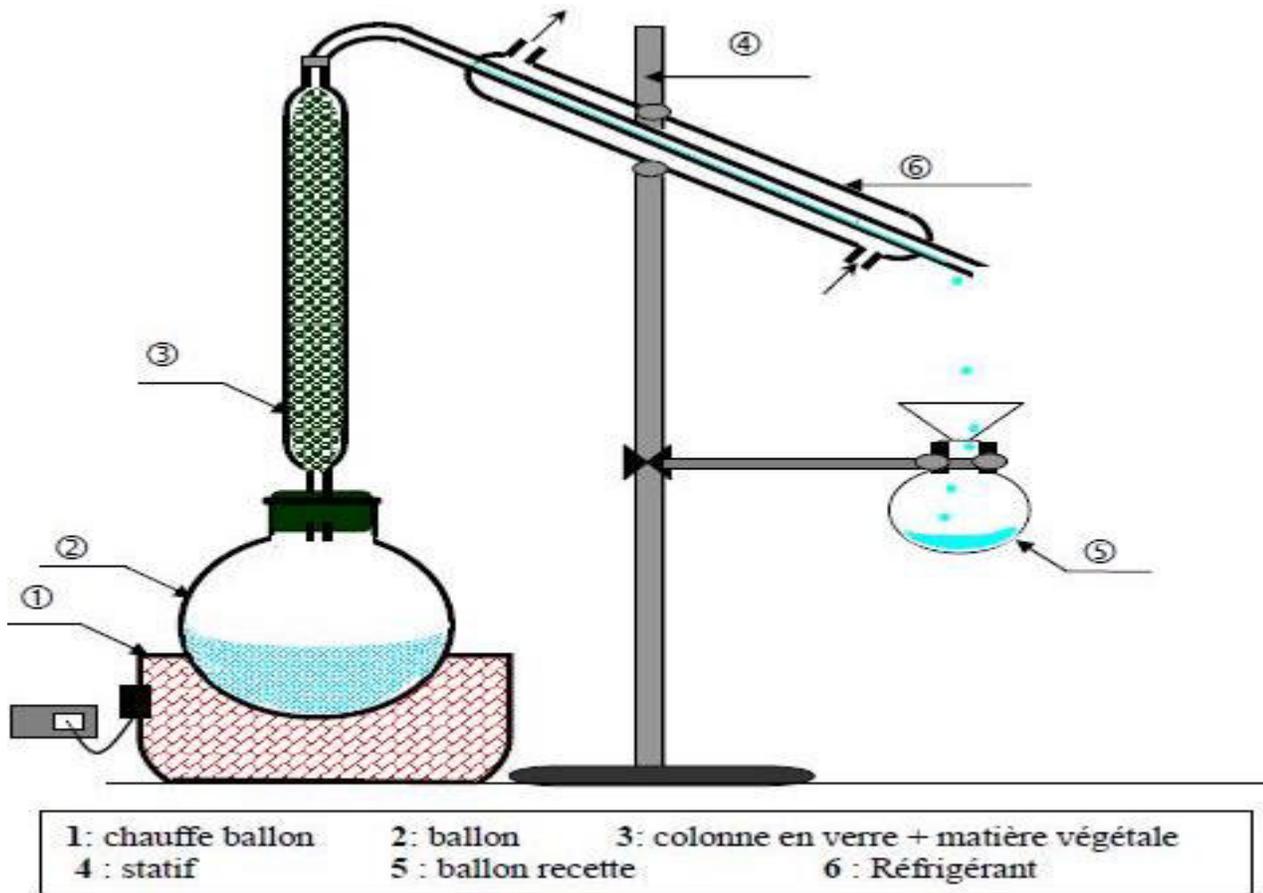


Figure 12 : Dispositif de l'extraction de l'huile essentielle par entrainement à la vapeur d'eau (Saidj, 2007).

b.Hydrodistillation

L'hydrodistillation est sans aucun doute le procédé chimique le plus ancien. En effet, il fut importé en Europe par les Arabes entre le VIIIème et le Xème siècle mais le principe était déjà connu et utilisé par les Egyptiens dès le IVème siècle avant J.C. Il est aussi le plus utilisé, le plus rentable et convenant le mieux à l'extraction des molécules en vue d'une utilisation thérapeutique (Willem, 2002).

Le principe de cette méthode consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter (intact ou éventuellement broyé) dans un alambic rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par différence de densité (Fig.13) (Bruneton, 2009).

Les parties insolubles dans l'eau de condensation sont décantées pour donner l'huile essentielle surnageant. La partie contenant les composés hydrosolubles est appelée eau de distillation (ou hydrolat).

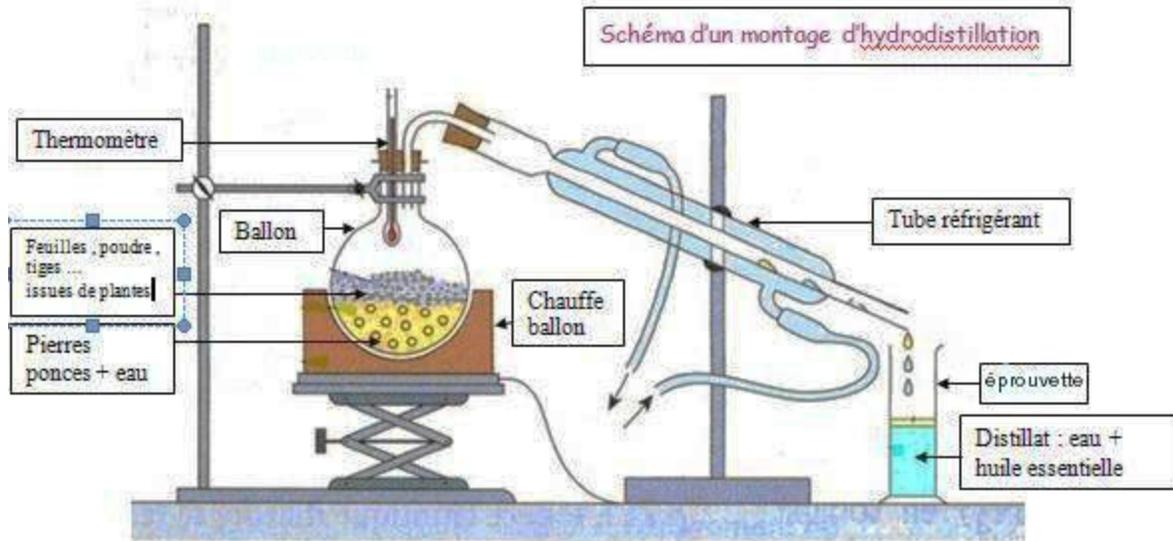


Figure 13 : Montage d'extraction par Hydrodistillation.

c .Hydrodiffusion

Elle est appelée aussi percolation, dans cette technique, la matière végétale est en contact avec la vapeur d'eau. Elle consiste à pulser cette dernière à très faible pression à travers la masse végétale, du haut vers le bas. La composition des produits obtenus est qualitativement différente de celles des produits obtenus par les méthodes précédentes mais elle permet un gain de temps et d'énergie (Bruneton, 2009).

d. Expression à froid

Les huiles essentielles sont aussi obtenues par expression à froid dans le cas particulier des agrumes (*Citrus* spp), on parle alors d'essence et non pas d'huile essentielle (Couic- Marinier & Lobsteine, 2013). Elle constitue le plus simple des procédés et consiste à broyer, à l'aide de presses, les zestes frais pour détruire les poches afin d'en libérer l'essence (Fig.14).

Cette technique uniquement mécanique limite l'oxydation car elle conserve les antioxydants naturels contenus dans la fraction non volatile de l'essence (Roux-Sitruk et *al.*, 2008).



Figure 14 : photo de dispositif de l'expression a froid

https://www.researchgate.net/figure/Photo-du-dispositif-de-lexpression-a-froid-Le-principe-de-ce-procede-mecanique-est_fig2_335505290

2. Méthodes modernes

On citer, l'extraction de fluides supercritiques, l'hydrodistillation assistée par micro-ondes, l'extraction assistée par ultrasons et l'hydrodiffusion assistée par micro-ondes et de gravité (Fig.15) (Baali et Rouha. 2017).

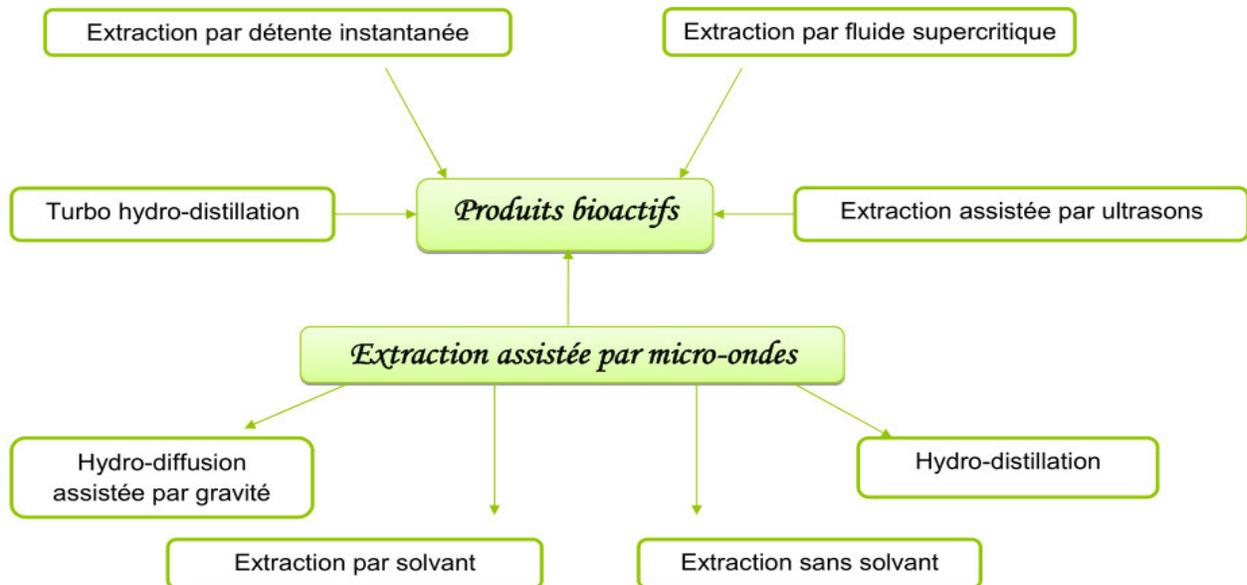


Figure 15 : procédés d'extraction récents des produits Bioactifs (Chenni, 2016).

I.5.10. Utilisation des huiles essentielles

Dans la recherche de la méthode alternative la lutte biologique offre de nombreuses possibilités qui se développent actuellement dans le règne végétal pour isoler et identifier des composés de plantes qui ont une activité antibactérienne, antioxydante, antifongique et insecticide (Bousbia, 2004).

a. Dans le secteur phytosanitaire

Il a été démontré que de nombreux constituants terpénoïdes d'huiles essentielles sont toxiques au contact pour un large éventail d'insectes et peuvent être utilisés comme insecticides végétales (Regnault-Roger *et al.*, 2002).

L'activité biologique des HE sur les insectes phytophages s'exerce à plusieurs niveaux et limite le renouvellement des générations (Regnault-Roger, 2008).

Les monoterpènes « réguliers » qui sont abondants dans la plupart des HE dont ceux des Lamiaceae, sont bien connus pour leur activité insecticide et inhibitrice de la reproduction des insectes ainsi que les sesquiterpènes qui jouent également un rôle dans les relations interspécifiques comme anti-appétents ou comme répulsifs ou toxiques pour ceux-ci. (Regnault-Roger, 2005).

Ajoutant que les huiles essentielles ont l'avantage d'être bioactives même en étant vaporisées, de ce fait, de nombreux travaux font référence à leur utilisation comme insecticides de contact et fumigeant pour la protection des denrées stockées contre les insectes ravageurs (Isman, 2000).

Chapitre II. Matériel et Méthodes

II.1. Cadre de l'étude

Ce travail a été effectué en trois parties suivant le protocole expérimental suivant :

1. La récolte de la plante étudiée à partir de la commune de Sour El ghozlane – wilaya de Bouira. Ensuite séchage et conservation.
2. L'extraction de l'huile essentielle de l'espèce végétale étudiée au laboratoire de l'entreprise Bio Lera d'extraction des huiles essentielles et végétales et production des produits cosmétique naturels.
3. Tester l'effet insecticide de cette huile essentielle sur une espèces d'insecte ravageur des denrée stockées et rechercher une éventuelle activité antifongique sur un champignon phytopathogène au Laboratoire d'Agronomie à la faculté des Sciences, Université M'hamed Bouguerra de Boumerdes.

II.2. Objectif de l'étude

Cette étude à pour objectif :

- l'extraction de l'huile essentielle d'une plante médicinale : *Teucrium polium* et détermination du rendement en huile essentielle.
- l'évaluation de l'effet insecticide et fongicide de l'huile essentielle de *Teucrium polium*.

II.3. Récolte et séchage du matériel végétal

La plante est récoltée au niveau de la région Sour El Ghozlane - Bouira durant la période de floraison en juin 2020. Seule la partie aérienne a été récoltée (tige, feuille et fleurs) (figure 16).

Trois sorties sur terrain ont été effectuées :

- Le 17 juin 2020 à 10h du matin première récolte
- Le 20 juin 2020 à 10h : 49 min la deuxième récolte
- Le 22 juin 2020 à 12h 28 min la dernière récolte



Figure 16 : *Teucrium polium* durant la récolte (originale)

II.3. 1. Séchage et conservation

Le matériel végétal, fraîchement récolté, a été débarrassé des mauvaises herbes, séché à l'ombre dans un milieu aéré, loin de toute pollution et à l'abri de la lumière. Ensuite, il a été conservé dans des sacs en papier pour une extraction ultérieure d'huiles essentielles.

II.3. 2. Situation et localisation géographique de la commune Sour El Ghozlane

Sour El Ghozlane est située au Sud –Est d'Alger sur la route de Bou Saada à 150 km de chacune de ces deux villes et à 30 km de Bouira, son chef – lieu de la wilaya (fig. 17). La commune de Sour El Ghozlane s'étend sur une superficie de 18244,5 Ha, elle englobe une population de 50120 habitants (DSA, 2010).

II.3.2.1. Milieu physique

➤ Relief

Le relief est relativement accidenté notamment au Sud de la commune de Sour El Ghozlane où se trouve Djebel Dirah avec 1810 d'altitude. Le reste du territoire est constitué de collines et de couloirs de plaines agricoles.

➤ Hydrographie

Le territoire de la région de Sour El Ghozlane s'étend sur deux bassins versants : le versant de l'Oued Lak'hal, qui fait partie du grand bassin de la Soumma, et le versant du Hodna (communes de Dirah, Maâmora), qui se déverse dans le Chott El Hodna.

➤ Géologie et pédologie

La région de Sour El Ghozlane est supportée par un substratum constitué essentiellement de roches sédimentaires formées pendant les ères du jurassique et du trias.

Cette zone est caractérisée par deux principaux types de sols:

- Les sols bruns calcaires sur marnes
- Les sols bruns calcaires sur grès calcaires.

Les sols fertiles à haut rendement agricole formant les plaines du littoral dont une partie est souvent marécageuse (bordures des oueds). Les sols cultivables mais parfois, accidentés et sont exposés à l'érosion, propices à la pratique de la céréaliculture et de l'arboriculture rustique au niveau des pieds monts. Les sols pratiquement incultes formant les massifs montagneux rocailloux accidentés et recouvertes de végétation forestière.

➤ Climat

Sur le plan climatique, la région appartient aux étages bioclimatiques du semi-aride supérieur et le subhumide inférieur.

- La tranche pluviométrique annuelle oscille entre 500 et 600 mm. La température moyenne est de 16 °C.
- Le maximum absolu peut atteindre 45.6°C et le minimum absolu -11.4 °C.

Le climat se caractérise par la présence de deux saisons bien distinctes, l'une chaude et sèche, et l'autre humide et froide.

- La saison sèche, se caractérise par des températures élevées, et on note durant cette saison le passage fréquent du sirocco.
- La saison humide, se caractérise par une abondance relative des précipitations et par des températures douces. En janvier et décembre, les températures descendent souvent au dessous de zéro, générant du gel.

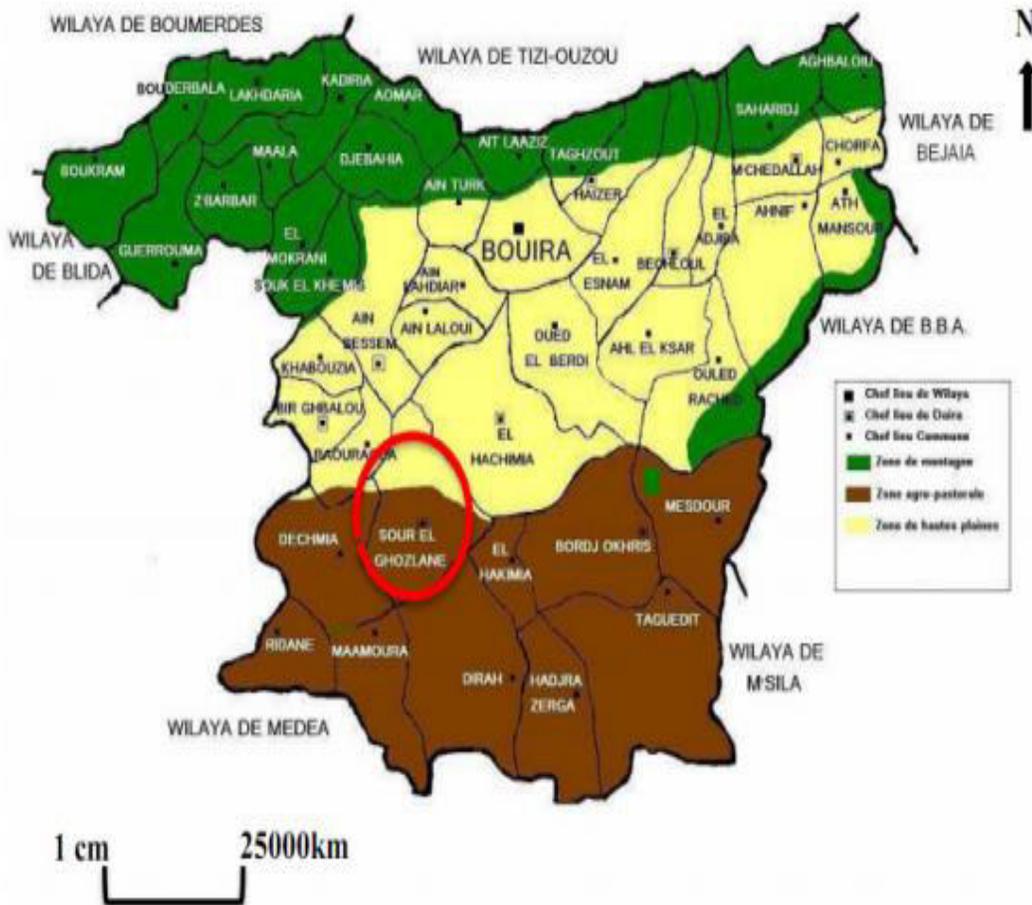


Figure 17 : Localisation de la commune de Sour El Ghozlane (Wilaya de Bouira) (ANIREF, 2011).

II.3.2.2. Milieu biotique

➤ Faune et flore

La commune de Sour El- Ghozlane est une région à cheval sur le domaine sub-humide et semi-aride, ceci est visible dans sa couverture végétale ou certains arbres isolés persistent au milieu d'une végétation épineuse passant dans quelque endroit à du maquis et à des terrains nus sans aucune essence végétale (subdivision de Conservation des forêts SEG, 2020)

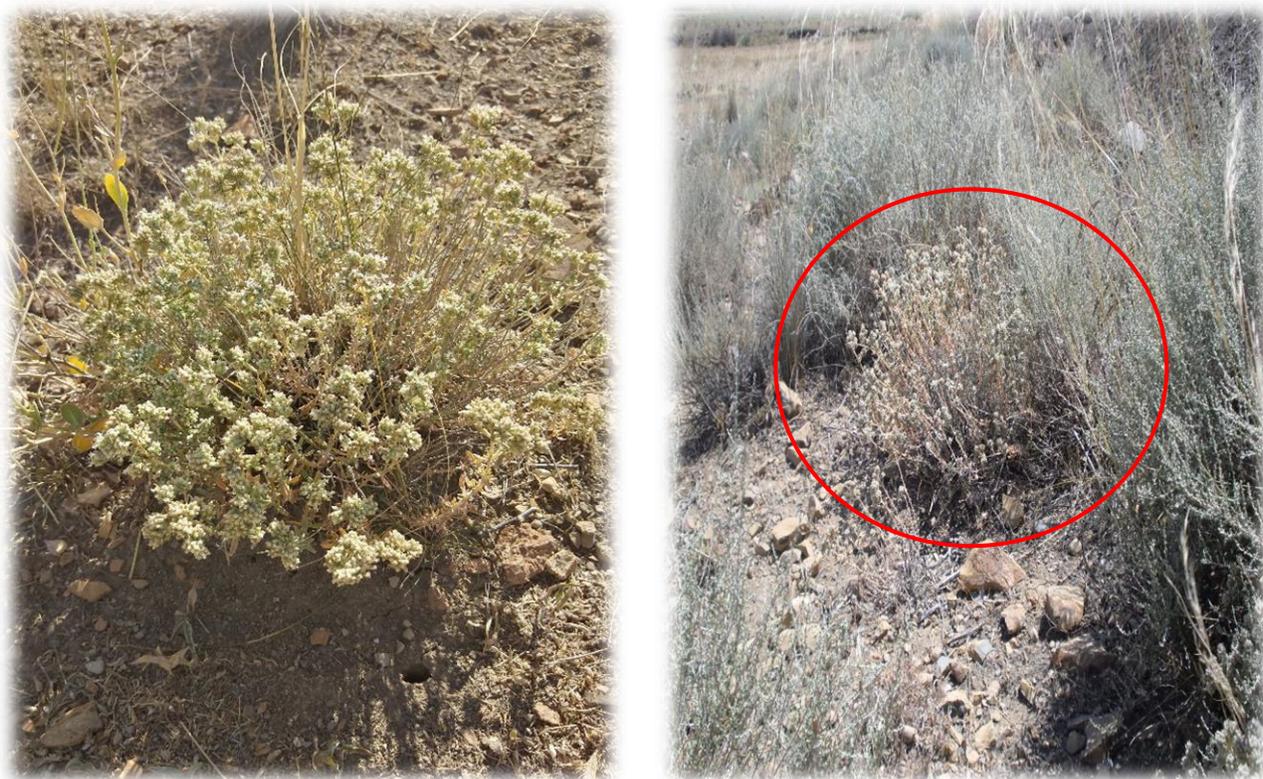


Figure 18 : Plant de *Teucrium polium* au niveau de la commune de Sour el ghozlane (originale)

II.3.3. Extraction de l'huile essentielle de *Teucrium polium* par hydro distillation

L'extraction de l'huile essentielle est effectuée par hydro distillation au moyen d'un dispositif d'extraction de type Clevenger. L'opération consiste à introduire 100 g de masse végétale séchée dans un ballon de 1 litres, on y ajoute une quantité d'eau distillée correspondant à 2/3 du volume du ballon.



Figure 19 : dispositif d'extraction de l'huile essentielle par Hydrodistillation avec Clevenger

L'effet conjugué de la température et de la pression fait éclater les cellules sécrétrices pour libérer l'huile essentielle. La vapeur d'eau et les composés bioactifs se forment en haut de la colonne et passe dans le condenseur où ils se liquéfient. Le liquide coule alors dans la burette où il se sépare en deux phases. La phase aqueuse, plus lourde, reste en bas et l'autre plus légère, constituée principalement d'huile essentielle, surnage (figure 19). On sépare la phase aqueuse et par la suite l'huile essentielle est récupérée dans un flacon en verre opaque (protection contre la lumière). Enfin, ce flacon est fermé hermétiquement et conservé dans un réfrigérateur pour effectuer les tests de l'activité biologique (insecticide et antifongique).



a

b

Figure 20 : **a.** représente les deux phases résultant de l'extraction la phase la plus lourde (aqueuse) en bas et l'autre phase en haut (huile essentielle). **b.** le flacon opaque pour la réservation de l'huile essentielle.

- Le rendement en HE est défini comme étant le rapport entre le poids d'HE obtenue et le poids de la biomasse du matériel végétal à traiter.
- Le rendement est exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$R\% = P1 / P2 * 100$$

R% : rendement de l'HE en pourcentage

P1 : poids de l'HE en g

P2 : poids de la plante (*Teucrium polium*) en g

II.4. Evaluation des activités insecticide et antifongique de l'huile essentielle de *Teucrium polium*

II.4.1. Essai insecticide

- **Matériel animal : Le Tribolium rouge**

Tribolium castaneum est un ravageur des denrées alimentaires stockées, surtout connu dans les régions tropicales et subtropicales. Dans les pays du sahel africain, cet insecte cause des dégâts importants au niveau des stocks des céréales. Dès l'âge de trois jours, la femelle pond quotidiennement environ 500 à 800 œufs qui éclosent au bout de cinq jours à 30°C. Les larves circulent librement dans les denrées infestées et s'y nymphoses sans cocon. À 30°C, la vie larvaire dure à peu près trois semaines et l'adulte émerge de la nymphe six jours après sa formation. La longévité de l'insecte varie de 2 à 8 mois suivant les conditions abiotiques particulièrement thermiques (Cherif et *al.*, 2019).

- **Élevage de l'insecte**

Tribolium castaneum a été élevé dans des conditions ambiantes (température et humidité) et cela depuis le mois de juin jusqu'au mois d'octobre dans une boîte en verre qui contient de la semoule d'orge conservé (figure 21).



a.



b.

Figure 21 : a. quelques individus de *Tribolium castaneum* dans la semoule d'orge (originale)

b. vue de proche de deux individus de l'espèce *Tribolium castaneum*

<https://www.agric.wa.gov.au/pest-insects/stored-food-insects?page>

II.4.1.1. Test biologiques par inhalation

Pour permettre cette étude, quatre (4) lots d'insectes sont constitués, dont un lot témoin et trois traités avec des doses de l'huile essentielle pure de *Teucrium polium* mesuré par une micropipette de 5 μ L – 50 μ L suivant les doses : 5 μ L, 10 μ L, 15 μ L, disposées sur un papier filtre ce dernier et couper en disques qui convient les couverts des boites. Chaque lot est constitué de 3 boites avec 3 répétition contenant chacune 10 individus de même âge (figure 22).

Le suivi et la lecture expérimental durent 3 jours (24h,48h,72h) en notant quotidiennement le nombre des individus morts et toutes anomalies de comportement observées.

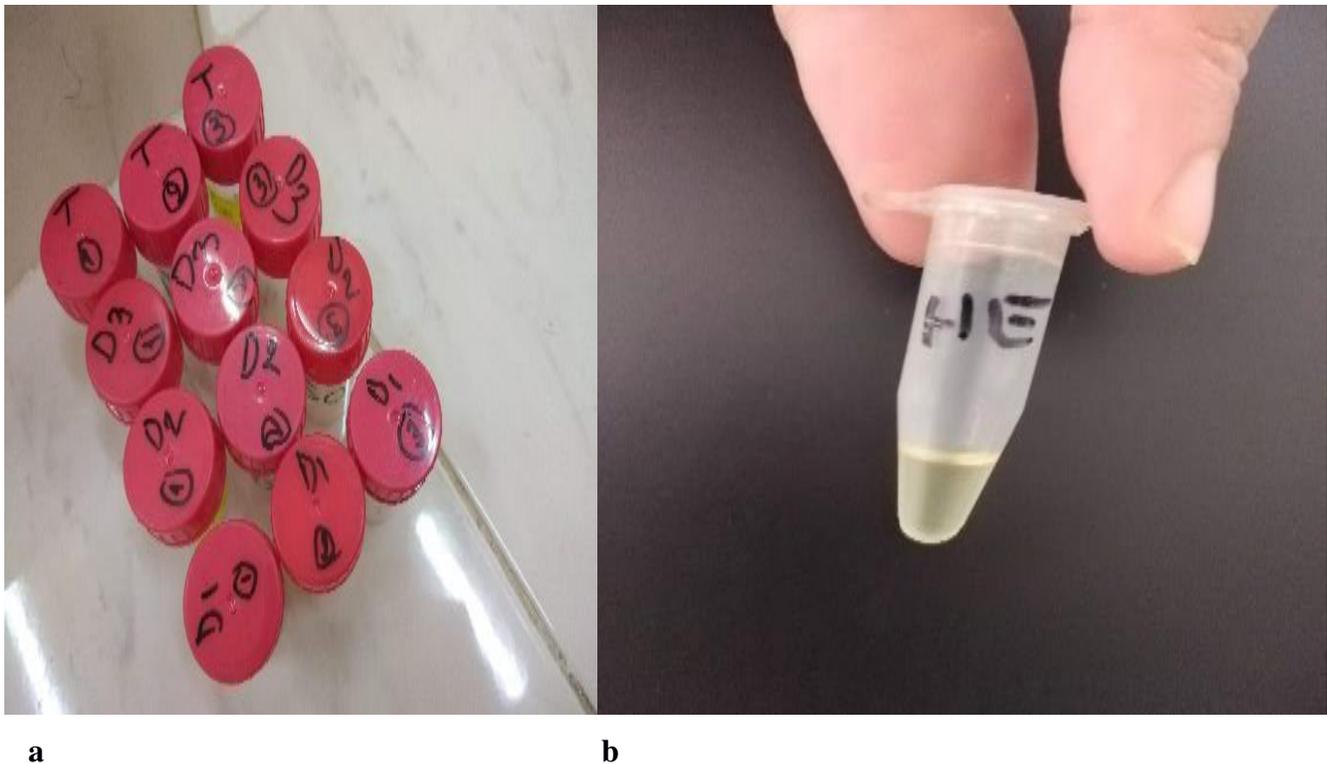


Figure 22 : a. les lots du test activité insecticides par inhalation **b.** huile essentielle pour le test

II.4.1.2. Test biologiques par contact

Cette fois ci en a 2 lot seulement, dont chaque lot est constitué d'une boîte pétrie contient 10 individus. Avec la même micropipette ont prélevé de l'huile essentielle et prudemment on lance une goutte sur chaque individu pour la première boîte et concernant la deuxième on utilise l'huile essentielle dilué dans le DMSO pour une concentration de 1/1200. Après observation des résultats.

II.4.1.2. calcul de la DL 50 a partir de test par inhalation

Le protocole opératoire consiste en l'administration de doses croissantes du produit à examiner à tous les animaux du lot, ensuite, le pourcentage de mortalité est noté.

Ainsi représenté graphiquement en fonction de la dose administrée, une courbe en sigmoïde est ainsi obtenue: c'est la courbe de Trévan. Afin de transformer la courbe de Trévan en une droite, le pourcentage de mortalité est remplacé par des unités appelées Probits et la dose par le Log (dose). Cette procédure est établie par le logiciel EXCEL ainsi le SPSS pour la détermination numérique de la DL 50.

II.4.2. Essai antifongique

- **Matériel animal : *Fusarium oxysporum***

Le *Fusarium oxysporum* est un représentant typique de la microflore du sol. Bien que saprophyte à pouvoir compétitif très étendu, il peut développer une phase parasitaire des plus dommageable. On connaît chez cette espèce, de nombreuses formes spéciales, parasites racinaire de diverses espèces chez lesquelles, elles engendrent un flétrissement appelé communément fusariose racinaire La forme spécial (*radicis lycopersici*) attaque la tomate, causants ainsi la maladie la plus redoutable de cette culture. Elle se traduit par une altération du système racinaire et aérien. Bien qu'il soit difficile d'évaluer précisément son incidence, les pertes qu'elle occasionne sont suffisamment importantes pour contraindre certains producteurs à abandonner la culture de la tomate, faute de méthodes de lutte efficace. En effet, plusieurs méthodes de lutte ont été utilisées tel que la méthode chimique, génétique, culturale, ainsi que la méthode biologique, mais toutes ces méthodes sont restées vaines.

- **Précultures des champignons**

Dans des boîtes de pétri, contenant le milieu PDA solide (20ml), on dépose un disque au centre de chaque boîte provenant d'une culture pure préparée au préalable. L'incubation se fait pendant 7 jours pour l'espèce de *Fusarium oxysporum* (figure 23).



Figure 23: la culture mère de *Fusarium oxysporum* après 7 jours d'incubation

II.4.2.1. Test antifongique

Des concentrations appropriées de L'huile essentielle diluée dans le DMSO sont ajoutées au milieu PDA stérile et liquide pour obtenir différentes concentrations. Un disque mycélium de 5mm de diamètre, pris de la culture de *Fusarium oxysporum*, a été inoculé dans chaque boîte de Petri. Avec 4 doses déterminées de HE diluées respectivement et une boîte témoin.

Dose 1 : 1/200

Dose 2 : 1/300

Dose 3 : 1/600

Dose 4 : 1/1200

Des mesures de diamètres des colonies ont été effectuées à la fin de l'incubation pour chaque concentration. La concentration minimale inhibitrice "CMI" est définie comme étant la plus basse concentration où aucune croissance n'est visible. L'IC50 représente la dose réduisant de 50% la croissance microbienne, ainsi pour ce dernier paramètre l'action antifongique a été déterminée par la mesure de l'inhibition de la croissance de la colonie fongique, en utilisant la formule d'Ebott :

$$T = (Dk - Do) / Dk \times 100 \%$$

Dk : diamètre de la colonie mycélienne témoin, en centimètre

Do : diamètre de la colonie mycélienne dans l'expérience

T: taux d'inhibition de la croissance du mycélium en pourcentage

Chapitre III. Résultats et discussion

III.1. Résultats d'extraction de l'huile essentielle

III.1.1. Calcul du rendement en huile essentielle

Le rendement en huile essentielle varie beaucoup avec la plante utilisée. Comme *Teucrium polium* présente un taux d'environ 0.10 % obtenue à partir 100 g de matière végétale sèche dans la présente étude. L'HE obtenue par hydro distillation était de couleur jaunâtre avec une très forte et persistante odeur .

Tableau 4: résultat d'extraction de l'huile essentielle et le rendement en pourcentage

Espèce végétale	Masse de la plante sèche	Masse de l'huile essentielle	Rendement en %
<i>Teucrium polium</i>	100 g	0.12 g	0.12 %

III.1.2. Comparaison des résultats avec d'autres résultats similaires

Le rendement de *Teucrium polium* est faible . En effet, le rendement d'extraction, tout comme la qualité d'une HE sont influencés par des facteurs abiotique tel que , degré de maturité des fleurs , l'interaction avec l'environnement (type de sol et température) , le moment de la récolte , le temps et la méthode d'extraction . Mais il peut être considéré proche du moyen par rapport à d'autres études effectuées en Algérie dans les résultats obtenus par l'extraction de la même espèce végétale avec les mêmes moyens et quantité de matière sèche, à Tlemcen 0.21 % (Belmekki *et al.* , 2013) , ou bien similaire à une autre étude effectuée dans le résultat obtenue est de 0.12% (Fertout – Mouri *et al.* , 2017) au niveau du mont de Tessala .

III.2. Évaluation de l'activité antifongique et anti insecticide de l'huile essentielle de *Teucrium polium*

III.2.1. Résultats du test de l'activité insecticide

III.2.1.1. Test par inhalation sur les individus d'une population de l'espèce *Tribolium castaneum*

Les essais toxicologiques permettent de déterminer l'efficacité de l'HE évaluée à partir de la mortalité enregistrée chez les individus de *Tribolium castaneum*. différentes doses (5µL, 10µL , 15µL) sont appliquées sur les insectes de stade adultes pendant 24, 48, 72 heures.

.a. Notations

Après l'application de l'huile essentielle pure une observation est notée après quelques heures (4 heures) que les individus diminuent leurs mobilités à l'intérieur des boîtes fermées.

.b. Détermination de la DL 50

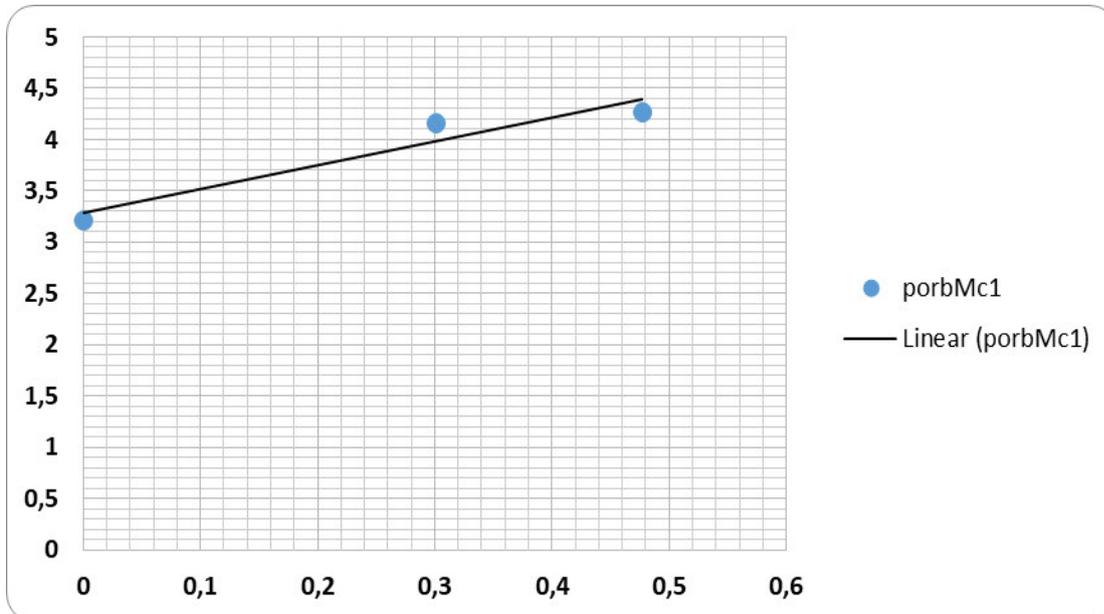


Figure 24 : détermination de la DL50 après 24 h d'application de l'HE de l'espèce végétale *Teucrium polium* sur 10 individus de *Tribolium castaneum* par inhalation

- il s'agit de la première observation après 24 H dans on observe que la DL 50 est loin d'être proche de la courbe pour la détermination, le résultat obtenu n'est pas significatif

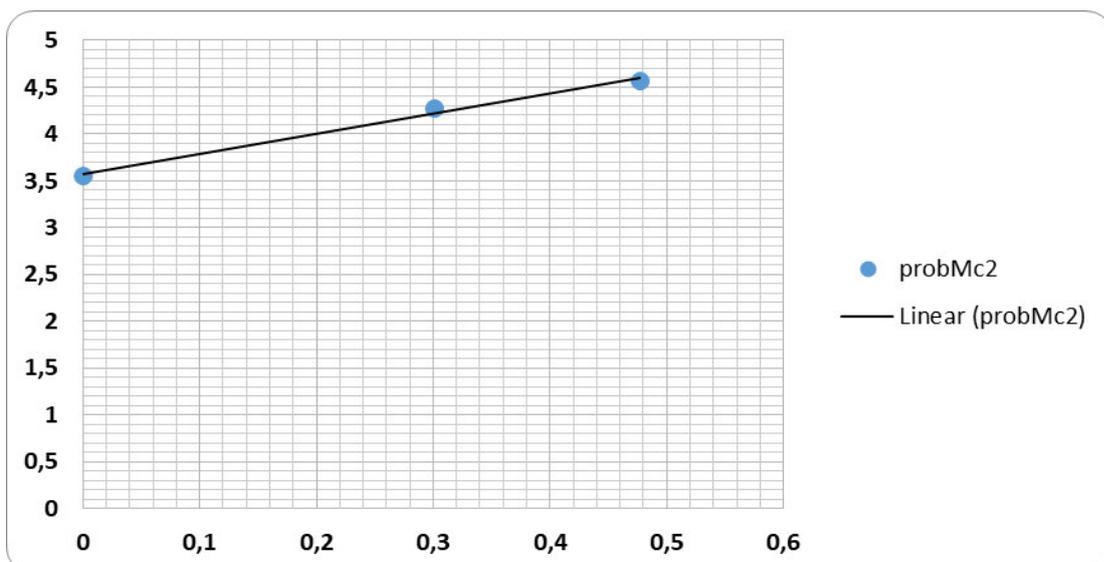


Figure 25: détermination de la DL50 après 48 h d'application de l'HE de l'espèce végétale *Teucrium polium* sur 10 individus de *Tribolium castaneum* par inhalation

- Une autre fois le résultat obtenu ne nous permet pas de déterminer la DL 50

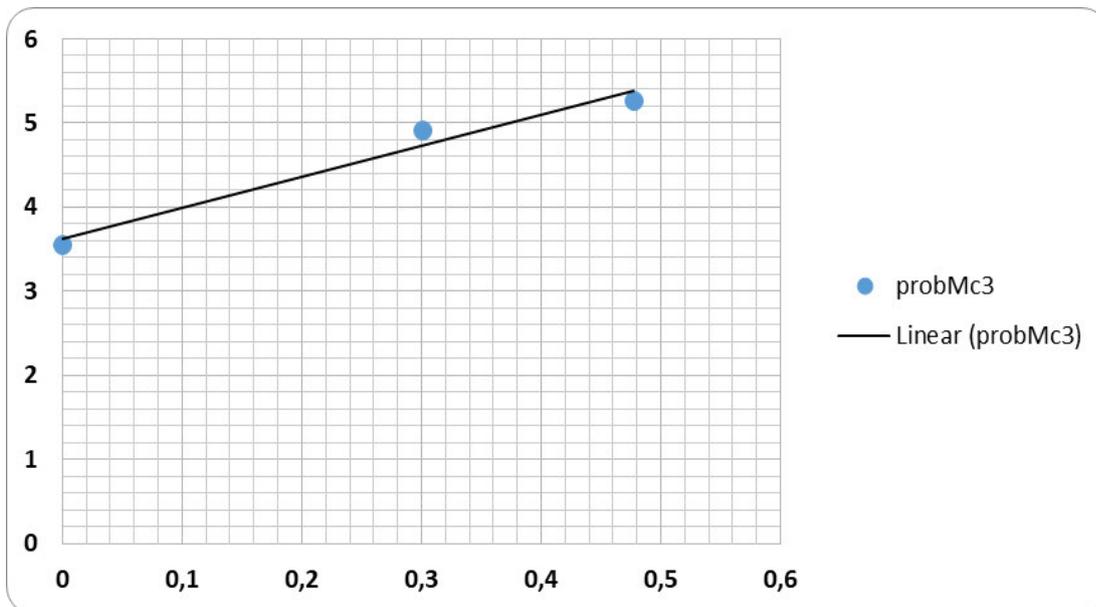


Figure 26: détermination de la DL50 après 72 h d'application de l'HE de l'espèce végétale *Teucrium polium* sur 10 individus de *Tribolium castaneum* par inhalation

- Dans les derniers résultats obtenus à partir du test d'inhalation par le HE de *Teucrium polium* sur les insectes de l'espèce *T. castaneum* on obtient un résultat significatif donc on peut calculer et déterminer la DL 50 obtenus après 72h.

c. Détermination numérique de la DL 50 par SPSS après 72 h

Sig = 0,00 < 0,05 donc il est significatif à 72 h, ce qui implique que l'huile de *Tecrium polium* a un effet sur les adultes des *Tribolium castaneum*

- DL 50 = 2,589 (Annex 10)

III.2.1.2. Test de toxicité par contact de l'HE de l'espèce *Teucrium polium* sur les individus d'une population de l'espèce animal *Tribolium catneum*

Le résultat obtenu pour ce test est la mort des individus après application direct de l'HE et après un max de temps varie entre 4 à 6 min pour l'HE diluée dans le DMSO avec une faible concentration utilisée 1/1200. En outre que l'interaction entre les mortalités des individus et les traitements utilisées c'est l'efficacité par contacte de l'huile essentielle pure avec l'huile essentielle dilué avec une mortalité obtenue par apport au temps

Le temps pour aboutir une toxicité plus rapide est observé dans le test de contact par l'HE pure dans la mortalité s'effectue directement avec contact par contre sa prend plus de temps avec celui dilué.



Figure 27 : les résultats obtenus à partir du test de contact sur l'espèce *Tribolium castaneum* (original)

- D'après la figure on peut constater que l'HE pure et le HE dilué ont une efficacité ou une activité insecticides élevée par contact direct.

III.2.2. Résultats du test de l'activité antifongique

III.2.2.1. Test d'inhibition de l'espèce fongique *Fusarium oxysporum* par la dilution de HE de l'espèce *Teucrium polium* dans le DMSO avec différentes concentrations

On observe la croissance mycélienne varie selon les concentrations, dans le témoin contient une croissance bien déterminée alors que dans les autres milieux diminue selon les doses. (Fig. 28)

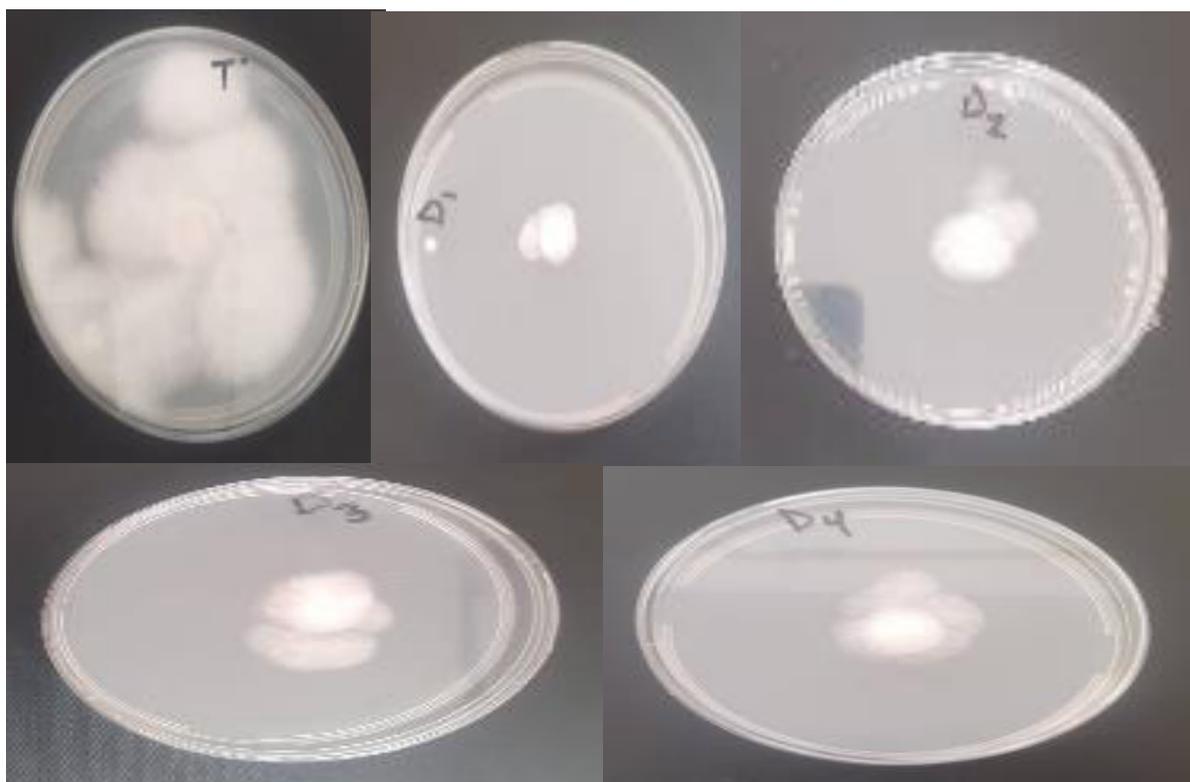


Figure 28 : résultat de test d'inhibition fongique par le HE de *Teucrium polium* Après 5 jours à différentes concentrations (Original).

Les résultats de la croissance mycélienne montrés dans le tableau 4 montrent l'effet des différentes concentrations d'huile sur la souches fongique *F.oxysporum* En l'absence de l'HE on notent un diamètre de croissance de 7,25 cm pour la première répétition et 7cm pour la deuxième après l'augmentation de la concentration des huiles essentielles on observe une décroissance mycélienne n'est pas totale jusqu'à 7,75 cm pour la première répétitions et 1,9 cm pour la deuxième dans la plus grande concentration (1/200).

Tableau 5 : résultat de mesure de diamètre mycélien après 5 jours d'application de test fongique avec différentes concentrations.

Les doses (concentration)	R1	R2
Dose 1 (1/200)	1.75 cm	1.9 cm
Dose 2 (1/300)	2.5 cm	2.75 cm
Dose 3 (1/600)	3.3 cm	3.2 cm
Dose 4 (1/1200)	3.4 cm	3.5 cm
Témoin	7.25 cm	7 cm

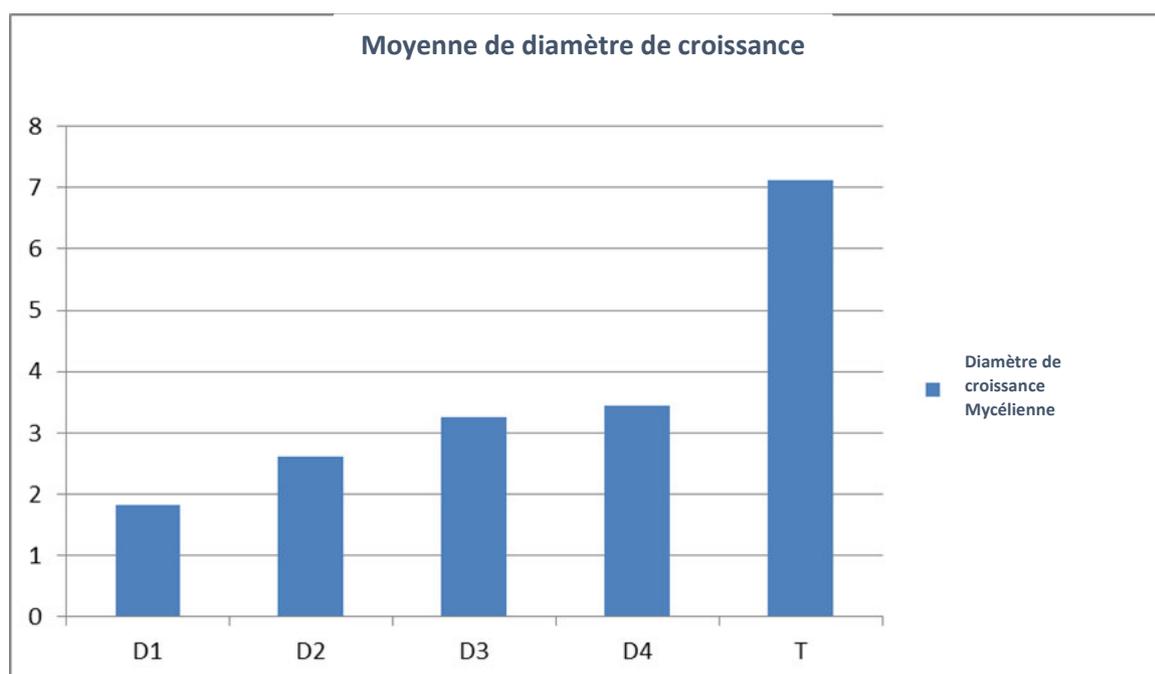


Figure 28 : moyennes de diamètre de croissance mycélienne vis-à-vis les doses de test

Tableau 5 : résultat obtenu après le calcul de taux d'inhibition par le HE de *Teucrium polium*

Doses	Taux d'inhibition pour la R1	Taux d'inhibition pour la R2	Moyenne de taux d'inhibition
Dose 1	75,43 %	73,33%	74,38%
Dose 2	64,91 %	61,40%	63,155%
Dose 3	53,68%	55,08%	54,38%
Dose 4	52,28%	50,87%	51,57%

- Il semble que le pourcentage d'inhibition augmente avec l'augmentation de la concentration de l'HE. En outre que le taux d'inhibition obtenue de la plus grande concentration est supérieure à 70% est c'est une moyenne significative comparant avec le taux d'inhibition obtenue par la plus faible concentration qui dépasse les 50 % .D'une manière générale l'HE de *Teucrium polium* a exercé une importance activité inhibitrice vis-à-vis *F.oxysporum*

III.3. Discussion des résultats

Les résultats obtenus mettent en évidence la relation entre doses appliquées et la mortalité enregistrée. En effet, la mortalité augmente avec l'augmentation de la concentration de la dose appliquée. La persistance de l'efficacité de l'HE obtenus est bonne vis-à-vis de *T. castaneum* pendant 72h heures et meilleur vis-à-vis l'espèce fongique *F.oxysporum* , c'est donc une activité biologique intéressante à l'égard de *T. castaneum* et *F. oxysporum* . De nombreux travaux scientifiques publiés dans la littérature ont mis en évidence l'effet insecticide et fongicide des huiles essentielles ou des produits à base de plante afin de pouvoir contrôler et limiter les présences de ces derniers. Tandis que Madjdoub *et al*, .(2013) ont testé la toxicité des huiles essentielles de *Ruta chalepensi* (L) sur les adultes de *T. castaneum*, les résultats obtenus montrent un pouvoir remarquable sur les adultes de l'insecte. De même, Souguir *et al*, 2017 ont mis en évidence l'efficacité biocide des huiles essentiels des feuilles et des fleurs de la plante Marjolaine sur les adultes de *T. castaneum*. D'autres chercheurs ont signalé également la propriété insecticide d'autres plantes, telle que le Safrôle et l'Eugenol qui présentent des forts potentiels biocide sur le *T. castaneum*. Les travaux de Bachrouch ,(2010) ont montré que l'huile essentielle de l'espèce Pistachier lentisques présente une forte activité insecticide vis-à-vis de *T. castaneum*. Ces auteurs ont signalé que la toxicité obtenue dépend majoritairement de stade de développement de l'insecte, ainsi le temps d'exposition aux traitements.

Similaire aux travaux d'Ebadollahi et Taghinezhad ,(2019) on montre que L'huile essentielle de *T. polium* présentait des toxicité des fumigants sur les adultes de *T. castaneum* et, noté d'une concentration de 20 µl/l et une durée d'exposition de 72 minutes ont été calculées comme étant les conditions optimales pour 97,97% de mortalité et une concentration de 14,13 µl/l a également été estimée comme valeur optimale pour l'indice de 94,66% de mortalité . donc L'effet nocif insecticides augmente avec l'augmentation des temps d'exposition et de la durée de vie de l'insectes et varie aussi selon les doses .

En revanche, nos résultats ne concordent pas à ceux obtenus par Belmekki a étudié l'effet inhibiteur d'huile essentielle de *teucrium polium* de Tlemcen sur les souches *Fusarium oxysporium*, *aspergillus flavus*, *Penicillium spp*, *Rhizopus stolonfer* les résultats ont montré que l'activité antifongique est très faible sauf contre *Penicillium spp* qui présente un taux d'inhibition de 70% mais les autres souches une résistance très forte cette huiles essentielle et

de composition majoritaire suivante D-germacrène (24.98%), B-germacrène (12.59%), β -pinène (11.32%) et en carvacrol (8.64%).

D'après Pattnaik *et al en 1997* l'activité antifongique d'une HE est à mettre en évidence avec sa composition chimique, les groupes fonctionnels des composés majoritaires (alcools, phénols, composés terpéniques et cétoniques) et les possibles effets synergiques entre les composants. Ainsi, la nature des structures chimiques qui la constitue, mais aussi leurs proportions jouent un rôle déterminant. Il est cependant probable que les composants minoritaires agissent de manière synergique. Donc l'activité antifongique décroît selon le type de fonctions chimiques: Phénols > Alcools > Aldéhydes > Cétones > Ethers > Hydrocarbures.

Enfin, l'espèce fongique *F. oxysporum* présente une sensibilisation contre le HE de l'espèce végétale *Teucrium polium* par contre l'insecte *T.castaneum* a une résistance un peu élevée phase au faible doses en HE . Cette résistance a été montrée par inhalation que par contact.

Conclusion générale

Afin d'aider les agriculteurs et de chercher des solutions alternatives pour limiter et contrôler l'utilisation abusive des produits phytosanitaires, nous avons essayé à travers cette étude d'évaluer l'efficacité insecticide et fongicide de l'huile essentielle de *Teucrium polium* à différentes concentrations sur *T. castaneum* qui cause des dégâts importants sur les denrées stockées et sur un champignon *F. oxysporum*.

Les résultats révèlent que ce traitement présente des potentialités et pourraient être utilisés et exploités avec succès pour la gestion des bio-agresseurs des végétaux.

A partir de cette étude nous pouvons déduire les conclusions suivantes :

Le rendement en huile essentielle de *Teucrium polium* est faible mais a une très bonne efficacité fongique contre l'espèce *F. oxysporum*.

Elle présente une forte toxicité insecticide par contact. Son effet de toxicité par contact est meilleur que celui par inhalation sur l'espèce ravageur des denrées stockées *T. castaneum* est ceci est dû aux faibles doses utilisées.

Les résultats relatifs aux traitements biologiques par l'huile essentielle de *T. polium* :

- Les applications réalisées sur les insectes de l'espèce *T. castaneum* ont enregistré un effet de mortalité allant jusqu'à 100 % après quelques secondes uniquement pour l'utilisation de HE pure par contact ce qui relève une grande toxicité par contact,
- Les applications réalisées pour le test inhalation dans les conditions contrôlées (*in vivo*) ont montré une efficacité graduelle à partir des premières 24 h puis qui augmentaient progressivement dans le temps jusqu'à 48 h afin d'atteindre le maximum aux après 72 h (50 % de mortalité).

Ce résultat est dû forcément aux faibles doses utilisées.

- Une dernière application pour effectuer un test fongique a été réalisée sur l'espèce fongique *F. oxysporum* dont le résultat obtenu au bout de 5 jours ou le taux d'inhibition a été très satisfaisant ce qui signifie la sensibilité de l'espèce vis-à-vis des HE utilisées, toutes les doses testées ont inhibé le champignon.

Nous pouvons conclure qu'à ce stade d'étude, les espèces traitées dans cette étude ont présenté une sensibilité accrue à toute la gamme de substances testées, cette sensibilité est due au :

- Doses utilisées
- Temps d'exposition
- Le mode d'action.

Les résultats obtenue dans cette étude sont donc très encourageants et pourraient déboucher rapidement sur une méthode fiable pour les phytoprotecteurs et les agriculteurs. et constitue une première étape dans la recherche de molécules bio pesticides d'origine végétale, elle mérite d'être poursuivie par des études in planta pour confirmer leur activité.

- Il serait intéressant de tester l'activité de cette HE sur d'autres agents pathogènes et insectes ravageurs en particulier ceux listés de quarantaine qui constituent des organismes très redoutables comme par exemple ; *Phytoplasma ulmi*, *Xanthomonas oryzae pv. Oryzae*, *Xylella fastidiosa*, *Tilletia indica*, *Radopholus similis*, *Globodera rostochiensis*, et *Thrips palm*.

En plus de tous les avantages liés à l'utilisation des huiles essentielles de plantes dans la lutte contre les bio agresseurs des cultures, l'application de ces composés est limitée en raison de leur faible durabilité.

Leurs utilisations en plein champ à l'état pure est impossible, il semble donc intéressant a effectuer des études ou de nouvelle recherches pour des formulations de l'HE de *Teucrium polium*.

**Anexes des calculs statistiques de test de toxicité par inhalation pour les especes animaux
Tribolium castaneum par l'huile essentielle de *Teucrium polium* par logiciel EXEL et le SPSS**

Annexe 1. Valeurs des doses avec les mortalités de test insecticides par inhalation

dose	D1=5ùl	D1=5ùl	D1=5ùl	D2 = 10 ùl	D2 = 10 ùl	D2 = 10 ùl	D3=15 ùl	D3=15 ùl	D3=15 ùl
R	R1 = 10	R2 =10	R3= 10	R1 =10	R2 =10	R3 =10	R1 =10	R2 =10	R3=10
T	T1 =10	T1 =10	T1 =10	T2= 10	T2=10	T2 =10	T3=10	T3=10	T3 =10

Annexe 2. Valeurs moyennes de nombres de mortalités pour la D1

dose	D1						
R	R1	R1%	R2	R2%	R3	R3%	moy d1
24h	1	10	1	10	2	20	13,33333333
48h	2	20	2	20	2	20	20
72h	2	20	3	30	2	20	23,33333333

Annexe 3. Valeurs moyennes de nombres de mortalités pour la D2

dose	D2						
R	R1	R1%	R2	R2%	R3	R3%	moy d1
24h	2	20	2	20	1	10	16,66666667
48h	3	30	2	20	2	20	23,33333333
72h	3	30	4	40	3	30	33,33333333

Annexe 4. Valeurs moyennes de nombres de mortalités pour la D3

dose	D3						
R	R1	R1%	R2	R2%	R3	R3%	moy d1
24h	2	20	2	20	1	10	16,66666667
48h	4	40	6	60	4	40	46,66666667
72h	6	60	7	70	5	50	60

Annexe 5. Le calcul de la moyenne

T	
R	moy d1
0	0
0	0
0	0

moyD1	moyD2	moyD3	moyD0	MOY de mortalités corrig1	MOY de mortalités corrig2	MOY de mortalités corrig3
13,3333333	16,67	16,6666667	0	13,33	16,67	16,67
20	23,3333333	46,6666667	0	20,00	23,33	46,67
23,3333333	33,3333333	60	0	23,33	33,33	60,00

Annexe 6. Le calcul des probites

Mc1	probMc1	Mc2	probMc2	Mc3	probMc3
3,7037037	3,211	7,40740741	3,5564	7,40740741	3,548
20	4,16	23,3333333	4,2699	46,6666667	4,9132
23,3333333	4,2699	33,3333333	4,5699	60	5,2575

Annexe 7. Log D1

temps en j	Logtemps	porbMc1
1	0	3,211
2	0,30103	4,16
3	0,47712125	4,2699

D2

logtemps	probMc2
0	3,5564
0,30103	4,2699
0,47712125	4,5699

D3

logtemps	probMc3
0	3,548
0,30103	4,9132
0,47712125	5,2575

- Détermination de la DL 50 par SPSS

Annexe 8. Tests de normalité

	DOSE	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk (N inférieur a 50 ind.)		
		Statistiques	ddl	Sig.	Statistiques	ddl	Sig.
MORTALIE	temoin	.	9	.	.	9	.
	dose 5	,385	3	.	,750	3	,000
	dose 10	,385	3	.	,750	3	,000
	dose 15	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Correction de signification de Lilliefors

Rq : la sig. des doses 5, 10, et 15 sont inférieur à 0.05 donc les données ne suivit pas un loi normal donc on applique le log it pour étudier la significativité de huile.

Annexe 9. Analyse par la méthode du logit (pour 4 doses en 72 h)

Estimations des paramètres

	Paramètre	Estimation	Erreur standard	Z	Sig.	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
LOGIT ^a	DOSE	3,275	1,220	2,685	,007	,884	5,666
	Constante	-1,353	,422	-3,204	,001	-1,776	-,931

a. Modèle LOGIT : $\text{LOG}(p/(1-p)) = \text{Constante} + \text{BX}$ (Les covariables X sont transformées à l'aide de l'algorithme de base 10,000.)

Annexe 10 : Limites de confiance

	Probabilité	Limites de confiance à 95 % pour DOSE			Limites de confiance à 95 % pour le log (DOSE) ^a		
		Estimation	Borne inférieure	Borne supérieure	Estimation	Borne inférieure	Borne supérieure
LOGIT	,010	,102	,000	,364	-,990	-4,466	-,439
T	,020	,168	,000	,486	-,775	-3,672	-,313
	,030	,225	,001	,578	-,648	-3,204	-,238
	,040	,277	,001	,655	-,557	-2,868	-,184
	,050	,327	,002	,722	-,486	-2,606	-,141
	,060	,374	,004	,783	-,427	-2,389	-,106
	,070	,420	,006	,840	-,377	-2,204	-,076

,080	,465	,009	,893	-,333	-2,042	-,049
,090	,509	,013	,944	-,293	-1,898	-,025
,100	,552	,017	,993	-,258	-1,767	-,003
,150	,765	,056	1,219	-,116	-1,252	,086
,200	,977	,136	1,437	-,010	-,868	,157
,250	1,196	,278	1,669	,078	-,557	,222
,300	1,427	,506	1,949	,154	-,296	,290
,350	1,676	,834	2,351	,224	-,079	,371
,400	1,947	1,224	3,047	,289	,088	,484
,450	2,249	1,589	4,349	,352	,201	,638
,500	2,589	1,894	6,673	,413	,277	,824
,550	2,982	2,166	10,678	,474	,336	1,028
,600	3,444	2,430	17,626	,537	,386	1,246
,650	4,001	2,708	30,083	,602	,433	1,478
,700	4,698	3,017	53,661	,672	,480	1,730
,750	5,606	3,382	102,003	,749	,529	2,009
,800	6,863	3,839	213,623	,836	,584	2,330
,850	8,767	4,460	524,584	,943	,649	2,720
,900	12,137	5,424	1735,871	1,084	,734	3,240
,910	13,172	5,696	2346,757	1,120	,756	3,370
,920	14,419	6,011	3275,819	1,159	,779	3,515
,930	15,959	6,384	4762,446	1,203	,805	3,678
,940	17,921	6,838	7302,995	1,253	,835	3,864

,950	20,5 24	7,408	12046,540	1,312	,870	4,081
,960	24,1 87	8,161	22090,368	1,384	,912	4,344
,970	29,8 26	9,231	47897,170	1,475	,965	4,680
,980	39,9 51	10,955	141033,89 6	1,602	1,040	5,149
,990	65,5 05	14,625	877334,17 0	1,816	1,165	5,943

a. Base de logarithme = 10.



Références bibliographique

Afnor. A, 2000. Huiles essentielles, échantillonnage et méthode d'analyse. Ed. PARA Graphic, T.1, P 471.

Aissous.A, Bechara. R ,2016 . Caractérisation chimique et activités biologiques d'extrait brut hydroalcoolique des graines de *Lepidium sativum* . Mémoire master : Biochimie Moléculaire et Santé. Université des Frères Mentouri Constantine .

Amoabeng. B. W, Gurr. G. M, Gitau. C. W, Munyai. L, Stevenson. P. C, 2013. Tri-trophic insecticidal effects of African plants against cabbage pests. *PLoS One*. 8(10): e78651.

Amoabeng.B. W, Gurr. G. M . Gitau. C. W et Stevenson. P. C, 2014. Cost: benefit analysis of botanical insecticide use in cabbage: implications for smallholder farmers in developing countries. *Crop Protection*. 57, 71-76

Angioni.A, Barra.A, Cereti.E, Barile .D, Coisson. J. D, Arlorio.M, 2004. Chemical composition, plant genetic differences, antimicrobial and antifungal activity investigation of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 52, N°1, P 3530-3535.

Anjarwalla.P, Belmain.S, Sola.P, Jamnadass.R, Stevenson.PC, 2016. Guide des plantes pesticides. World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi, Kenya. P 2 - 11.

Anjarwalla.P, Ofori. D.A, Belmain.S, Jamnadass,R et Stevenson, P.C, 2015. Proceedings of the training workshop on Optimisation of Pesticidal plants: Technology, Innovation, Outreach & Networks (OPTIONS), World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi, Kenya.

Autore.G, Capasso. F, De Fusco. R, Fasulo. M.P, Lembo. M, Mascolo.N, Menghini. A, (1984). Antipyretic and antibacterial actions of *Teucrium polium* (L.) *Pharmacol. Res. Commun*. 1:16.

Baali.K et Rouha. H , 2017. Activité antioxydants des huiles essentielles extraites de quelques plantes de la famille des lamiaceae . Master .université de bejaia : biochimie et biologie moléculaire .

Références bibliographique

Bachrouch.O.Benjema.J.Chaib.I.Talou.T.Marzou,B.Abderrab.A,M,2010.insecticidal activity of pistacia lentiscus oil on tribolium castaneum as alternative to chemical control in storage. tunisian journal of plant protection 5:63-70.

Badiaga.M ,2011. Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de Nauclea Latifolia Smith une plante médicinale africaine récoltée au Mali, thèse de doctorat, université de Bamako,P10 .

Beghami.Y,2003.Contribution à l'étude de la flore et de quelques paramètres de l'environnement de la cédraie du massif de Chélia (Aurès).Thèse de magistère, Ins d'Agronomie, université de Batna,P 88.

Belkhodja.H, Effet des biomolécules extraites à partir de différentes plantes de la région de Mascara : Evaluation biochimique des marqueurs d'ostéoarticulation et de l'activité biologique'' thèse doctorat, Université de li-Mustapha stambouli Mascara, 2015.P 22

Belmekki.N, 2009. these de magister, Etude phytochimique, activités antimicrobiennes et antioxydantes de Saccocalyx satureioïdes, Salvia verbenaca et Teucrium polium de la région Ouest d'Algérie, université de telemcen.

Belmekki.N, Bendimerad.N, 2012.Antioxidant activity and phenolic content in methanol crude extracts from three lamiaceae grown in southwestern Algéria .J.nat .prod.plant Resour, 2(1) :175-181.ISSN : 2231-3184.

Boros.B ,Jakabova.S , Dornyei.A , Horvath.G, Pluhar.Z , Kilar.F , Felinger.A, 2010. Determination of polyphenolic compounds by liquid chromatography–massspectrometry in Thymus species. Journal of Chromatography A, 1217 : 7972–7980.

Bouakaz.I,2006 . Etude phytochimique de la plante Genista Microcephala. Mémoire de magister, Batna.P124

Boudjouref .M , 2011.Etude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d'ARTEMISA COMPESTRIS L , mémoire magister : biochimie appliquée , université Ferhet Abbas - sétif ,P9.

Boullard.B. 2003. Plantes médicinales du monde : réalités et croyances. Paris. P 1092- 1107.

Références bibliographique

- Bousibia.N, 2004 . extraction et identification de quelques huiles essentielles (nigelle , corindre , origan , thin , romarin) . etude de leur activité antimicrobienne . thèse de magister .INA . algerie . mémoire manuscrite .P33.
- Bruneton.J, 1995. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Tech & doc- Lavoisier, Paris, P526.
- Brunton.J, 1999 , Pharmacognosie - phytochimie, plantes médicinales, Lavoisier 3 ème édition, Ed.Tech et Doc, Paris, P1100.
- Catayud.P.A, Desneux . N ,2013 . caracteristiques chimiques des plantes . In : Théiry , D et al .Interaction insectes – plantes .Ed . Quae . IRD . P222.
- Chenni .M , 2016 . etude comparative de la composio chimique et de l'activité biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic « Ocimum basilicum L » extraite par hydrodistillation et par micro – onde . thèse de doctorat de luniversité d'oran ; chimie moléculaire :Analyse , modélisation synthèse .P 17-19.
- Conner. D.E, 1993. Naturally occurring compounds: antimicrobials in foods. Ed. Davidson, New York, P468.
- Couic-marinier.F,Lobstein A, 2013 . Composition chimique des huiles essentielles. Actualités pharmaceutiques N° 525, "P22-25 .
- Cyril.T,2001 . étude des métabolismes primaires et secondaires de racines transformées de CatharanthusRoseusen, vue du développement d'un modèle cinétique, université de Montréal. P28.
- Debiani.S,2015.extraction et application des huiles essentielles et valorisation des hydrolats de la rue et du fauxpoivrier comme inhibateur de corrosion de l'acier . mémoire master . université de blida 01 : matériaux et produits organiques industeriels . P10.
- FEKIH.N ,2015. Propriétés chimiques et biologiques des huiles essentielles de trois especes du genre PINUS poussant en algerie. These : chimie organique appliquée, université Abou bekr belkaid – telemcen ,P5.

Références bibliographique

- Franchomme.P, Pénéol.D, 1990. L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Ed. Roger Jallois. Limoges.P 445 .
- Gilden.R.C , Huffling, K,Sattler. B,2010. Pesticides and health risks. Journal of Obstetric, Gynecologic, & Neonatal Nursing, 39, 103-110.
- Guignard.J.M,1979. Abrégé de biochimie végétale, 2eme édition Masson, Paris: 290.
- Guignard.JL, 1996 Biochimie végétale. Ed. Masson, Paris. France,P 274 .
- Harborne J.B, 1980. Plant Phenolics: Encyclopedia of Plant Physiology, New series ,8, 329-402.
- Hasani.P,Yasa.N,VosoughGhanbari.S, Mohammadirad.A, Dehghan.G, Adollahi.M, 2007. In vivo antioxidant potential of Teucrium polium, as compared to atocopherol. Acta Pharm, 57 : 123–129.
- Hellal.Z, 2011. Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites de Citrus. Application sur la sardine (Sardina pilchardus). Mém. Magisère, Spéc. Biol., Fac. Sci.Biol. et Sci. Agr., Univ. Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, P101.
- Holley.A, Eloge de l'odorat, Ed. Odile Jacob, 1999, P 276.
- Hopkins. W.G, 2003 . Physiologie végétale de bock université 2émé édition .
<http://www.secheresse.info/spip.php?article27023>
- Isman.M.B, 2000 - Plant essential oils for pest and disease management, Crop Protection 19: 603-608.
- Judd W.S.,Campbell C.S., Kellogg E.A. Et Stevens P.2002Botanique Systématique: une perspective phylogénétique; Ed 1: DEBOECK; P 84-336.
- Kemassi.A, Herouini.A,. Hadj.S.A,Cherif,R.Ould Elhadj,M.D,2019. Effet insecticide des extraits aqueux d'Euphorbia guyoniana (Euphorbiaceae) récoltée dans Oued Sebseb (Sahara Algérien) sur le Tribolium castaneum. Journal Scientifique Libanais. 20(1) : 55-70.
- Khater. H.F,2012. Prospects of botanical biopesticides in insect pest management. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 02 (05), 244.

Références bibliographique

- Krief. S,2003. Métabolites secondaires des plantes et comportement animal, thèse doctorat, muséum national d'histoire naturelle. 32P.
- Lucchesi.E.M, 2005. Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes: Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de doctorat, Université de la Réunion. P143 .
- Madjdoub.O,Souguir.S, BAOUAND. M, LAARIF.A, CHAIEB. I, 2013.étude de l'activité insecticide des huiles essentielles de ruta chalepensis (l.) sur les adultes de tribolium castaneum (herbst.) et sitophilus zeamais (motsch.) .4 ème journées scientifiques sur la valorisation des bioressources. Masson (Paris), P87.
- Madr ,2001. Recensement Général de l'Agriculture. Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'information. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.
- Malecky. M,2005. Métabolisme des terpenoïdes chez les caprins, thèse Pour obtenir le grade de docteur de l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Agro Paris Tech. P 9.
- Messaili.B,1995. Botanique, systématique des spermaphytes. OPU (Ed). Alger,P 91
- Meyer.S, Reeb,C,Bosdeveix. R,2004. Botanique, Biologie et Physiologie Végétales. Editions Maloine, Paris.
- Mkenda.P.Mwanauta. R, Stevenson. P.C, Ndakidemi. P, Mtei. K et Belmain.S.R,2015 . Extracts from field margin weeds provide economically viable and environmentally benign pest control compared to synthetic pesticides. PLoS ONE. 10(11): e0143530.
- Moro Buronzo.A, 2008. Le Grand Guide des Huiles Essentielles: Santé, Beauté, Bien être; Ed : Hachette Pratique, P 14- 43.
- Naghibi.F,Mosaddegh.M, Mohammadi,Motamed.S & Ghorbani.A,2005. Labiatae family in folk medicine in Iran : from ethnobotany to pharmacology, Iran, J. Pharm. Res. 2, 63-79.
- Nedjraoui.D. et Bédrani.S., 2008. La désertification dans les steppes algériennes : causes,impacts et actions de lutte . Le désert et la désertification : impacts, adaptation et politiques.P 8 .

Références bibliographique

Nekhili.EZ , 2009. Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant .thèse : Sciences des Aliments. Université Cadi ayyad – faculté des sciences semlalla – marrakech .université d'avignon et des pays de vaucluse.ecole doctorale 306 – SPSA, Montpellier , P07.

Outaleb , T,2009 . Huiles essentielles et extraits de romarin : composition chimique et activités antioxydante et antimicrobienne. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie - El Harrach-Alger : Département de Technologie Alimentaire et de Nutrition Humaine.P03-15.

Ozenda.P, 1983 . (La nouvelle édition) Flore de sahara.CNRS, éd, Paris,P 622.

Pattnaik,S et al, 1997. Antibacterial and antifungal activities of aromatic constituents of essential oils. Microbios.,89,P.39-46.

Quezel.P,Santa.S,1963. Nouvelle Flore d'Algérie et de régions Désertiques Méridionales. Tomes I et II. CNRS. Paris.P45.

Rahal.S ,2004.Chimie des produits naturels et des êtres vivants. O.P.U. Edition.P12.

Rahal.S ,2004 In Ounis.R , Boumaza. D,2018 . evaluation du contenu phénolique et des activités biologiques de TEUCRIUM POLIUM , mémoire master : biotechnologie végétale , université L'ARBI BEN MHIDI – OUM EL BOUAGHI .

Rasekh.H.R., Yazdanpanah.H , Hosseinzadeh.L, Bazmohammadi.N, Kamalinejad. M ,(2005). Acute and subchronic toxicity of Teucrium polium total extract in rats .Iranian Journal of Pharmaceutical Research. 4: 245-249.

Regnault-Roger.C, 2005. Molécules allélochimiques et extraits végétaux dans la protection des plantes : nature, rôle et bilan de leur utilisation au XXe siècle. In : Regnault-Roger C. (coord.). Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Ed. Lavoisier, Paris, P 625-650.

Regnault-Roger.C, 2008- Recherche de nouveaux biopesticides d'origine végétale à caractère insecticide : démarche méthodologique et application aux plantes aromatiques méditerranéennes. In :

Références bibliographique

- Regnault-Roger, C., Philogène, B.J.R., Vincent, C. (eds.), Biopesticides d'origine végétale. 2ème édition, Lavoisier, Tech & Doc, Paris, P 26-49.
- Regnault-Roger.C, Philogène, B.J.R., Vincent,C., 2002.Biopesticides d'origine végétale. 1re édition, Lavoisier, Tech & Doc, Paris, P337.
- Roux-Sitruk.D, Chaumont.J.P, Cieur.C, Millet.J, Morel.J.M, Tallec .D, 2008. Conseil en aromathérapie, ed Pro-Officina Wolters Kluwer France. P187.
- SAHEB.D,2018. Efficacité insecticide de quelques huiles essentielles sur *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera; Curculionidae), et contribution à la mise au point d'une formulation. These de doctorat : protection des végétaux .ENSA : département de zoologie Agricole et forestière . P13-14
- Scalbert.A, Manach. C, Morand. C, Rémésy. C, 2005. Dietary Polyphenols and the Prevention of Diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, P45, 287–306.
- Sell.C.S, 2006. The chemistry of fragrance. From perfumer to consumer. Ed. Royal society of chemistry. Cambridge. P329 .
- Simic.P , Vukovic-Gacic.B , Knezevic-Vukcevic.J , Trninic.S , Jankov.R.M, 1997.Antimutagenic effect of terpenoids from sage (*Salvia officinalis*.L). *Journal of environmental pathology, Toxicology and Oncology*.
- Soudani.N,Tibermaine.R,2006.etude ecologique et phytochimique de la plante medicinale « *Teucrium polium* » dans la region de djemourah wilaya de biskra ,Mémoire master : Production et Amélioration végétale . UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA,P10 .
- Southon. I.W.J,Bucking. E.D.S,1989.Dictionnaire of alkaloids London and hall.in Hopkins, W.G.
- Vanier.P, 1994. Les huiles essentielles et la thérapie par les huiles essentielles. Guide Ressources, Vol. 9, P 69 - 73.
- Walker.C.H, Sibly. R.M, Hopkin.S.P, Peakall. D.B,2005 . *Principles of Ecotoxicology*, Third Edition. CRC Press (Taylor and Francis Group), Boca Raton.

Références bibliographique

Walton. N.J, Brown. D.E,1999.Chemical from plants: perspectives on plant secondary products; Ed: world scientific.

Willem.J.P, 60 maux soignés par les huiles essentielles : l'aromathérapie au quotidien pour toute la famille, Les minipockets de santé, 2009, P7-17.

Résumé

Les cultures en générale sont exposées à des contraintes causées par les bio agresseurs les effets de ces derniers se résulte à des pertes et dégâts variés selon les espèces et la résistance des cultures.

L'objectif principal de ce travail consiste à évaluer dans des conditions de laboratoire, l'effet insecticide et fongicide de l'huile essentielle de la plante *Teucrium polium* vis-à-vis d'un insecte ravageur des denrées stockées alimentaires : *Tribolium castaneum* Et l'espèce fongique : *Fusarium oxysporum*. Le rendement obtenu à partir de l'extraction de l'HE par hydro distillation est de 0.12 % les résultats des traitements effectués après extraction varie entre l'utilisation de l'HE a différentes concentrations ou bien dilué. Les résultats de cette étude menée ont montré non seulement que la toxicité des différents traitements évolue avec l'augmentation de la concentration des doses mais également une efficacité relativement progressive par rapport au temps (duré après application des tests d'effet), qui se traduit par une meilleure efficacité.

Mots clés : *Teucrium polium*, Huile essentielle, bio pesticides, efficacité, *Tribolium castaneum* , *Fusarium oxysporum* .

Abstract

Crops in general are exposed to stresses caused by bio-aggressors. The effects of these bio-aggressors result in losses and damages that vary according to the species and the resistance of the crops.

The main objective of this work is to evaluate, under laboratory conditions, the insecticidal and fungicidal effect of the essential oil of the *Teucrium polium* plant against an insect pest of food stocks: *Tribolium castaneum* and the fungal species: *Fusarium oxysporum*. The yield obtained from the extraction of EO by hydro distillation is 0.12%. The results of the treatments carried out after extraction vary between the use of EO in different concentrations or diluted. The results of this study showed not only that the toxicity of the different treatments evolves with the increase in the concentration of the doses, but also a relatively progressive efficiency in terms of time (duration after application of the effect tests), which translates into a better efficiency.

Keywords: *Teucrium polium*, essential oil, bio pesticides, effectiveness, *Tribolium castaneum*, *Fusarium oxysporum*.

ملخص

المحاصيل بشكل عام تتعرض لضغوطات ناتجة عن المعادين البيولوجين و تتمثل اثارهم في خسارة المنتج الزراعي و تلف. و ذلك علي حسب انواع الكائنات المعتدية و مدى مقاومة المحاصيل لها.

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تقييم في ظل ظروف مخبرية تأثير الزيت الطيار للنبات *Teucrium polium* على الحشرة المضرة *Tribolium castaneum* المعتدية على الاغذية المخزنة و تأثيره علي النوع الفطري *Fusarium oxysporum*. العائد الذي تم الحصول عليه من استخراج الزيت الطيارة لنبات *Teucrium polium* هو 0.12 % عن طريق التقطير المائي، نتائج الاختبارات التي تم تطبيقها تختلف بين استخدام الزيت الخام و فق تراكيز مختلفة و تخفيفه. حيث اظهرت نتائج ان الاختبارات ليست ذات مفعول تأثير قوي فقط و انما مفعولها يختلف باختلاف التراكيز المستعملة و تزداد كفاءتها تدريجيا مع الزمن (بعد تطبيق اختبارات التأثير) مما يؤدي الي فعالية افضل.

الكلمات المفتاحية: *Teucrium polium*، الزيت الطيارة، المبيدات الطبيعية، تأثير، *Fusarium oxysporum*، *Tribolium castaneum*.