

N° d'ordre :

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

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU

Faculté des Sciences
Département de Chimie



Domaine : **Science de la matière**
Filière : **Chimie**
Spécialité : **Chimie Pharmaceutique**

Mémoire de Master

Thème

Extraction, caractérisation de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* et l'étude de sa toxicité a l'égard des Coléoptères de *Sitophylus granarius* et de *Tribolium confusum*

Présenté par :

BELKACEM Nadia

MELAL Malha

Évalué, le 11 / 10 / 2021, devant le Jury composé de :

M^{me} M.AIT MOULOUD

MCA

UMMTO

Présidente

M^{me} D.LOUNI

MCA

UMMTO

Examinatrice

M^{me} M.HEDJEL

Professeur

UMMTO

Promotrice

M^{me} F.AISSAOUI

Doctorante

UMMTO

Co-promotrice

Session 2020 / 2021

Remerciements

Nous remercions d'abord le bon Dieu de nous avoir éclairé le chemin, qui nous a aidés et qui nous a donné le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à remercier du fond de nos cœurs notre chère promotrice M^{me} HEDJAL, pour son honorable présence et d'avoir accepté de superviser ce mémoire ainsi pour avoir pris le temps de le lire et de le corriger. Nous remercions notamment notre Co-promotrice M^{me} AISSAOUI pour sa disponibilité, son aide et de nous avoir guidé au cours de la réalisation de ce projet.

Mes sincères remerciements aux membres de jury :

M^{me} AIT MOULOU

M^{me} LOUNI

Devant qui nous avons l'honneur d'exposer notre travail, et qui ont pris peine de lire avec soin ce mémoire pour juger son contenu.

Nous remercions aussi les responsables de laboratoire chimie pharmaceutique, d'entomologie de l'université Tizi-Ouzou pour leur collaboration et leur hospitalité.

Nos remerciements vont également aux enseignants qui nous ont transmis leurs connaissances avec passion et pédagogie. Avec eux les cours n'étaient pas une obligation mais un réel plaisir.

Nos sincères sentiments vont à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce modeste travail.

DEDICACE

Avec joie, fierté et respect, je dédie ce mémoire :

A ma très chère grand-mère, qui a toujours été là pour moi, ceci est ma profonde gratitude pour son éternel amour, que ce rapport soit le meilleur cadeau que je puisse t'offrir.

A mon très cher père, pour son soutien, son affection et la confiance qu'il m'a accordé.

A mes chères oncles : Rachid et Boussad, qui m'avez toujours soutenu et encourager durant ces années d'études.

A mes adorables tantes Chafia et Farida, qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur ainsi que pour leur époux.

A la mémoire de mon cher oncle Mohand, mon cher grand père, mon cher oncle Hamid, merci pour tous ce que vous avez fait pour moi, j'aurais souhaité votre présence en ce moment pour partager ma joie. Vous m'avez toujours fait preuve d'amour et d'affection, vous êtes toujours présents dans mon esprit et dans mon cœur. Aussi dans ce moment de joie, vous avez toutes mes pensées. Que vos âmes reposent en paix.

A mon petit cher frère Hamid et ma petite adorable sœur Lilia

A mes adorables cousins et cousines, Younes, Mariem, Khaled, Djafer, Youcef, le petit Younes et mes deux adorables petits poupons Ilias et Yahia.

A mes chères copines : Sabrina, Kenza, Nassima, Mellissa, Zohra, Hayet et Laeticia. En souvenir de nos éclats de rire et des bons moments, en souvenir de tout ce qu'on a vécu ensemble, j'espère de tout mon cœur que notre amitié durera éternellement.

A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment

NADIA

Je dédie ce travail

A la mémoire de mon père disparu trop tôt. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'une fille qui à toujours priée pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir eu sa sainte miséricorde !

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

A mes très chers frères : Tarik et Abdenour, en signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour le dévouement et les sacrifices dont vous avez fait toujours preuve à mon égard.

A mon petit neveu que j'aime énormément Mohammed Yani, que Dieu te garde pour nous

A toutes mes amies en particulier Assia et Dalila qui n'ont jamais cessées de me soutenir.

Et finalement à mon binôme Lynda avec qui j'ai partagé ce travail.

MALHA

Liste des abréviations et des symboles

ADN : Acide désoxyribonucléique.

AEECL : Association Européenne pour l'étude et la conservation des lémuriens.

AFNOR : Association française de normalisation.

APG: Angios permsphlogeny group.

cm: centimètre.

DPPH: 1,1-diphényl-2-picrylphdrazine.

E: Eucalyptus.

g : gramme

h: heure.

Ha : Hectare.

HE : Huile essentielle.

I : Pourcentage d'inhibition.

IA : Indice d'acide.

IC50 : Concentration nécessaire pour atteindre une disparition de 50% de DPPH.

IUPAC : l'union internationale de chimie pure et appliquée.

km : kilomètre.

m: masse.

m : mètre.

ml: millilitre.

mm: millimètre.

mn: minute.

M: Molarité.

µl : microlitre.

n_D^T : Indice de réfraction.

PTV : Poids des tubes vides.

R : Rendement.

SM : Métabolites secondaires.

UV : Ultra violet

UMMTO : Université mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

Liste des tableaux

Tableau 1: Classification du genre d' <i>Eucalyptus</i>	5
Tableau 2: Condition opératoire de l'hydro-distillation.	28
Tableau 3: Analyse organoleptique d'HE d' <i>E.camaldulensis</i>	37
Tableau 4: Caractéristiques physico-chimiques de l'HE.	38
Tableau 5: Les métabolites secondaires présents dans la plante d' <i>E.camaldulensis</i>	39
Tableau 6: : Résultats de l'analyse de la variance à deux facteurs temps d'exposition et dose de l'huile essentielle testés par contact sur les adultes de <i>S. granarius</i>	42
Tableau 7: Résultats de test de Newman et Keuls de l'effet facteur temps sur la mortalité des adultes de <i>S. granarius</i>	42
Tableau 8: Résultats de test de Newman et Keuls de l'effet dose sur le taux de mortalité des adultes de <i>S. granarius</i>	42
Tableau 9: Résultats de l'analyse de la variance à deux facteurs temps et dose de l'huile essentielle par inhalation sur la mortalité des adultes de <i>T. confusum</i>	44
Tableau 10: Résultats de test de Newman et Keuls sur l'effet temps d'exposition de l'huile essentielle sur la mortalité des adultes de <i>T. confusum</i>	45
Tableau 11: Résultats de test de Newman et Keuls sur l'effet dose de l'huile essentielle sur la mortalité des adultes de <i>T. confusum</i>	45
Tableau 12: valeurs d'ICE 50 d'HE d' <i>E. camaldulensis</i> et d'acide ascorbique. (D'où y c'est le pourcentage d'inhibition et x c'est concentration d'HE).	47

Listes des figures

Figure 1: Aire de répartition d' <i>E. camaldulensis</i> dans le monde	4
Figure 2: Arbre d' <i>E. camaldulensis</i> (Originale 2021)	7
Figure 3: Rameau d' <i>E. camaldulensis</i> (Originale 2021).....	7
Figure 4: Ecorce d' <i>E. camaldulensis</i> (Originale 2021).....	7
Figure 5: Feuilles d' <i>E. camaldulensis</i> (Originale 2021).	7
Figure 6: Fleurs d' <i>E. camaldulensis</i> (Originale 2021).....	7
Figure 7: Fruits d' <i>E. camaldulensis</i> (Originale 2021).	7
Figure 8: structure chimique de 1,8 cinéole	11
Figure 9: Structure générale des flavonoïdes	15
Figure 10: Schéma explicatif de la méthode d'obtention des huiles essentielles par hydrodistillation.	16
Figure 11: Adulte de <i>S. granarius</i> (Originale 2021)	24
Figure 12: Adulte de <i>T.confusum</i> (Originale 2021)	25
Figure 13: Diagramme général de la procédure expérimentale.	26
Figure 14: Montage d'extraction par hydro-distillation de type clevenger (Originale 2021) 27	
Figure 15: Indice d'acide (originale 2021)	29
Figure 16: Refractomètre d'abbe (originale 2021).....	30
Figure 17: Forme libre et réduite de DPPH.....	32
Figure 18: Elevage de masse de <i>S.granarius</i> (Originale 2021).....	33
Figure 19: Elevage de masse de <i>T.confusum</i> (originale 2021).....	33
Figure 20: Test par contacte sur les adultes de <i>S. granarius</i>	34
Figure 21: Test par inhalation sur les adultes de <i>T. confusum</i>	35
Figure 22: Evolution du rendement d'HE en fonction du temps	36
Figure 23: L'HE d' <i>E. camaldulensis</i> (Originale 2021).....	38
Figure 24: Le taux de mortalités des adultes de <i>S. granarius</i> sous l'effet d'HE d' <i>E. camaldulensis</i>	41
Figure 25: Le taux de mortalités des adultes de <i>T.confusum</i> sous l'effet d'HE.....	43
Figure 26: Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations d'HE d' <i>E.camaldulensis</i>	46
Figure 27: Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations d'acide ascorbique.....	46
Figure 28: Courbe d'étalonnage d'HE d' <i>E.camaldulensis</i>	46
Figure 29 : courbe d'étalonnage d'acide ascorbique.....	46
Figure 30: Comparaison entre l'extrait et le témoin par rapport à IC50.	47

SOMMAIRE

Introduction générale	1
Partie 1 : Etude bibliographique.	
1. <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3
1.1. Généralité sur l' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3
1.2. Aire de répartitions.....	3
1.3. Classification botanique.....	4
1.4. Caractéristique Morphologique de la plante.....	5
1.4.1. Port de l'arbre.....	5
1.4.2. Tronc et écorce.....	5
1.4.3. Rameaux.....	5
1.4.1. Feuilles.....	5
1.4.2. Fleurs	6
1.4.3. Fruits	6
1.4.4. Racines	6
1.5. Cycle de la plante	8
1.5.1. Croissance	8
1.5.2. Floraison	8
1.5.3. Maturation	8
1.6. Intérêt de la plante.....	8
1.6.1. Pharmaceutique.....	8
1.6.2. Médical	9
2. Huiles essentielles	9
2.1. Définition des huiles essentielles	9
2.2. Localisation des huiles essentielles	10
2.3. Caractérisations des huiles essentielles.....	10
2.3.1. Caractéristiques organoleptiques.....	10
2.3.1.1. L'odeur.....	10
2.3.1.2. La couleur.....	10
2.3.1.3. L'aspect.....	11

2.3.2. Propriétés physico-chimiques.....	11
2.4. Composition chimique de l'HE d' <i>Eucalyptus</i>	11
2.4.1. Composant majoritaire (1,8 cinéole).....	11
2.4.2. Métabolites secondaires.....	12
2.4.2.1. Alcaloïdes et composés azotés.....	13
2.4.2.2. Composés terpéniques.....	13
2.4.2.2.1. Stéroïdes, Stérols et Terpénoides.....	13
2.4.2.2.2. Saponosides.....	14
2.4.3. Composés phénoliques.....	14
2.4.3.1. Flavonoïdes.....	14
2.4.3.2. Tanins	15
2.5. Procédés d'obtentions des huiles essentielles	15
2.5.1. Entraînement à la vapeur d'eau	15
2.5.2. Hydrodistillation.....	16
2.5.3. La distillation sèche	16
2.5.4. Procédé mécanique (expression à froid)	17
2.6. Toxicité de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus</i>	17
2.7. Utilisations thérapeutiques d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	17
3. Activité biologique	18
3.1. Activité insecticide.....	18
3.1.1. Les coléoptères	18
3.1.2. Le charançon du blé <i>Sitophilus granarius</i>	18
3.1.2.1. Position systématique	18
3.1.2.2. Description des différents stades de <i>Sitophilus granarius</i>	19
3.1.2.2.1. L'œuf.....	19
3.1.2.2.2. Larve.....	19
3.1.2.2.3. Nymphe.....	19
3.1.2.2.4. Adulte.....	19
3.1.2.3. Les dégâts.....	19
3.1.3. Le <i>Tribolium confusum</i>	20
3.1.3.1. position systématique	20
3.1.3.2. Description des différents stades de <i>Tribolium confusum</i>	20
3.1.3.2.1. L'œuf.....	20

3.1.3.2.2.	Larve.....	20
3.1.3.1.3.	Nymphe.....	20
3.1.3.2.4.	adulte.....	20
3.1.3.2.	Les dégâts	21
3.1.4.	Les moyens de lutte contre les insectes ravageurs des denrées stockées	21
3.1.4.1.	Lutte préventive	21
3.1.4.2.	Lutte curative	21
3.1.4.2.1.	Lutte chimique	21
3.1.4.2.2.	Lutte physique.....	21
3.1.4.2.3.	Lutte biologique.....	22
3.2.	Activité anti-oxydante	22
3.2.1.	Antioxydants	22
3.2.2.	Radicaux libres	23
3.2.3.	Stress oxydatif	23

Partie 2 : Matériels et méthodes.

1. Matériels	24
1.1. Matériel végétal.....	24
1.2. Matériel biologique.....	24
1.2.1. <i>Charançon</i> du blé	24
1.2.2. <i>Tribolium</i> de la semoule	25
1.3. Matériel du laboratoire	25
1.3.1. Verrerie.....	25
1.3.2. Appareillage.....	25
2. Méthodes	26
2.1. Extraction de l'huile essentielle <i>E. camaldulensis</i> par hydrodistillation	27
2.1.2. Rendement en huile essentielle.....	28
2.1.3. Etude de la cinétique du rendement.....	28
2.2. Caractérisation des huiles essentielles d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	28
1.2.1. Caractérisation organoleptiques.....	28
2.2.2. Caractérisation chimique et physique.....	29
2.2.2.1. Indice d'acide.....	29
2.2.2.2. Indice de réfraction	30
2.3. Etudes des tests phytochimiques.....	30

2.3.1. Les flavonoïdes	31
2.3.2. Les alcaloïdes.....	31
2.3.3. Les tanins.....	31
2.3.4. Les saponines.....	31
2.3.5. Les stérols.....	31
2.3.6. Les terpénoïdes.....	32
2.4. Evaluation de l'activité anti-oxydante	32
2.4.1. Activité du radical de DPPH.....	32
2.4.2. Mode opératoire.....	32
2.5. Etude de l'activité bio insecticide.....	33
2.5.1. Elevage de masse	33
2.5.2. Test bio- insecticide.....	33
2.5.2.1. Traitement par contact sur les adultes de <i>S.granarius</i>	33
2.5.2.2. Traitement par inhalation sur les adultes de <i>T.confusum</i>	34
2.5.3. Analyse statistique	35

Partie 3 : Résultats et discussions.

1. Extraction et rendement en huile essentielle.....	36
1.1. Evaluation de la cinétique du rendement.....	36
2. Caractérisation de l'HE d' <i>E. camaldulensis</i>	37
2.1. Caractérisation organoleptique.....	37
2.2. Caractéristique physico-chimiques.....	38
3. Les tests phytochimiques	39
4. Activité biologique.....	40
4.1. Activité insecticide	40
4.1.1. Effet d'huile essentielle d' <i>E. camaldulensis</i> à l'égard des adultes de <i>S.granarius</i>	40
4.1.1.1. Résultats de l'analyse statistique de taux de mortalité des adultes <i>S.granarius</i>	41
4.1.2. Effet d'huile essentielle d' <i>E. camaldulensis</i> à l'égard des adultes de <i>T.confusum</i>	43
4.1.2.1. Résultats de l'analyse statistique de taux de mortalité des adultes <i>T.confusum</i>	44
4.2. Evaluation de l'activité anti-oxydante.....	45

4.2.1. Détermination de pourcentage d'inhibition.....	45
4.2.2. Détermination d'IC50.....	46
4.2.3. Comparaison de l'extrait HE avec l'acide ascorbique par rapport IC50	47
Conclusion générale	49

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction générale

Introduction générale

Les vertus thérapeutiques des essences aromatiques sont connues depuis l'antiquité ; cependant l'intérêt accordé à l'étude scientifique du pouvoir des plantes aromatiques et médicinales n'a augmenté que durant ces dernières années dans le but de rechercher des alternatives aux substances chimiques qui présentent des risques pour la santé humaine et pour l'environnement ^[1]. Plusieurs travaux ont mis en évidence les différentes activités biologiques des plantes aromatiques et médicinales, en particulier leurs pouvoirs antioxydant et insecticide ^[2]. Ainsi par ces propriétés, les huiles essentielles pourraient donc servir d'agent de conservation des denrées alimentaires.

Ce travail fait apparaître des molécules « aromatique bioactive » issues d'une plante à parfum, l'*E. camendulensis*. Cette plante est référencée par la médecine traditionnelle ^[3]. Ce dernier fait partie d'un long et important axe de recherche dont le but est de valoriser davantage nos ressources locales, notamment l'utilisation des plantes aromatiques et médicinales dans plusieurs domaines, parmi lesquels la technologie agro-alimentaire, l'amélioration des différentes qualités des aliments ainsi que leur conservation. Dans cet axe, nous continuons le travail sur l'une des plantes aromatiques utilisée, qui est l'*E. camendulensis* dont nous continuons toujours à mettre en évidence leurs valeurs ; mais dans notre étude, nous nous sommes intéressées à poursuivre le travail sur cette plante qui a révélé des atouts et des caractéristiques assez intéressantes.

Avec l'intérêt croissant du grand public du « retour à la nature », du bio « manger sain, vivre sain » ceci nous a amené à nous pencher de viser sur l'évaluation de l'activité antioxydante de quelques extraits d'une plante : *E. camaldulensis*.

Les denrées alimentaires stockées telles que les céréales sont souvent sujettes à des attaques d'insectes. Ces ravageurs peuvent occasionner des pertes quantitatives et qualitatives au niveau de ces denrées. La lutte contre ces insectes est principalement faite par des pesticides de synthèse qui sont nocifs pour la santé humaine d'où le recours à l'utilisation des substances naturelles telles que les huiles essentielles ^[4]. Ce travail consiste à tester l'huile essentielle d'*E. camaldulensis* contre le *Sitophilus granarius* et le *Tribolium confusum* par fumigation et par contacte.

Notre travail a été divisé en trois parties ; nous aborderons dans la première partie une étude bibliographique qui regroupe trois chapitres dont le premier concerne une généralité sur notre plante *E. camaldulensis*, le deuxième chapitre est consacré aux huiles essentielles, leurs

compositions chimiques, leurs procédés d'obtention ainsi que leurs toxicités. Nous donnerons dans le troisième chapitre une généralité sur les deux insectes testés dans ce travail.

La deuxième partie décrit le matériel et les méthodes utilisés dans ce travail qui porte sur :

- Extraction de l'huile essentielle d'*E. camaldulensis*.
- Le calcul de rendement, l'étude de la cinétique du rendement.
- Caractérisation de l'huile essentielle d'*E. camaldulensis*.
- Les tests phytochimiques de la partie aérienne de la plante.
- L'évaluation de l'activité anti-oxydante par la méthode de piégeage du radical libre DPPH.
- Evaluation de l'activité bio-insecticide sur les deux ravageurs des denrées stockées.

Enfin, la troisième partie nous présenterons les résultats obtenus, et interprétation de ceux-ci en se basant sur des références bien définies. Une conclusion résumera l'ensemble du travail réalisé.

Partie 1 :
Synthèse bibliographique

1. *Eucalyptus camaldulensis*

1.1. Généralités sur l'*Eucalyptus camaldulensis*

Le Gommier rouge (*E.camaldulensis*) appelé aussi le Gommier des rivières ou Gommier de Camaldoli est une espèce d'arbre du genre *Eucalyptus* que l'on trouve dans de nombreuses parties du monde mais qui est originaire d'Australie où il est largement répandu au bord des rivières de l'intérieur du pays. Il tire son nom latin du hameau de Camaldoli près de Naples, lieu où il a été décrit pour la première fois ^[5].

Planté en Afrique 1900, il est désormais très largement cultivé en Afrique tropicale, où il est vraisemblablement l'arbre le plus commun que l'on puisse trouver dans les petits peuplements. L'arbre fournit une ombre bienvenue lors des fortes chaleurs rencontrées dans le centre de l'Australie et joue un rôle important dans la stabilisation des rives en fixant le sol et limitant l'érosion ^[5].

Son introduction en Algérie fut par Flouréen prosper Ramel en 1860, venu en Australie en qualité de négociant en 1854, il se passionne pour un arbre *L'Eucalyptus* ! Et il décide d'y consacrer sa vie ainsi que sa fortune. Les premières plantations eurent lieu dans la plaine a Mitidja et Ramel en planta même a Hussein-Dey, ce qui donnera plus tard le nom d'eucalyptus a un quartier d'Hussein-Dey ^[6]. Mais d'autres espèces furent introduites dans des placettes d'essais notamment à Reghaia, Bouchaoui et El-Alia dans la région d'Alger. Cette zone d'introduction a été tellement favorable qu'on a assisté à des croisements naturels qui ont donnés des hybrides dont l'Eucalyptus Algériensis ^[7].

Dans ce cadre pas moins de 130 espèces ont été plantés sur le territoire national. Pendant les années 60 à 70, les reboisements à base d'*Eucalyptus* ont concernés notamment l'Est (ElKala. Annaba. Skikda). Le centre (Tizi-Ouzou. Bâinem) et l'Ouest (Mostaganem) et ceci afin de répondre aux besoins nationaux en produits ligneux et papetiers ^[7].

1.2. Aire de répartitions

L'Eucalyptus constitue un modèle intéressant pour l'étude de la tolérance au froid, car il ne perd pas ses feuilles en hiver, et présente une croissance opportuniste. Il convient à tous les sols profonds de plaine, les lits d'oueds les terres non salées et sans calcaire. Il craint les argiles compactes, les grands froids (moins de 9°) ; autrement il est très plastique, résistant à l'inondation et à la dessiccation du sol, au vent, à la chaleur. Il donne un bois rouge : perches, poteaux de mine, chauffage ^[8]. Par ailleurs, la qualité de son bois font de *l'Eucalyptus* le feuillu le plus planté au monde pour des usages industriels, principalement pour la pâte à

papier. En 2000, la superficie totale des plantations d'*Eucalyptus* atteignait 18 millions d'hectares principalement en Inde, au Brésil, en Afrique et en Europe (FAO, 2000) ^[9].

La figure 1 ci-dessous montre que l'*E. camaldulensis* est l'une des espèces les plus cultivées dans le monde et dans le bassin méditerranéen. Il a été planté sur 100000 ha au Maroc, 70000 ha au sud de l'Espagne, 70000 ha en Italie, 40000 ha en Tunisie, 30000 ha en Algérie, 30000 ha en Libye, 3200 ha au Portugal ^[10].



Figure 1: Aire de répartition d'*E. camaldulensis* dans le monde ^[10].

1.3. Classification botanique

Le nom *Eucalyptus* se compose d'« Eu » qui signifie « vrai » et « calyptus » (kalypto) qui signifie « couvrir » car les pétales et sépales sont soudés. L'autre nom est « gommier » qui fait allusion à la gomme résineuse rouge que les arbres exsudent quand ils sont blessés. Son habitat consiste en général en des sols acides et humides ^[10].

D'après la classification scientifique APG AngiospermsPhlogeny Group ^[11], le genre *Eucalyptus* se classe comme il est mentionné dans le tableau 1.

Tableau 1 : Classification du genre *Eucalyptus* ^[11].

Embranchement	Phanerogames
Sous-embranchement	Angiospermes
Ordre	Mytales
Famille	Myrtacée
Genre	<i>Eucalyptus</i>
Espèce	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>

1.4. Caractéristique Morphologique de la plante

1.4.1. Port de l'arbre

L'*E. camaldulensis* est un arbre forestier à houppier très développé de forme conique jusqu'à 15 à 20 ans, elle est érigée et évasée plus tard. C'est un macrophanerophyte sempervirent, 1 avec une hauteur totale qui varie de 25 à 35 m (maximum de 45 m en méditerranée) et un diamètre qui varie de 0,90 à 2,50 m ^[12].

1.4.2. Tronc et écorce

Le tronc de l'*E. camaldulensis* est le plus souvent droit et élancé, parfois tortueux, exsudant fréquemment une gomme résineuse rouge. Son écorce est fraîche, caduque se détachant chaque année en plaques arrondies plus ou moins allongées. Dans sa jeunesse, l'écorce est épaisse, noirâtre à la base et lisse en haut de couleur blanche grisâtre à reflet argenté. Elle devienne châtain vieillissant clair envieillissant ^[13].

1.4.3. Rameaux

Les rameaux sont pendants ; leur section est carrée à leur extrémité. Les jeunes rameaux sont minces et anguleux, ils restent souples et pendants en vieillissant ^[13].

1.4.4. Les feuilles

Feuilles toutes alternes, pétiolées, falciformes, gris-vert pâle, parfumées, pendantes, coriaces, à marges et nervures inférieures teintées de rouge. Les feuilles de jeunesse sont opposées sur trois ou quatre paires, les autres étant alternées. Elles ont un pétiole, sont

lancéolées et mesurent de 2 à 4 cm sur 6 à 12 cm. Leur couleur est verte, légèrement glauque. Selon les mêmes auteurs, les feuilles adultes, pétiolées, sont alternées. La couleur verte est identique pour les deux faces. Elles sont lancéolées, étroites, en forme de faux (falciforme), de 7 à 22 cm sur 0.4 à 4 cm ^[14].

1.4.5. Fleurs

Les fleurs ont l'allure de petites boules, qui ont de très nombreuses étamines blanchâtres et donnent naissance à des capsules hémisphériques. Inflorescence en ombelle simple, avec des fleurs régulières par 4 à 7, en ombelles axillaires.

L'*E. camaldulensis* est une espèce ayant une sexualité hermaphrodite (monoïque) avec une pollinisation anémogame. La dissémination est barochore dont les graines se dispersent par gravité (chute depuis la plante), mais aussi assurée par le vent. La floraison a lieu au mois d'Avril-Décembre ^[13].

1.4.6. Fruits

Les fruits sont des capsules ligneuses hémisphériques ou ovoïdes de 5 à 7 mm, s'ouvrant par 3 à 5 valves à dents fortes de couleur brun rougeâtre à brune, généralement recourbées vers l'intérieur et contenant de nombreuses graines anguleuses ^[15].

Les jeunes fruits sont des boutons ou capsules à opercule conique plus ou moins rostre, parfois même hémisphérique, une ou trois fois plus long que le tube-calice et qui se termine par un bec aigu ou pointu de 7 à 8 mm sur 5 à 6 mm. La semence est polyédrique de moins de 1 mm de largeur de couleur beige ^[14].

1.4.7. Racines

Les racines se composent d'un long pivot et de racines superficielles latérales. Il a des racines secondaires superficielles, étendues, finement ramifiées, qui peuvent s'étendre dans un rayon égal à deux fois et même deux fois et demie la hauteur de l'arbre, en terrain libre, ce qui empêche alors toute levée de semis ^[12].



Figure 2: Arbre d'*E. camaldulensis*
(Originale 2021).



Figure3: Rameau d'*E. camaldulensis*
(Originale 2021).



Figure 4: Ecorce d'*E. camaldulensis*
(Originale 2021).

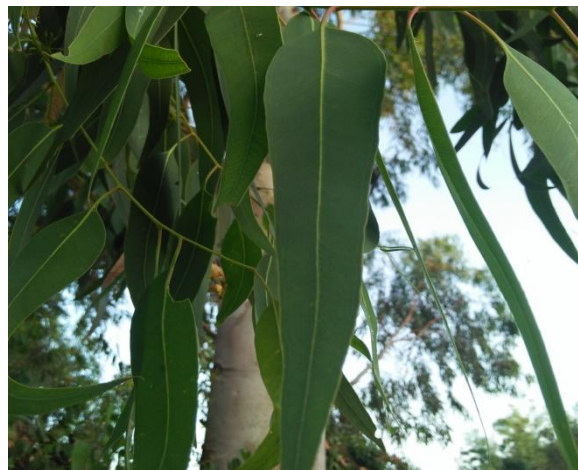


Figure 5: Feuilles d'*E. camaldulensis*
(Originale 2021).



Figure 6: Fruits d'*E. camaldulensis*
(Originale 2021).



Figure 7: Fleurs d'*E. camaldulensis*
(Originale 2021).

1.5. Cycle de la plante

1.5.1. Croissance

La croissance dépend du climat et du sol, sur les meilleures stations elle peut être de 02 m en hauteur et de 02 cm de diamètre par an, pendant les dix premières années.

Sur les sols les plus pauvres et les plus secs elle est réduite de 1 à 1.5 m en hauteur et de 1 à 1.5 cm par an en diamètre ^{[15] [16] [14]}.

E. camaldulensis présente une élongation annuelle atteignant en moyenne 95 cm.

La croissance en diamètre s'étend sur une très longue période : elle est continue d'octobre à mai soit huit mois environ.

Sa culture est très répandue en raison de sa croissance rapide et sa tolérance pour les milieux salés ^[17].

1.5.2. Floraison

La floraison a lieu plutôt au début de la saison sèche, mais peu fleurir durant une grande partie de l'année en fonction de l'âge du sujet et de l'humidité de l'air.

1.5.3. Maturation

Les fruits d'*Eucalyptus* arrivent à maturité au bout d'un an environ, le plus souvent en automne et parfois au printemps pour quelques variétés à floraison hivernale.

En forme de cône, ils prennent une couleur brune en séchant.

A maturité, ils tombent au sol ou ils laissent échapper un nombre important de graines par le soulèvement de valves ^[18].

1.6. Intérêt de la plante

On peut utiliser les feuilles d'*E. camaldulensis* dans divers domaines tel que pharmaceutique, médical...ext

1.6.1. Pharmaceutique

Une étude récente a démontré que l'extrait aqueux de feuilles d'*E. camaldulensis* (AEECL) est utilisée dans la synthèse des nanoparticules métalliques qui sont largement utilisées dans de nombreux domaines en particulier dans les domaines médicaux et de la santé en raison de leurs propriétés thérapeutique physico-chimique et biologique uniques en tant qu'antibactérien, antiviral, antifongique et anticancéreux. Il s'agit du premier rapport. Montrant le puissant anticancéreux de nanoparticules d'argent bio synthétisées à l'acide d'AEECL. ^[19]

1.6.2. Médical

L'E. camaldulensis est utilisé en médecine traditionnelle grâce à ses propriétés pharmacologiques. Au Maroc, la fumée des feuilles brûlées *d'Eucalyptus* sont appliquées pour soigner les problèmes respiratoire et de l'asthme ^[20].

La décoction de feuilles sert à traiter les maux d'estomac, la toux, des bronchites et de la grippe mais aussi pour soulager la fièvre ^{[20] [21]}.

Il peut être utilisé pour hygiène buccale à fin de combattre la plaque dentaire.

Elle est très recherchée pour son action analgésique, inflammatoire, antidouleurs et antioxydant ^[22].

La gomme *d'Eucalyptus* rouge est employée en médecine pour soigner la diarrhée et les inflammations du pharynx et comme astringent ainsi que pour traiter les infections cutanée et les infections des voies urinaires ^[21].

Parmi les autres usages *d'Eucalyptus*, on l'utilise pour la production du bois de feu, de charbon de bois, de piquets de poteaux et de pâte de papier ^[23].

Le bois *d'Eucalyptus* sert de matière première à l'industrie marocaine de la cellulose ^[20].

On l'utilise aussi pour la construction (en particulier de ponts et de quais), les revêtements de sol, la construction navale, les traverses de chemin de fer, le bois de mine, le mobilier et les caisses d'emballage. On l'emploi également pour les placages, le contre-plaqué, le tournage, les panneaux durs, les panneaux de fibres et les panneaux de particules.

L'Eucalyptus rouge est souvent planté comme arbre d'ombrage, comme brise de vents, comme arbre d'ornement, d'agrément et comme source de nectar pour produire de miel de premier choix. On le plante pour réhabiliter des terrains salins, car il est capable d'utiliser les nappes phréatiques salines.

Les feuilles peuvent être broutées par le bétail. Alors que La fumée de feuilles brûlées sert à éloigner les insectes.

Le fût *d'Eucalyptus* rouge produit une gomme le (kino rouge) qui peut être utilisée comme colorant ^[21].

2. Huiles essentielles

2.1. Définition des huiles essentielles

Selon la commission de la pharmacopée européenne 6^{ème} édition l'huile essentielle est : « Produit odorant, généralement de la composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par procédé mécanique approprié sans chauffage. Une huile essentielle

est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition »^[24].

2.2. Localisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont produites par des cellules végétales spécialisées et peuvent être stockées dans tous les organes végétaux tel que : les feuilles, les fleurs, les zestes, le bois, l'écorces, la racine, les fruites, les rhizomes, les graines.

La synthèse et l'accumulation des HE sont généralement associées à la présence de structures histologiquement spécialisées, souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante. Comme par exemple :

- Les cellules à huiles essentielles : chez les Lauracées et les Zingibéracées.
- Les poils sécréteurs : chez les Lamiacées.
- Les poches sécrétrices : chez les Myrtacées et les Rutacées.
- Les canaux sécréteurs : chez les Apiacées et les Astéracées^[25].

2.3. Caractérisations des huiles essentielles

L'importance des huiles essentielles dans divers domaines (pharmacie, cosmétique, parfumerie...) nous amène à vérifier leur qualité. La caractérisation d'une huile consiste à :

- Vérifier ses caractéristiques organoleptiques (Aspect, couleur, odeur).
- Déterminer ses indices physico-chimiques (densité, indice de réfraction, et indice d'acide).
- Obtenir son profil chromatographique et une quantification relative des différents constituants^[26].

2.3.1. Caractéristiques organoleptiques

Chaque extrait est caractérisé par ces propriétés organoleptiques telles que l'odeur, l'aspect et la couleur.

2.3.1.1. L'odeur

L'odorat est un sens chimique très sensible et l'habileté des parfumeurs à classer et caractériser des substances chimiques parviennent à doser les produits naturels et leur perception peut aller jusqu'au dix millièmes de grammes par litre d'air.

2.3.1.2. La couleur

La coloration d'une huile essentielle dépend des produits qui la constituent. Certains solvants ont le pouvoir d'extraire beaucoup de pigments, ce qui intensifie la couleur d'une huile donnée.

2.3.1.3. L'aspect

L'aspect d'un extrait dépend des produits qui la constituent, qui peuvent nous apparaître sous forme solide, liquide ou bien solide- liquide ^[27].

2.3.2. Propriétés physico-chimiques

Les caractéristiques organoleptiques (aspect, couleur, odeur) étaient autre fois les seules indications permettant d'évaluer la qualité d'une huile essentielle, mais comme ces propriétés ne donnent que des informations très limitées sur ces essences, il est nécessaire de faire appel à d'autres techniques de caractérisation plus précises. La qualité d'une huile essentielle et sa valeur sont définies par des normes admises et portant sur les indices physicochimiques (indice d'acide, la densité, indice de réfraction, pouvoir rotatoire ...) ^[27].

2.4. Composition chimique d'huile essentielle d'*Eucalyptus*

La composition chimique de l'HE d'*Eucalyptus* rouge est très variable, elle est déterminée principalement par la provenance et dans une moindre mesure par l'environnement ou par la saison de récolte ^[28].

Les huiles essentielles de l'espèce *E. camaldulensis* sont caractérisées par la présence d'une trentaine de produit avec, comme constituant majoritaire, le 1,8 cinéole (environ 43%). Les autres constituants représentent environ 57% de la totalité d'HE. Ces composés regroupent les mono terpènes non oxygénés, les mono terpènes oxygénés et les sesquiterpènes ^[29].

2.4.1. Composant majoritaire (1,8 cinéole)

Le 1,8-cinéole, appelé anciennement « eucalyptol », est un composé naturel organique et incolore. Chimiquement, il fait partie de la famille des oxydes terpéniques, dont il est le principal représentant. C'est un monoterpène auquel s'est ajouté un atome d'oxygène. Son nom IUPAC est le suivant : 1,3,3-triméthyl-2-oxa-bicyclo [2,2,2] octane. Mais il porte également toute une série d'autres noms équivalents : Eucalyptol, Limonène-1,8-oxyde, 1,8-époxy-p-menthane, Cinéol ^[30].



Figure 8: structure chimique de 1,8 cinéole ^[30].

- **Propriétés chimiques :**
 - ✓ Formule brute : C₁₀H₁₈O.
 - ✓ Masse molaire : 154,2493±0,0096g/mol (C77,87% H11,76% O10,37%).
 - ✓ Moment dipolaire : 1,58D
 - ✓ Diamètre moléculaire: 0,6600nm.
- **propriétés physiques :**
 - ✓ Température de fusion : 1,5°C.
 - ✓ Température d'ébullition : 176°C à 177°C.
 - ✓ paramètre de solubilité δ : 14,6J^{1/2}.cm^{-3/2} (25°C).
 - ✓ Masse volumique : 0,9225g.cm⁻³.
- **Propriétés optiques :**
 - ✓ Indice de réfraction : n_D^{25} 1,4555.
- **Précautions :**
 - ✓ Système générale harmonisé.



- ✓ Mention(s) de danger H226 : liquide et vapeurs inflammables.
- ✓ Conseils de prudence : P10 : Tenir à l'écart de la chaleur ^[8].

2.4.2. Métabolites secondaires

Le terme «métabolite secondaire», qui a probablement été introduit par Albrecht Kossel en 1891, est utilisé pour décrire une vaste gamme de composés chimiques dans les plantes, qui sont responsables des fonctions périphérique indirectement essentielles à la vie des plantes, telles que la communication intercellulaire, la défense et la régulation des cycles catalytiques ^[32].

Les métabolites secondaires (SM) sont présents dans toutes les plantes supérieures, et ayant une répartition limitée dans l'organisme de la plante, dont plus de 200.000 structures ont été définies et sont d'une variété structurale extraordinaire mais sont produits en faible quantité. Ces molécules marquent de manière originale, une espèce, une famille ou un genre de plante et permettent parfois d'établir une taxonomie chimique ^[32].

Les différents types de métabolites secondaires se résument comme suit :

- Les alcaloïdes et composés azotés.

- Les composés terpéniques.
- Les composés phénoliques.

2.4.2.1. Alcaloïdes et composés azotés

Les alcaloïdes sont des composés azotés, d'origine naturelle dont l'atome d'azote est inclus dans un système hétérocyclique et dont l'activité pharmacologique est significative. Les pseudo-alcaloïdes ne sont pas des dérivés des acides aminés. On les nomme alors alcaloïdes terpéniques et les proto-alcaloïdes sont des amines simples dont l'azote n'est pas inclus dans un système hétérocyclique. Les alcaloïdes ont, de plus, la propriété de réagir avec des sels de métaux lourds, ce qui permet leur caractérisation aisée (réactifs de Mayer, de Dragendorff, de Wasicky, de Bouchardat) ^[33].

2.4.2.2. Composés terpéniques

2.4.2.2.1. Stéroïdes, Stérols et Terpénoïdes

Les stéroïdes, les stérols et les terpénoïdes constituent, sans doute, le plus vaste ensemble connu de métabolites secondaires des végétaux, ils regroupent plusieurs sous familles.

➤ Triterpènes et stéroïdes

Les triterpènes sont des composés en C₃₀ issus de la cyclisation de l'époxysqualène ou du squalène. Les stéroïdes peuvent être considérés comme des triterpènes tétracycliques ayant perdu au moins trois méthyles. Ce sont des métabolites secondaires dont l'intérêt thérapeutique et l'emploi industriel est majeur. On peut en particulier noter l'intérêt des hétérosides cardiotoniques ou des sapogénines spirostaniques qui constituent les squelettes de base des contraceptifs, des anabolisants et des anti-inflammatoires. Mais il faut aussi souligner les problèmes liés aux saponosides, autres triterpènes, qui peuvent diminuer la valeur nutritive des fourrages ou expliquer la toxicité de certaines plantes ^[33].

➤ Stérols

Les stérols jouent un rôle important dans la qualité des graisses et des huiles. Ils se présentent sous forme d'alcool libre (Sitostérol), ou sous forme des esters associés par le glucose (Glucoside stérols) ^[34].

➤ Les Terpénoïdes (monoterpènes et les sesquiterpènes)

Issus du couplage de 2 unités isopréniques, les monoterpènes existent dans les huiles essentielles. Cyclisés en méthylcyclopentanes et glycosylés, ils constituent les iridoïdes. La glycosylation les rendant solubles, on les trouve non pas dans des appareils sécréteurs mais dans toutes les parties de la plante. Les sesquiterpènes, molécules en C₁₅ se rencontrent aussi dans les huiles essentielles ^[33].

2.4.2.2.2. Saponosides

Les saponosides constituent un vaste groupe d'hétérosides très fréquents chez les végétaux. Ils se caractérisent par des effets tensio-actifs leur conférant la propriété de former des solutions moussantes lorsqu'ils sont dissous dans l'eau. Ils peuvent être classés en deux groupes selon la nature de leur génine qui peut être stéroïdique ou triterpénique. Les génines stéroïdiques possèdent un squelette en C₂₇ et six cycles. Les saponosides stéroïdiques sont rencontrés dans de nombreuses plantes, mais ils sont aussi caractéristiques des étoiles de mer, l'hydrolyse du sarsaparilloside 35, a été utilisée comme matière première de synthèse des stéroïdes.

Les saponosides triterpéniques ont souvent un squelette pentacyclique, oléananes ou ursanes. Les chaînes osidiques des saponosides sont le plus souvent formées de 2 à 10 oses banals, liés à la génine par une liaison de type ester ou éther ^[33].

2.4.3. Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires, d'un poids moléculaire élevé. Ils sont largement distribués dans le règne végétal. La structure de base qui les caractérise est la présence d'un ou plusieurs noyaux aromatiques auxquels sont directement liés un ou plusieurs groupements hydroxyles libres ou engagés dans une autre fonction (éther, ester) ^[35].

2.4.3.1. Flavonoïdes

C'est le groupe le plus représentatif des composés phénoliques. Responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. Les flavonoïdes sont des dérivés phénylpropanoïdes solubles dans l'eau, souvent incolores ou jaunes (sauf exceptions dont les anthocyanes). Ces composés sont des dérivés de la naringénine-chalcone, elle-même issue de la condensation de trois résidus malonyl-CoA avec une molécule d'acide cinnamique. La structure de base comporte deux cycles aromatiques à 6 carbones joints par un hétérocycle à oxygène (Figure 1). Les flavonoïdes constituent en eux même une famille de composés

extrêmement vaste, jouant des rôles physiologiques importants (interactions Légumineuses/Rhizobium, filtres UV...) [36].

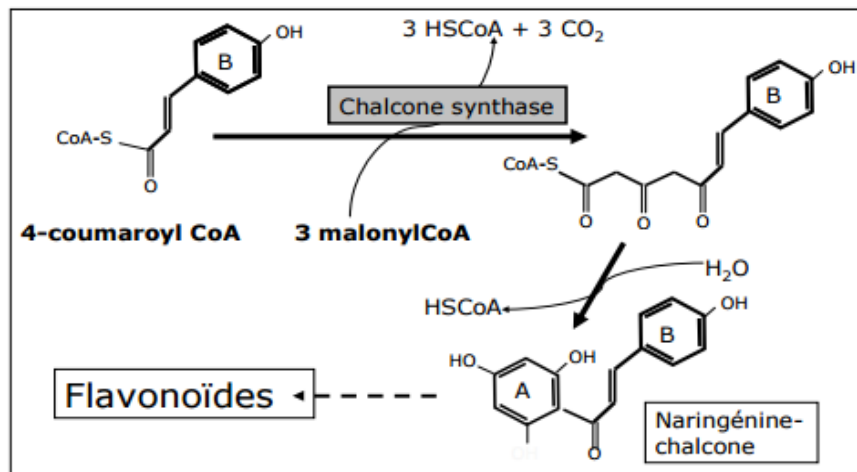


Figure 9: Structure générale des flavonoïdes [36].

2.4.3.2. Tanins

C'est une substance phénolique polymériques, ayant une masse moléculaire comprise entre 500 et 3000 daltons. Ils présentent, à côté des réactions classiques des phénols, la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et les protéines. Les tanins sont caractérisés par une saveur astringente et sont trouvés dans toutes les parties de la plante : l'écorce, le bois, les feuilles, les fruits et les racines [37].

2.5. Procédés d'obtentions des huiles essentielles

Les HE sont des produits obtenus à partir de matières premières naturelles principalement d'origine végétale. Selon la méthode utilisée pour leur extraction, les HE seront destinées à différentes utilisations [38].

Méthodes utilisées pour les HE pharmaceutiques :

- Entraînement à la vapeur d'eau.
- Hydrodistillation.
- Distillation sèche.
- Procédé mécanique.

2.5.1. Entraînement à la vapeur d'eau

Ce procédé consiste à soumettre le matériel végétal à l'action d'un courant de vapeur. Les vapeurs saturées en composés organiques volatiles sont condensées, ceux-ci sont ensuite récupérés par décantation [38].

La distillation par entraînement à la vapeur d'eau apporte une amélioration certaine de la qualité des produits obtenus en minimisant les altérations hydrolytiques ^[39].

2.5.2. Hydrodistillation

Il s'agit de la méthode la plus simple et de ce fait la plus anciennement utilisée. L'hydrodistillation consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter dans l'eau qui est ensuite portée à ébullition. Le chauffage permet de former de la vapeur d'eau qui détruit la structure des cellules végétales, libère les molécules contenues et entraîne les plus volatiles en les séparant du substrat cellulosique. Ces vapeurs sont condensées dans un réfrigérant, le condensât (eau + huile essentielle) est récupérée dans une ampoule à décanter (Figure 10). L'huile essentielle obtenue est séparée de la phase aqueuse par décantation après refroidissement ^[38].

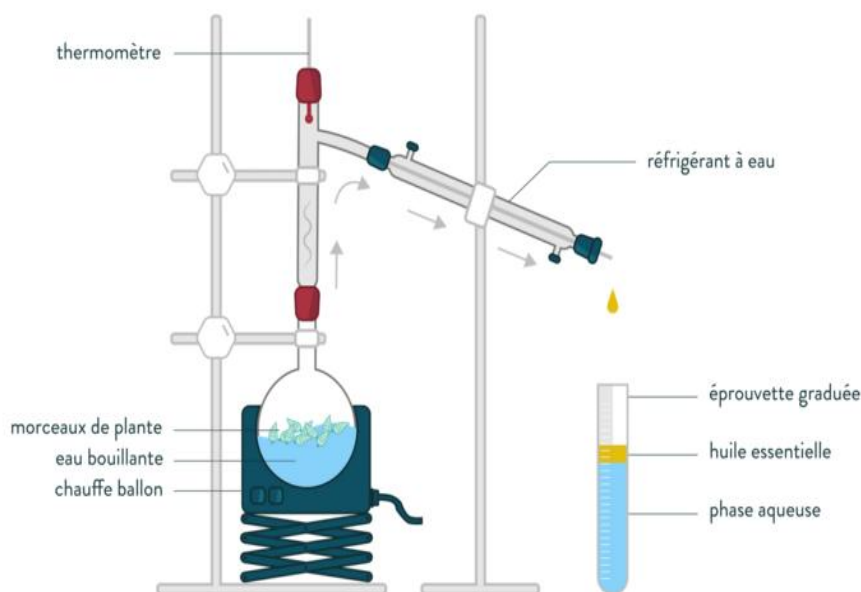


Figure 10: schéma explicatif de la méthode d'obtention des huiles essentielles par Hydrodistillation ^[38].

2.5.3. La distillation sèche

Cette technique est très peu utilisée, elle consiste à chauffer de façon très modérée les plantes ou parties de plantes sans ajout d'eau ni de solvant organique, puis à condenser les substances volatiles. L'avantage de cette méthode est la température à laquelle se déroule l'extraction : inférieure à 100 °C, ce qui évite la dénaturation de certaines molécules thermosensibles ^[40].

2.5.4. Procédé mécanique (expression à froid)

L'expression à froid est le moyen le plus simple mais aussi le plus limité puisqu'il n'est valable que pour extraire l'essence contenue dans les zestes frais d'agrumes (Rutacées) : citron, mandarine, pamplemousse, orange douce, bigaradier, bergamote etc. Le produit obtenu se nomme « essence » (uniquement dans ce cas) et non « huile essentielle » car il n'y a pas eu de distillation à la vapeur d'eau et donc aucune modification biochimique possible lorsque les poches à essence furent mécaniquement brisées pour recueillir l'essence. Cette technique peut se faire à la main ou après scarification mécaniques ^[40].

2.6. Toxicité de l'huile essentielle d'*Eucalyptus*

Les huiles essentielles sont utilisées depuis la nuit des temps dans des applications aussi multiples que variées. Cela ne signifie pas pour autant qu'elles sont inoffensives ou qu'une automédication sans mesure ne présente aucun risque. Il est donc capital de connaître la toxicité de ces substances très actives pour bénéficier pleinement de leurs superbes propriétés et non pour subir les effets secondaires ou toxiques liés à un mauvais usage. En effet, toute substance thérapeutiquement active est potentiellement toxique. Tout dépendra de la dose unitaire, journalière, de la voie d'administration, de l'état du patient ^[41].

La toxicité des huiles essentielles peut être par contact, inhalation (fumigation), ingestion, et leur action peut se manifester de différentes manières. Ces différentes propriétés sont liées à la composition chimique des huiles essentielles qui reste assez complexe, aux groupes fonctionnels des composés majoritaires et à leurs effets synergiques ^[42].

L'huile essentielle d'*Eucalyptus* peut provoquer des brûlures gastriques, des nausées et vomissements, de la tachycardie ainsi qu'une hypertension, des suffocations et une paralysie cérébrale. À fortes doses, des cas de décès ont été observés notamment deux cas en Australie à la suite d'une ingestion de 3,5 ml d'huile essentielle d'*Eucalyptus* pour l'un et 4 à 5 ml pour l'autre ^[43].

2.7. Utilisations thérapeutiques d'*Eucalyptus camaldulensis*

L'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* est utilisée à des fins médicinales grâce à ses propriétés thérapeutiques, utilisée comme anti bactérienne, anti microbienne, antifongique, antiviral, mucolytique expectorante, anticatarrhale (agit contre les inflammations des muqueuses avec des sécrétions importantes), décongestionnante respiratoire, stimulante immunitaire anti-infectieuse, antiseptique aérienne, antitussif est expectorant, mais elle a également des propriétés fébrifuges, tonique astringentes, hémostatique et vermifuges ^[44].

Les propriétés médicinales de *Eucalyptus* sont surtout attribuables à l'eucalyptol (aussi appelé 1,8-cinéole) que renferment ses feuilles. Le 1,8 cinéole que contient *Eucalyptus* s'est révélé être efficace pour réduire la dose de corticostéroïdes utilisée par des sujets souffrant d'asthme ^[45] et pour combattre le rhume ^[46] ^[47] ainsi pour diminuer les douleurs, les inflammations et pour détruire les cellules cancéreuses ^[48].

L'HE d'*Eucalyptus camaldelensis* est utilisée contre : Bronchite, otite et sinusite, dermite bactérienne et candidosique, laryngite, grippe. Synergies possible : pour une rhinopharyngite, une bronchite ^[44].

3. Activité biologique

3.1. Activité insecticide

3.1.1. Les Coléoptères

Les Coléoptères constituent l'ordre d'insectes le plus riche en espèces. Actuellement leur nombre est de l'ordre 350 000, c'est parmi les Coléoptères que l'on rencontre la plus grande variété d'insectes des produits emmagasinés. Les coléoptères ravageurs des denrées stockées ont une importance économique mondiale sont peu nombreux. Ces quelques espèces sont portant responsables de l'essentiel des pertes dans les silos ^[49].

Ces coléoptères peuvent être répartis en deux groupes :

Les ravageurs primaires s'attaquent à des grains intacts dont *Sitophilus granarius*.

Les ravageurs secondaires capables de s'attaquer aux grains qu'à partir des œuvres causés par les ravageurs primaires servant de voies d'accès, dans ce cas de ravageurs secondaires on trouve le *Tribolium confusum* ^[50].

3.1.2. Le charançon du blé *Sitophilus granarius*

3.1.2.1. Position systématique

Le *Sitophilus granarius*, appelé aussi «charançon du blé», appartient à la systématique suivante ^[49] :

- | | |
|-----------------|-----------------------------|
| ▪ Règne | Animalia |
| ▪ Domaine | Eucaryota |
| ▪ Embranchement | Athropoda |
| ▪ Classe | Insecta |
| ▪ Ordre | Coleoptera |
| ▪ Famille | Curculionidae |
| ▪ Genre | <i>Sitophilus</i> |
| ▪ Espèce | <i>Sitophilus granarius</i> |

3.1.2.2. Description des différents stades de *Sitophilus granarius*

Les charançons (*Sitophilus granarius*) sont bien connus comme des ravageurs primaires très dévastateurs des grains de céréales entreposés. Ils sont caractérisés par la présence d'un rostre rigide, portant des antennes à sa base. Ces ravageurs attaquent la plus part des cultures céréalières, notamment le blé, l'orge, l'avoine et le seigle ^[49].

L'espèce *S. granarius* est charançon aux mœurs principalement nocturne, se montre plus active la nuit que le jour. Elle peut vivre en permanence dans l'obscurité complète, ces déplacements sont relativement rapides. La femelle de *S. granarius* pond les œufs à l'intérieur des grains dans un trou qu'elle perce son rostre. Ce trou est ensuite rebouché par une matière mucilagineuse ^[51].

3.1.2.2.1. L'œuf

L'œuf est caractérisé par une couleur blanche brillante de forme opaque, ovoïde. Il mesure de 0.5 à 0.8 mm de longueur, sa largeur variant entre 0.2 et 0.3 mm ^[52].

3.1.2.2.2. Larve

Les larves sont blanchâtres et apodes, mesurent de 2 à 4 mm, avec une tête foncé. Elle se nourrit à l'intérieur des grains puis s'y chrysalide ^[49].

3.1.2.2.3. Nymphe

La nymphe se passe de blanc au brun, de forme cylindrique et de 3 à 4 mm de long ^[49].

3.1.2.2.4. Adulte

L'adulte est ovale de couleur est brun foncé mesure environ 4 mm de long, avec une tête prolongé par un long rostre et des longues pattes. Les élytres sont striées et ponctuées de gros points, la deuxième paire des ailes est absente, le thorax avec des perforations ovales ^[53].

3.1.2.3. Les dégâts

Les *Sitophilus* sont, sans conteste, les insectes les plus nuisibles aux grains entreposés, non seulement en raison de leurs propres déprédations, mais aussi parce qu'ils ouvrent la porte à tout un cortège de détritivores qui parachèvent leurs dégâts ^[52].

Le développement d'un charançon dans un grain réduit sa masse d'environ 35 à 40 %. Le dégât principal est donc fait par les larves en croissances ^[54].

Le niveau des pertes pondérales infligées par les insectes ravageurs primaires dépend étroitement de la densité des insectes ^[55].

3.1.3. Le *Tribolium confusum*

3.1.3.1. position systématique

Le *Tribolium confusum*, appartient à la systématique suivante ^[56] :

- **Règne** Animalia
- **Domaine** Eucaryota
- **Embranchement** Athropoda
- **Classe** Insecta
- **Ordre** Coleoptera
- **Famille** Tenebrionidae
- **Genre** *Tribolium*
- **Espèce** *Tribolium confusum*

3.1.3.2. Description des différents stades de *Tribolium confusum*

Le *Tribolium* est un insecte ravageur commun connu pour attaquer et infester les denrées alimentaires stockées notamment la farine et les grains de céréales, dans les silos, les Entrepôts, les boulangeries, les épicerie. Il est appelé aussi le petit ver de la farine, le ver brun de la farine c'est une espèce d'insectes coléoptères de la famille des ténébrionidés, à répartition cosmopolite ^[57].

3.1.3.2.1. L'œuf

L'œuf est oblong et blanchâtre, presque transparent. Sa surface est lisse recouverte d'une substance visqueuse qui lui permet d'adhérer a la denrée infestée il mesure en moyenne 0.6×0.3 mm ^[58].

3.1.3.2.2. Larve

Elle est de couleur blanc crème, la tête et l'appendice fourchu situé a l'extrémité de L'abdomen étant nettement plus foncés, particularité qui permet de distinguer les larves et les nymphes de *Tribolium* des larves d'autres coléoptères infestant les grains.

3.1.3.2.3. Nymphe

Elle est blanche et nue les segments de son abdomen sont explantés latéralement en lames rectangulaires a bords crénelés, la nymphe reste sans protection et est incapable de se déplacer ^[57].

3.1.3.2.4. adulte

Il porte trois paires de pattes attachées aux segments suivant immédiatement la tête.

3.1.3.3. Les dégâts

Le *Tribolium* brun attaque les grains endommagés ou brisés. On le trouve dans la farine, la poussière et les impuretés. Ce coléoptère cause des dégâts en s'alimentant mais probablement davantage en contaminant les grains, par les cadavres d'insectes, les mues et pelotes fécales, ainsi que des liquides (quinones), et en donnant une mauvaise odeur aux denrées infestées. Cela peut entraîner une mauvaise acceptation des aliments par le bétail et le rejet par les acheteurs de grains. Souvent l'infestation par les *Triboliums* favorise le développement de moisissures, qui contribuent à réduire considérablement la qualité et la valeur du grain ^[59].

3.1.4. Les moyens de lutte contre les insectes ravageurs des denrées stockées

Il existe différents moyens de lutte contre les insectes ravageurs des grains stockés :

3.1.4.1. Lutte préventive

Cette méthode consiste en une hygiène rigoureuse des moyens de transport, et des machines de récolte. Il faudra faire un nettoyage convenable des locaux de conservation et vérifier les crevasses et les endroits qui peuvent recouvrir des insectes. Les grains doivent être séchés avant le stockage. Ces mesures sont indispensables pour réduire ou empêcher toute infestation ^[60].

3.1.4.2. Lutte curative

3.1.4.2.1. Lutte chimique

Répondue, en raison de son efficacité, elle doit appliquer avec discernement pour limiter les risques qu'elle peut faire courir aux consommateurs des denrées. Deux types de traitement sont généralement employés :

- **Traitement par contact** : consiste à recouvrir les grains, l'emballage ainsi que les locaux de stockage d'une pellicule de produit insecticide qui agit par contact sur les déprédateurs, dont l'effet est plus ou moins rapide avec une persistance d'action plus longue.
- **Traitement par fumigation** : consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique, qu'on appelle fumigeant. L'intérêt de la fumigation est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur du grain et donc de détruire les œufs, larves et nymphes qui s'y développent ^[49].

3.1.4.2.2. Lutte physique

La lutte physique fait appel au froid, à la chaleur, aux radiations ionisantes et aux matières inertes ^[61].

- **Lutte par chaleur** : consiste à une élévation de la température (température supérieure à 50°C), ce qui entraîne la mort des insectes. Le passage des produits dans un séchoir permet d'éliminer les insectes présents dans les grains ^[62].
- **Lutte par froid** : consiste à abaisser la température de stockage, ce qui entraîne un ralentissement du développement des insectes, freiné dès que la température est inférieure à 10°C ^[62].
- **Radiations ionisantes** : les mâles sont plus sensibles aux radiations gamma que les femelles, la dose létale dépend de l'insecte et de la période de traitement ^[53].

La désinsectisation par les rayons gamma, à hautes doses provoque la mort de tous les stades de développement de l'insecte ^[64], par contre son exposition à des doses faibles entraîne sa stérilité ^[65].

3.1.4.2.3. Lutte biologique

Les moyens biologiques consistent notamment à réduire les populations des insectes ravageurs, en utilisant leur ennemis naturels tel que les prédateurs (Acarian : Cheyletidae), et les parasites ou des agents pathogène (bactéries, champignons) ainsi que des produits naturels d'origines végétales comme des poudres minérales, des huiles végétales et les huiles essentielles ^[62].

3.2. Acitivité anti-oxydante

L'activité anti-oxydante d'un composé correspond a sa capacité à résister à l'oxydation. En effet, la plus part des antioxydants de synthèse ou d'origine naturelle possèdent des groupes hydroxyphénoliques dans leurs structures et les propriétés antioxydantes sont attribuées en partie, la capacité de ses composés naturels à piéger les radicaux libres tels que les radicaux hydroxyles (OH^\bullet) et superoxydes (O^\bullet_2) ^[66].

3.2.1. Antioxydants

Toute molécule qui diminue ou empêche l'oxydation d'autres substances chimiques. Les antioxydants s'utilisent pour réduire l'oxydation du produit auquel ils sont mélangés. L'effet des antioxydants provient de deux mécanismes :

- Ils neutralisent les radicaux libres et empêchent les réactions en chaînes initialisée par ces derniers.
- Les antioxydants détruisent les hydroperoxydes (composés intermédiaires formant des radicaux libres en interrompant la liaison O-O), diminuant ainsi la vitesse de formation de radicaux libres ^[67].

3.2.2. Radicaux libres

Toute molécule qui possède un électron non apparié ce qui la rend réactive ^[68] avec une courte durée de vie ^[69], il a la capacité de réagir avec tout ce qui l'entoure, causant de graves dommages aux molécules, aux membranes cellulaires et aux tissus ^[70].

3.2.3. Stress oxydatif

Le stress oxydatif se définit comme étant un déséquilibre entre les peroxydant et les antioxydants c'est le résultat de certain dommage des constituants cellulaires : des lipides, des protéines, des ADN ^[71]. Il peut causer des maladies chroniques tel que diabète. Mais aussi l'apparition d'un stress oxydant peut être causer d'une mauvaise alimentation pauvre en antioxydant, tabagisme, alcoolisme, et obésité ^[72].

Partie 2 :
Matériels et méthodes

Cette partie a été réalisée au sein du laboratoire pharmaceutique du département chimie à l'université Mouloud Mammeri TO. Elle consiste à faire l'extraction des huiles essentielles d'*Eucalyptus camaldulensis* et leurs caractérisations suivie d'une activité anti-oxydante ainsi que les tests phytochimiques.

Cependant, l'étude de l'activité bio insecticide a été réalisée au laboratoire d'entomologie de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomique de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Pour s'assurer du bon déroulement des tests expérimentaux, les essais sont répétés plusieurs fois.

1. Matériel

1.1. Matériel végétal

La station de récolte est située dans la région de la Kabylie commune Aghribs wilaya de Tizi-Ouzou en Algérie, situé à 40 km au nord-est de Tizi ouzou, à 20 km au sud-ouest d'Azefoun et à 13 km au nord-ouest d'Azazga et rattachée au Aârch d'Aït Djennad.

L'âge de l'arbre de l'*Eucalyptus camaldulensis* récolté est d'environ 13 ans. Les feuilles de l'essence forestière ont été cueillies au printemps, durant le mois Avril. La récolte a été réalisée le matin, elle concerne seulement les feuillettes d'arbre adultes choisis au hasard.

Les feuillettes fraîchement récoltés sont séchés à l'abri de la lumière et de l'humidité à température ambiante au laboratoire pendant 15 jours.

1.2. Matériel biologique

1.2.1. Charançon du blé

Nous avons tout au long de nos expériences utilisées des adultes de *Sitophilus granarius* qui proviennent des élevages de masses réalisés sur le blé tendre au niveau de laboratoire d'entomologie de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.



Figure 11: Adulte de *S. granarius* (Originale 2021).

1.2.2. *Tribolium* de la semoule

Nous avons tout au long de nos expériences utilisées des adultes de *T. confusum* qui proviennent des élevages de masses réalisés sur la semoule au niveau de laboratoire d'entomologie de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.



Figure 12: Adulte de *T. confusum*

(Originale 2021).

1.3. Matériel du laboratoire

1.3.1. Verrerie

- Les verreries utilisées pour l'hydrodistillation ainsi que les caractéristiques physico-chimiques et les tests phytochimiques sont :
Ampoule à décanté, ballon mono-col, béccher, réfrigérant à boule, fioles jaugées, éprouvette, burette graduée, cristalliseur, tube à essais, plaque chauffante, Erlenmeyer.
- Pour l'activité biologique nous avons utilisés :
Verre de montre, béccher, micropipette, fiole jaugée, tube à prélèvement.

1.3.2. Appareillage

- Pour l'hydrodistillation, les caractéristiques physico-chimique et les tests phytochimiques nous avons utilisés les appareils suivants :
Balance analytique, chauffe ballon, réfractomètre d'Abbe.
- Pour l'activité biologique ont à utilisés :
Spectroscopie UV visible, microscope optique, étuve, autoclave.

2. Méthodes

Le schéma général adopté pour la réalisation de ce travail est résumé par la Figure 13ci-dessous :

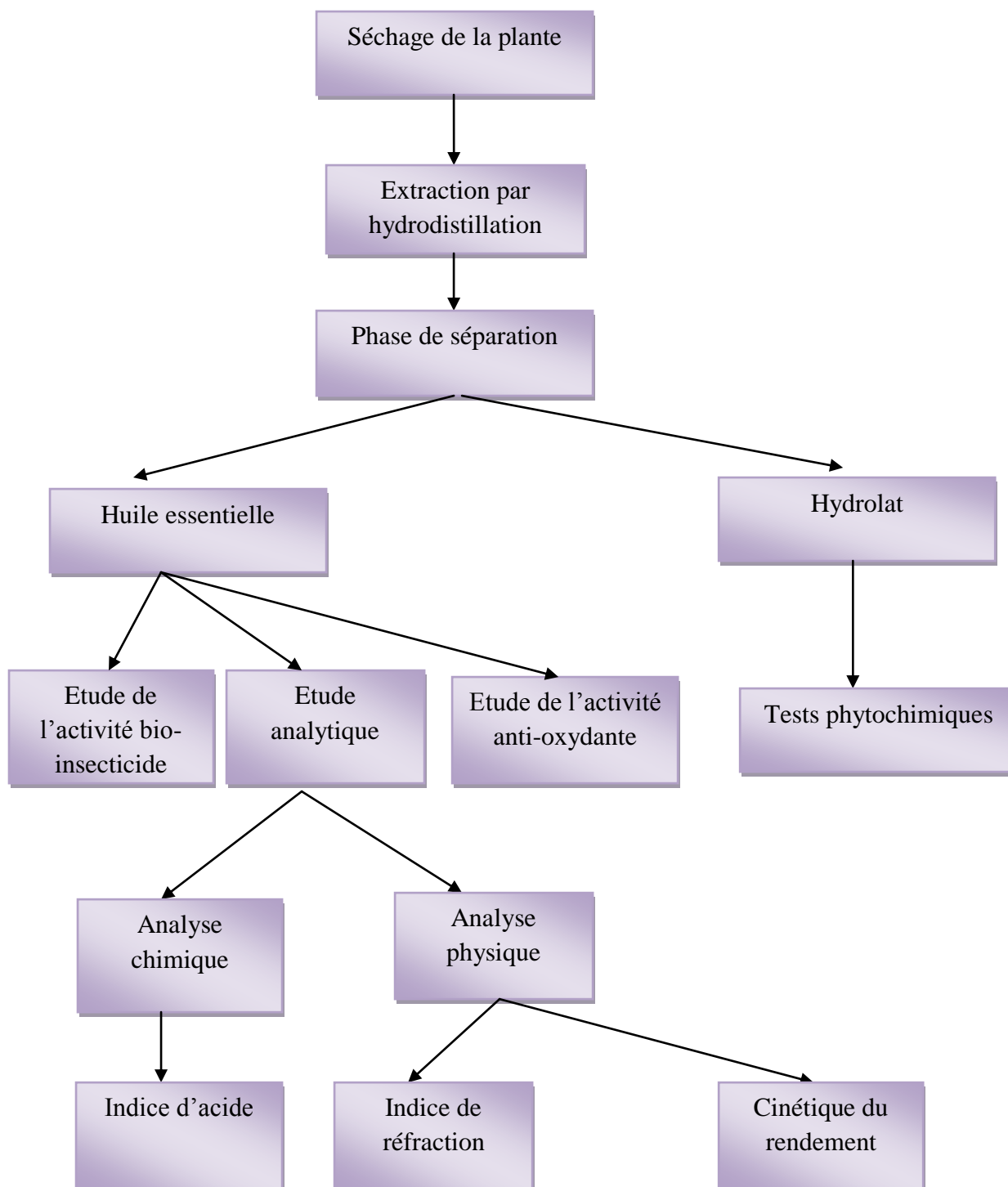


Figure 13 : Diagramme général de la procédure expérimentale.

2.1. Extraction de l'huile essentielle d'*E. camaldulensis* par hydrodistillation

100g de feuilles séchées d'*E. camaldulensis* sont découpées en petits morceaux pour faciliter leur introduction dans un chauffe ballon de 2 L rempli de 2/3 de l'eau distillé .Le tout est ensuite chauffé dans le chauffe ballon, jusqu'à ébullition, ce qui entraîne la formation d'une vapeur qui va entraîner les constituants volatiles. Les vapeurs chaudes se condensent et s'écoulent goutte à goutte dans un récipient où elles forment le distillat. Ce dernier est un mélange de deux phases non miscible (huile + eau) qui seront séparées par extraction liquide-liquide (décantation) (Figure14).

L'huile essentielle obtenue est pesée pour le calcul de rendement puis conservée dans des flacons hermétiques pour les analyses physico-chimiques.



Figure 14: Montage d'extraction par hydro-distillation de type clewenger (laboratoire d'entomologie, 2021).

Les conditions opératoires liées à l'hydro-distillation de chaque type de feuilles sont regroupées dans le tableau 2.

Tableau 2: Condition opératoire de l'hydro-distillation.

Quantité de matière sèche (gr)	100
Quantité de l'eau (litre)	1
Température max (°C)	100
Temps d'hydro distillation (heure)	1h30

2.1.2. Rendement en huile essentielle

Selon la norme AFNOR(2000) le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue après l'extraction et la masse de la matière végétale utilisée. Le rendement est exprimé en pourcentage et il est donné par la formule suivante ^[73].

$$R = \frac{\text{Masse d'huile essentielle (g)}}{\text{Masse du matériel végétal utilisé(g)}} * 100$$

2.1.3. Etude de la cinétique du rendement

La cinétique de rendement est le suivi de l'évolution de la quantité d'huile essentielle extraite par l'hydro-distillation d'une masse végétale en fonction du temps ^[26].

Après décantation l'huile essentielle est récupérée dans des eppendorfs à différents pointages du temps de 5 min jusqu'à 50min .Le contenu de chaque eppendorfs est versé dans un tube à essai préalablement pesé pour déterminer le poids du tube vide (PTv) et par la suite les tubes sont de nouveau pesés pour déterminer le poids des tubes pleins (PTp) et nous déduisons le poids de l'huile essentielle. Notons au passage que deux essais ont été effectués pour calculer les moyennes de deux essais qui ont été prises en compte pour tracer la courbe de la cinétique de rendement de l'huile essentielle *E. camaldulensis* en fonction du temps.

2.2. Caractérisation des huiles essentielles d'*Eucalyptus camaldulensis*

2.2.1. Caractérisation organoleptiques

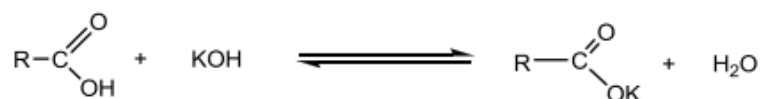
Une huile essentielle est caractérisée par son aspect, sa couleur et son odeur, c'est à dire ses caractéristiques organoleptiques, qui la différencient des autres huiles. Ainsi les résultats obtenus après les déterminations sont consignés dans le Tableau 04.

2.2.2. Caractérisation chimique et physique

2.2.2.1. Indice d'acide

C'est le nombre de milligrammes de KOH nécessaire pour la neutralisation des acides libres contenus dans 1g d'huile essentielle. La teneur en acides libres des corps gras augmente avec le temps, l'indice d'acide permet donc de juger de leur état de détérioration ^[74].

L'hydroxyde de potassium réagit avec l'acide selon la réaction suivante



Protocole expérimental

0,2 g d'HE ,8 ml d'éthanol à 95% et environs 2gouttes d'indicateur coloré (phénolphthaléine) sont mis dans un Erlenmeyer. Ensuite on titre par une solution alcoolique d'hydroxyde de potassium (KOH) 10^{-2} M jusqu'à ce que la solution vire en rose ^[75].

L'indice d'acide Ia est déterminé par la formule suivante :

$$Ia = V. c. \frac{56,11}{m}$$

V : Volume en ml de la solution de KOH utilisé pour le titrage.

C : Concentration en mol/l de la solution de KOH.

m : Masse en g de la prise d'essai.

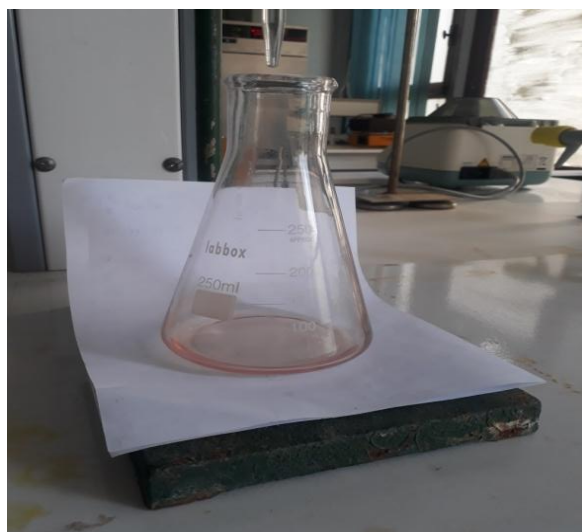


Figure 15 : Indice d'acide
(Originale 2021).

2.2.2.2. Indice de réfraction

L'indice de réfraction est « le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux d'une longueur d'onde déterminée, passant de l'air dans l'huile maintenue à une température constante »^[74]. La mesure de l'indice de réfraction est effectuée au moyen du réfractomètre d'Abbe et calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$n_D^T = n_D^{T'} + 0,0004 * (T' - T)$$

Où la température de référence est de 20 °C.

n_D^T Indice de réfraction à 20 °C

$n_D^{T'}$ Valeur de lecture.

Protocole expérimental

On commence d'abord par étalonner l'appareil à l'aide d'une substance d'indice de réfraction connu à la température fixée à 20 °C, puis on nettoie les prismes et on dépose quelques gouttes de l'huile essentielle d'Eucalyptus entre les deux faces des prismes, on regarde dans l'oculaire et on tourne ensuite le bouton de réglage de l'indice de réfraction pour amener les zones sombres et éclairées au centre du réticule. Enfin on note la valeur de l'indice par l'échelle de lecture^[76].



Figure 16 : Réfractomètre d'Abbe
(Originale 2021).

2.3. Etudes des tests phytochimiques

L'extraction est la séparation des parties actives de plantes en utilisant des solvants sélectifs au moyen de procédures standard. Les produits ainsi obtenus à partir de plantes sont

des mélanges relativement complexes des métabolites, à l'état liquide ou semi-solide ou (après élimination du solvant) sous forme de poudre sèche, et sont destinés à être utilisés par voie orale ou externe. Ceux-ci comprennent des classes de préparations connues sous le nom de décoctions, infusions, extraits fluides, teintures, extraits (semi-solides) ou des extraits en poudre ^[77].

Pour cela dans un bécher on introduit 10g de poudre végétale dans 100ml d'eau bouillante qu'on laisse infuser pendant 15 minutes. Ensuite, on filtre et on rince avec un peu d'eau chaude de manière à obtenir 100 ml de filtrat ^[77].

2.3.1. Les flavonoïdes

5 ml de l'extrait a été évaporé et le résidu a été repris dans 5 ml d'alcool chlorhydrique dilué 2 fois. En ajoutant 2 à 3 copeaux de magnésium, il y a un dégagement de chaleur puis une coloration rose orangé ou violacée ^[78].

2.3.2. Les alcaloïdes

Les tests sont réalisés par des réactions de précipitation avec le réactif de Mayer. Introduire 5 g de poudre végétale sèche dans un Erlenmeyer, à laquelle 50ml de H₂SO₄ dilué au 1/10 avec de l'eau distillée est ajouté. Ce mélange a été agité et macéré pendant 24 h. Ensuite, 1 ml du filtrat, 5 gouttes de réactif de Mayer sont ajoutées. L'apparition d'un précipité blanc ou brun révèle la présence d'alcaloïdes ^[78].

2.3.3. Les tanins

La présence des tannins est mise en évidence en ajoutant à 1 ml d'extrait, 1 ml d'eau et 1 à 2 gouttes de solution de FeCl₃ diluée à 1% L'apparition d'une coloration verte foncée ou bleue verte indique la présence des tanins ^[79].

2.3.4. Les saponines

A 2ml de l'extrait on ajoute 1ml d'eau distillée, on agite la solution pendant 1 minute L'apparition d'une mousse qui persiste durant 15 minute, le teste est positif si l'épaisseur de la mousse dépasse 1cm ^[79].

2.3.5. Les stérols

5 ml de l'extrait a lequel on rajoute 1 ml d'anhydride acétique ; nous avons ajouté 0,5 ml d'acide sulfurique concentré au triturât. L'apparition, à l'interphase, d'un anneau pourpre ou violet, virant au bleu puis au vert, a indiqué une réaction positive ^[80].

2.3.6. Les terpénoïdes

On ajoute à 5 ml de notre extrait 2ml de chloroforme et 3 ml de H₂SO₄ concentré. La présence des terpénoïdes est révélée par l'apparition de deux phases et une couleur Marron en interphase ^[80].

2.4. Evaluation de l'activité anti-oxydante

2.4.1. Activité du radical de DPPH

Le DPPH (2,2 diphenyl-1-picryl hydrazyl) est un radical instable qui possède un électron célibataire sur l'atome d'azote, c'est un teste colorimétrique qui repose sur la mesure par spectrophotomètre de la capacité d'une substance anti-oxydante à réduire le radical DPPH de couleur violette en solution de couleur jaunâtre, ceci lorsque son électron célibataire est apparié avec un hydrogène provenant d'un antioxydant, l'absorbance est mesurée par spectrophotomètre à 517 nm ^[82]. Une faible absorbance indique une meilleure activité anti radicalaire ^[82].

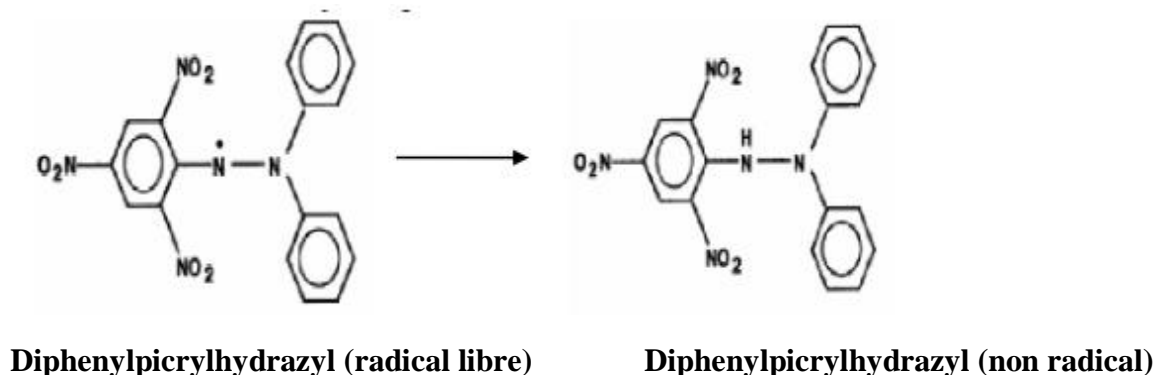


Figure 17: Forme libre et réduite de DPPH ^[82].

2.4.2. Mode opératoire

Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical DPPH. L'effet de chaque extrait sur le DPPH est mesuré par la procédure décrite par (W.BRAND-WILLIAMS et al. 1995). 40 µl de l'huile essentielle (différentes dilutions) est additionné à 2ml d'une solution de DPPH préparé dans le méthanol. Le mélange réactionnel a été secoué immédiatement, puis maintenu à l'obscurité pendant une heure à une température de 37°C pour que la réaction s'accomplisse. L'absorbance du milieu réactionnel a été mesuré à 517 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible. Des standards de référence (acide ascorbique) ont également été analysés en respectant la même méthode ^[83].

Le pourcentage de neutralisation du radical de DPPH est calculé selon la formule suivante :

$$I = \frac{|\text{témoin}| - |\text{échantillon}|}{|\text{témoin}|} * 100$$

Les pourcentages d'inhibition ainsi déterminés, nous permettent de calculer la valeur du paramètre IC50 (concentration d'inhibiteur) qui représente la concentration de la substance nécessaire pour diminuer 50% des radicaux libres dans le milieu réactionnel.

2.5. Etude de l'activité bio insecticide

2.5.1. Elevage de masse

L'élevage de masse des adultes de *S. granarius* et *T. confusum* est effectué dans des bocaux en verre. Chaque bocal contient de grains de blé tendre pour *S. granarius* et de semoule fine pour *T. confusum*.

Les bocaux sont maintenus à l'obscurité dans une étuve réglée à une température de $30 \pm 1^\circ\text{C}$ et une humidité relative de $70 \pm 5\%$.



Figure 18: Elevage de masse *S. granarius*
(Originale 2021).



Figure 19: Elevage de masse de *T. confusum*
(Originale 2021).

2.5.2. Test bio-insecticides

2.5.2.1. Traitement par contact sur les adultes de *S. granarius*

Ce test consiste à évaluer l'effet de toxicité de l'huile essentielle d'*E camaldulensis* sur les adultes de *S. granarius*.

Les doses utilisées sont : (0, 4,8, 12, 16 μl). Pour chaque dose nous avons varié la durée d'exposition : 24h ; 48h ; 72h. Trois répétitions sont réalisées pour chaque dose (R1, R2, R3), y compris pour les témoins (sans traitement).

Nous avons utilisé des boîtes de pétri contenant 2g des grains de blé tendre dont chaque boîte nous avons introduit 10 adultes de *S. granarius*. Une dose d'huile essentielle est déposée à l'intérieure des boîtes qui seront ensuite fermés rapidement et hermétiquement.

La mortalité des insectes est déterminée après les différents temps d'exposition (24h, 48h et 72h).



Figure 20: Test par contact sur les adultes de *S. granarius* (Originale 2021).

2.5.2.2. Traitement par inhalation sur les adultes de *T. confusum*

Ce test consiste à évaluer l'effet de toxicité d'huile essentielle d'*E. camaldulensis* sur les adultes de *T. confusum*. Les doses utilisées sont : (0, 4,8, 12, 16µl). Pour chaque dose nous avons varié la durée d'exposition : 24h ; 48h ; 72h. Trois répétitions sont réalisées pour chaque dose (R1, R2, R3), y compris pour les témoins (sans traitement).

Pour chaque essai, nous avons introduit 10 adultes *T. confusum* dans des flacons contenant 3g de semoules fines. Une dose de huile essentielle est déposée sur le papier filtre, suspendu à un fil fixé à la face interne du couvercle du flacon qui sera ensuite fermé rapidement et hermétiquement.

La mortalité des insectes est déterminée après un temps de traitement de 24h, 48h et 72h.



Figure 21: Test par inhalation sur les adultes de *T. confusum*.

(Originale 2021).

2.5.3. Analyse statistique

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de la variance à deux critères de classification en utilisant le logiciel Stat Box, version 6.4 pour déterminer la toxicité d'HE d'*E. camaldulensis* vis-à-vis des adultes *S. granarius*, *T. confusum* et d'analyser les différents paramètres étudiés. Lorsque cette analyse montre une différence significative, elle est complétée par le test de Newman et Keuls.

Partie 3:
Résultats et discussions

1. Extraction et rendement en huile essentielle

Le rendement d'extraction de l'HE d'*Eucalyptus* est trop variable, pour la présente étude le meilleur rendement d'huile essence d'*Eucalyptus* a été de 0.28%. Ainsi et pour chaque extraction nous avons pu récupérer une quantité de 0.28 ml d'HE pour 100g de matière végétale sèche.

Nos résultats se rapprochent à ceux trouvés par BOUFERKAS (1996) qui a rapporté que le rendement de l'huile essentielle *E. camaldulensis* extraite des plantes cultivées dans la plaine de Mitidja a été faible (0.21%)^[84]. Alors que MEHANI (2015) a trouvé que le rendement de l'huile essentielle d'*E. camaldulensis* était plus élevé avec 0.99%^[85].

1.1. Evaluation de la cinétique du rendement

Pour voir comment évolue la vitesse d'extraction de l'HE d'*Eucalyptus* au cours du temps, nous sommes passés à la cinétique d'extraction de l'huile essentielle d'*Eucalyptus* (figure 22), ceci nous a permis de suivre l'évolution de la masse d'huile extraite cumulée en fonction du temps.

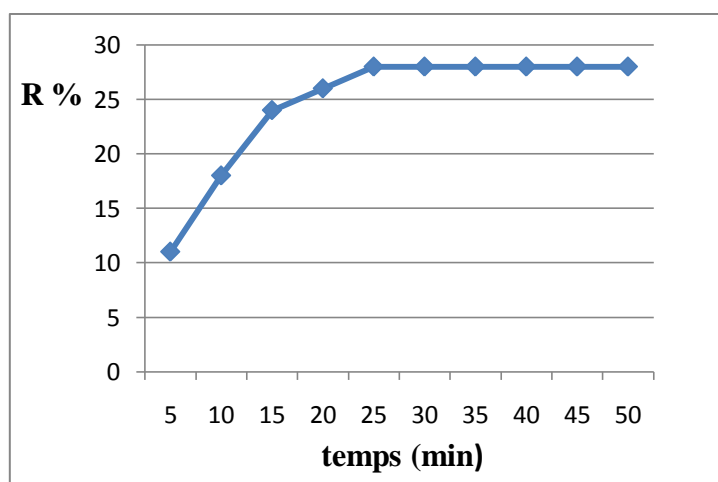


Figure 22: Evolution du rendement d'HE en fonction du temps.

La figure 22 représente la variation de la masse cumulée de l'huile essentielle d'*Eucalyptus* en fonction du temps, d'après l'allure de la cinétique d'extraction de l'huile essentielle, on peut distinguer trois différentes parties d'extraction :

- La première partie : durant cette étape qui correspond à 5 minutes jusqu'à 15 minutes à partir du début d'ébullition nous constatons un très fort rendement en huile essentielle qui se traduit avec 24% en moyenne.
- La deuxième partie : à partir de 15 min à 25 min, nous observons aussi une augmentation du rendement jusqu'à 28% mais moins important que la première étape.

- La troisième étape 25 min à 50 min : phase pendant laquelle l'augmentation du rendement tend à se stabiliser pour former un palier.

D'après nos résultats la plante aromatique d'*E. camaldulensis* n'est pas vraiment riche en huile essentielle car elle ne dépasse pas 30% à une durée d'extraction de 50 minutes.

Et la littérature nous renseigne que la quantité d'huile essentielle de l'*E. camaldulensis* dépend aussi de l'organe de la plante à laquelle on extrait l'huile (feuille, fleur, tige, racine, etc.).

Nous retenons que la variation du rendement d'extraction de l'HE d'Eucalyptus dépend de plusieurs facteurs : la zone géographique de récolte, la composition du sol, la période de récolte, le stade végétatif de la plante, la méthode d'extraction de l'essence végétale ^[85].

2. Caractérisation de l'HE d'*E. camaldulensis*

2.1. Caractérisation organoleptique

Selon (AFNOR, 2000), les huiles essentielles sont habituellement liquides à température ambiante et volatiles, ce qui les différencie des huiles dites fixes (huile végétales).

Il faut dire que les huiles essentielles sont plus au moins colorées et leur densité est inférieure à celle de l'eau.

Les paramètres organoleptiques de notre huile essentielle d'*Eucalyptus*, aspect, couleur, odeur sont résumés dans le tableau 3.

Tableau 3: Analyse organoleptique d'HE d'*E. camaldulensis*.

	Aspect	Couleur	Odeur
Normes AFNOR	Liquide limpide Fluide et mobile	Jaune claire	fraiche plus ou moins Eucalyptolée selon L'origine
HE d'<i>Eucalyptus</i>	Liquide mobile limpide	Jaune claire	Fraiche, Eucalyptolée et Puissante

L'huile essentielle produite est conforme à la norme AFNOR, la figure 23 illustre la couleur d'huile essentielle obtenue.



Figure 23: L'HE d'*E. camaldulensis*
(Originale 2021)

2.2. Caractéristique physico-chimiques

Les constantes physico-chimiques de l'HE ont été déterminées selon des méthodes normalisées. Les résultats de ces mesures sont regroupés dans le tableau suivant (voir tableau 4)

Tableau 4: Caractéristiques physico-chimiques de l'HE

	Paramètres physico-chimique	
	Indice d'acide	Indice de réfraction
Résultats obtenus	1.122	1.4753
Normes Afnor	0.84- 3.74	1.460- 1.4760

Nous remarquons que les paramètres physico-chimiques de l'HE sont en accord avec qui sont mentionnés par les normes.

Pour les constantes chimiques, l'indice d'acide (IA) donne une idée sur le taux d'acides libres^[87]. Un IA inférieur à 2 est une preuve de bonne conservation de l'HE, Cet indice est certes dans les normes, Inversement a un IA demeure relativement élevé.

L'indice de réfraction varie essentiellement avec la teneur en monoterpènes et en dérivés oxygénés^[87]. Une forte teneur en monoterpènes donnera un indice élevé ce qui est le cas de l'HE de notre étude.

Plusieurs études ont démontré que les paramètres physico-chimiques des HE sont influencés par les conditions édaphiques et climatiques, selon SINGH et al. 1989, ont montré que l'indice d'acide de l'*Eucalyptus* (Inde) a été plus faible (0.09). Par contre l'indice de réfraction est conforme à la norme (1,4648) ^[88].

Vu le nombre important de paramètres pouvant intervenir dans la composition de huile essentielle, qu'il soit d'ordre naturel, ayant une origine intrinsèque (génétique, localisation etc...), ou extrinsèque (sol, climat, etc...) ou d'ordre technologique, c'est-à-dire lié au mode d'extraction. Les rendements et les indices physico-chimiques ne sont qu'une première caractérisation des essences Algériennes et une étape nécessaire mais demeure non suffisante pour caractériser l'HE. Il sera primordial de déterminer le profil chromatographique de l'HE ^[85].

3. Les tests phytochimiques

Les résultats indiquent la présence des flavonoïdes, alcaloïdes, tanins, les stéroles et absence total des saponosides et terpénoïdes. L'extrait aqueux a démontré une forte dominance des métabolites secondaire. Les résultats de test phytochimique sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5: Les métabolites secondaires présents dans la plante d'*E. camaldulensis*

Composés	Résultats
\	Extrait aqueux
Flavonoïdes	+
Alcaloïdes	+
Tanins	+
Saponosides	-
Stéroles	+
Terpénoïdes	-

➤ Flavonoïdes

L'apparition d'une couleur légèrement rouge indique la présence des flavonoïdes

➤ Alcaloïdes

L'apparition d'un précipité brun révèle la présence des Alcaloïdes

➤ Tanins

L'apparition d'une couleur vert foncé indique la présence des tanins.

➤ Saponosides

Aucune apparition d'une colonne de mousse, donc on a l'absence de saponosides.

➤ Stérols

Un test positif est révélé par l'apparition d'une couleur violet virant au bleu puis au vert indique la présence des stérols.

➤ Terpénoides

Aucun changement de couleur, donc on a l'absence des terpénoides.

Discussion

La présence des flavonoïdes et tanins dans notre extrait aqueux est due à la polarité de ce dernier qui permet une meilleure extraction des composés, ces composés présents une faible liaison hydrogène dans les solutions aqueux ceci est en accord avec les travaux de G.SPRIAD^[89].

La solubilité des polyphénols dépend principalement de groupements hydroxyles, de poids moléculaire et de la longueur de la chaîne carbonique de squelette de base^[90].

Les résultats montrent que l'*E. camaldulensis* ne contient pas de saponosides. Nos résultats concordent avec les travaux de LUIS et al^[91]. La composition chimique de la plante dépend essentiellement des conditions environnementales dans lesquelles poussent ces végétaux^[92].

Selon BODDOU, l'extrait riche en composé phénoliques est considéré comme anti-oxydants^[93].

4. Activité biologique

4.1. Activité insecticide

4.1.1. Effet d'huile essentielle d'*E. camaldulensis* à l'égard des adultes *de S. granarius*

La toxicité d'HE d'*E. camaldulensis* augmente avec l'augmentation de la durée d'exposition et la dose de l'huile essentielle. Elle est très toxique à partir de la durée 72 h ou la mortalité est de 96,67% pour les doses 4 ; 8 ; 12µl et 100 % pour la dose 16 µl. Dans la durée 24 h et 48 h, la toxicité augmente avec l'augmentation de la dose. Nous avons enregistré un taux de mortalité plus élevé à la plus forte dose de 16 µl/L durant un temps d'exposition de 72 h. Par contre à la plus faible doses, nous avons des taux des mortalités plus faibles dans les deux durées d'exposition 24h et 48h. (Voir figure24).

A la durée de 24h et 48 h le taux de mortalité augmente au fur et à mesure la dose augmente (la mortalité enregistrée à la plus forte dose ne dépasse pas 33.33 % pour la durée 24 h et 40 % pour la durée 48 h)

Les résultats obtenus dans cette étude montrent (voir figure 24) que l'HE d'*E. camaldulensis*, révèle un effet très toxique par contact sur les adultes de *S. granarius* qui est hautement significative pour l'effet de dose ainsi que pour effet de temps.

Les résultats indiquent que la mortalité des *S. granarius* agit au fil de dose et de temps.

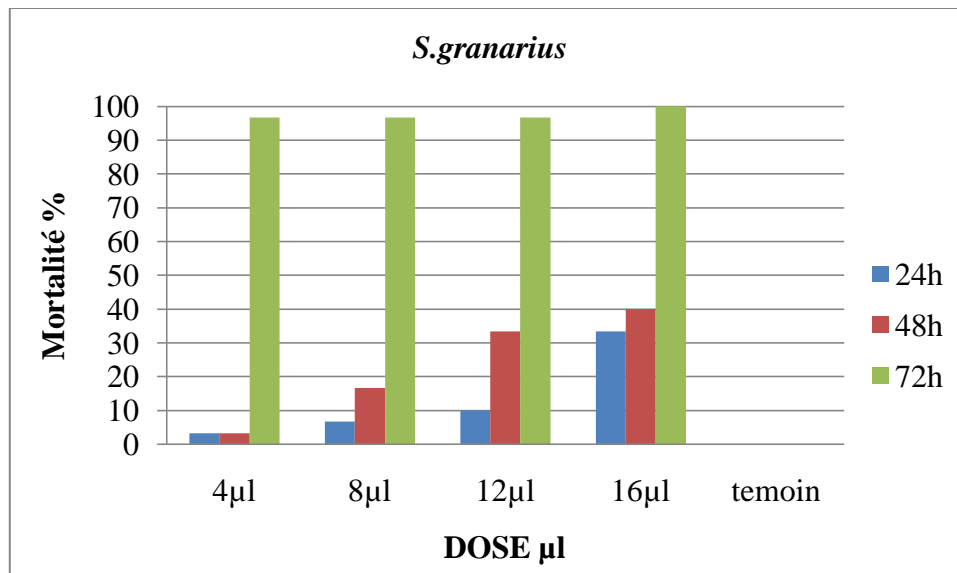


Figure 24: Le taux de mortalités des adultes de *S. granarius* sous l'effet d'HE d'*E. camaldulensis*.

4.1.1.1. Résultats de l'analyse statistique de taux de mortalités des adultes *S. granarius*

L'analyse de la variance à deux critères de classifications des résultats de taux de mortalités des adultes de *S. granarius* a montré une différence très hautement significative pour l'effet doses avec (ddl= 4 ; p= ; 0.00000) et pour le facteur temps, une différence significative avec (ddl= 0 ; p=0.00019) ainsi pour l'interaction temps *doses (ddl=8 ; p=0.02365).

Par ailleurs le test de Newman et Keuls classe le facteur temps d'exposition en deux groupes homogènes dont le groupe A correspond à la plus longue durée d'exposition 72h. Pour le facteur doses le test a révélé deux groupes homogènes, dans le premier groupe est classé toutes les doses testées de 4 à 16 µl/l et le groupe B correspond au témoin (sans traitement). Le test de Newman et Keuls classe également l'interaction entre deux facteurs temps d'exposition et doses en deux groupes homogènes dont le groupe A correspond à

l'interaction entre la durée d'exposition la plus longue avec toutes les doses testées de l'huile essentielles de 4 à 16 $\mu\text{l/l}$, les autres interactions de différentes doses et temps d'exposition sont classé dans les groupes B.

Tableau 6: Résultats de l'analyse de la variance à deux facteurs temps d'exposition et dose de l'huile essentielle testés par contact sur les adultes de *S. granarius*.

	SCE	DDL	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR.TOTAL	85497,78	44	1943.131				
VAR/FAC1	40591,12	2	20295.56	37.584	0.00000		
VAR/FAC2	17120	4	4280	7.926	0.00019		
VAR.INTER F1*2	11586,66	8	1448.333	2.682	0.02365		
VAR.RESIDUELLE 1	16200	30	540			23.238	64.95 %

Tableau 7: Résultats de test de Newman et Keuls de l'effet facteur temps sur la mortalité des adultes de *S. granarius*.

Fac 1	Libelles	Moyennes	Groupe homogènes	
3.0	T3	78	A	
2.0	T2	18.667		B
1.0	T1	10.667		B

Tableau 8: Résultats de test de Newman et Keuls de l'effet dose sur le taux de mortalité des adultes de *S. granarius*.

Fac 2	Libelles	Moyennes	Groupe homogènes	
5.0	D4	57.778	A	
4.0	D3	46.667	A	
3.0	D2	40	A	
2.0	D1	34.444	A	
1.0	D0	0		B

Discussion

L'HE d'*E. camaldulensis* a une activité insecticide contre les adultes *S. granarius* par contact.

PRAT ET ALL 1998 ^[95], ont confirmé cette activité dont le mode d'action est pratiqué essentiellement par contact perçement de la cuticule. En effet le mode d'application l'HE par contact, peut affecter directement ou indirectement les fonctions physiologiques de l'insecte traité.

D'après les travaux d'OBENG-OFORI ^[96], les propriétés insecticides de 1.8 cinéole, α -terpineol, terpinen-4-ol ont une grande efficacité sur plusieurs insectes tels que les *T. confusum* et *S. granarius*.

4.1.2. Effet de l'huile essentielle d'*E. camaldulensis* à l'égard des adultes de *T. confusum*

Les résultats sur les tests d'inhalation vis-à-vis *T. confusum* ont montré un taux de mortalité plus faible. En effet à la plus forte dose 16 μ l/l nous avons enregistré un taux de 33.33% après l'exposition à une longue durée de 72h. En 24h le taux de mortalité de *T. confusum* est nul avec toutes les doses utilisées (4, 8,12 et 16 μ l/l). Cependant à 48 h le taux de mortalité ne dépasse pas 10% à la dose élevé 16 μ l/l.

Les résultats obtenus (voir figure 25) montrent que l'HE d'*E. camaldulensis*, révèle un effet peu toxique par inhalation sur les adultes de *T. confusum*.

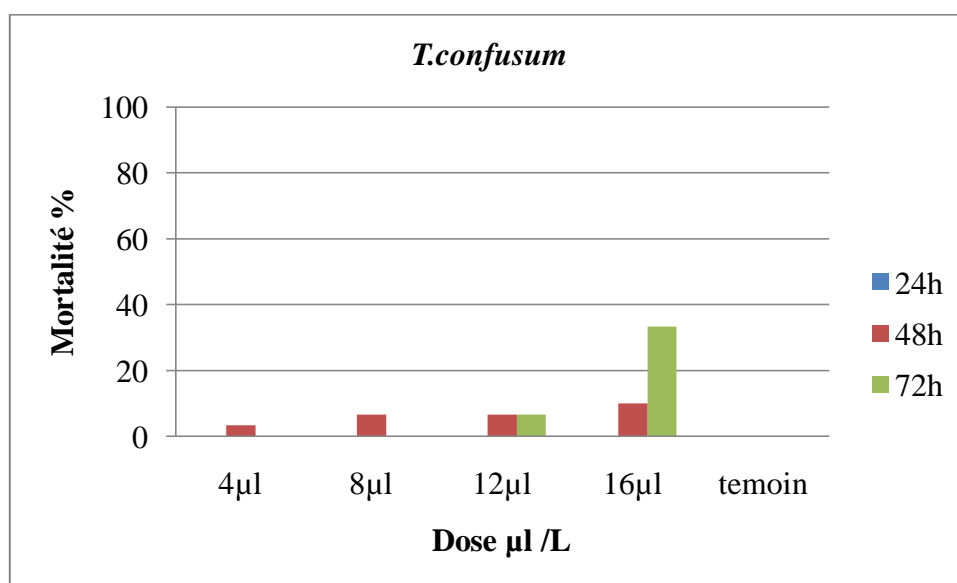


Figure 25: Le taux de mortalités des adultes de *T. confusum* sous l'effet d'HE d'*E. camaldulensis*

4.1.2.1. Résultats de l'analyse statistique de taux de mortalité des adultes *T. confusum*

L'analyse de la variance à deux critères de classifications des résultats de taux de mortalités des adultes de *T. confusuma* montré une différence très significative pour l'effet doses avec (ddl=4 ;p=0.0024 ;c.v=171.03) et pour le facteur temps ,une différence significative avec (ddl=2 ;p=0.0223) ainsi pour l'interaction temps *doses (ddl=8 ;p=0.010 ;c.v=171.03)

Par ailleurs le test de Newman et Keuls classe le facteur temps d'exposition en deux groupes homogènes dont le groupe A correspond à la plus longue durée d'exposition (48h et 72h). Pour le facteur doses le test a révélé deux groupes homogènes, dans le premier groupe est classé la dose la plus élevé de 16µl/L avec un taux de mortalité plus élevé, le groupe B correspond aux différentes doses (4,8 et 12 µl/l) dont le témoin avec une absence totale de mortalité.

Le test de Newman et Keuls classe également l'interaction entre deux facteurs temps d'exposition et doses en deux groupes homogènes dont le groupe A correspond à l'interaction entre la durée d'exposition la plus élevé et la dose de l'huile essentielle la plus forte, les autres interactions de différentes doses et temps d'exposition sont classé dans les groupes B.

Tableau 9: Résultats de l'analyse de la variance à deux facteurs temps et dose de l'huile essentielle par inhalation sur la mortalité des adultes de *T. confusum*.

	SCE	DDL	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR VTOTAL	4911.111	44					
VAR/FAC1		2			0.0223		
VAR/FAC2		4			0.00248		
FAC1*2		8			0.01038		
RISIDUELLE		30				7.601	171.03

Tableau 10: Résultats de test de Newman et Keuls sur l'effet temps d'exposition de l'huile essentielle sur la mortalité des adultes de *T. confusum*.

Fac 1	Libelles	Moyennes	Groupe homogènes	
3.0	T3	8	A	
2.0	T2	5.33	A	B
1.0	T1	0		B

Tableau 11: Résultats de test de Newman et Keuls sur l'effet dose de l'huile essentielle sur la mortalité des adultes de *T. confusum*.

Fac 2	Libelles	Moyennes	Groupe homogènes	
5.0	D4	14.444	A	
4.0	D3	4.444		B
3.0	D2	2.222		B
2.0	D1	1.111		B
1.0	D0	0		B

Discussion

Les *T. confusum* présentent une résistance très importante au huile essentielle d'*E. camaldulensis*. La mortalité de *T. confusum* peut être due à la vieillesse. Le modeste résultat de l'effet d'*E. camaldulensis* sur les adultes de *T. confusum* est compatible avec eux trouvés par AMRANI ^[98].

Selon A.L.TAPONDJOU ^[99], l'efficacité d'HE sur les adultes de *Tribolium* dépend de la composition brute d'huile et de la sensibilité de l'insecte.

4.2. Evaluation de l'activité anti-oxydante

4.2.1. Détermination de pourcentage d'inhibition

D'après les représentations graphiques on remarque que les pourcentages d'inhibition du radical libre et de l'acide ascorbique augmentent avec l'augmentation de la concentration d'HE d'*E. camaldulensis* et le pourcentage d'inhibition du radical libre est inférieur à celui de l'acide ascorbique pour toutes les concentrations utilisée.

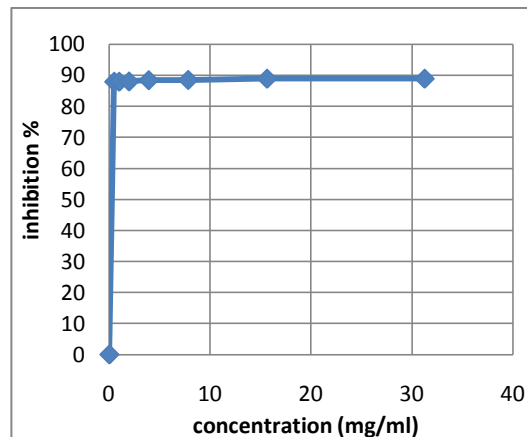
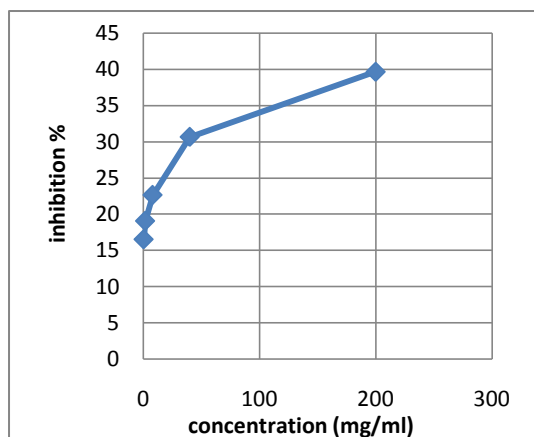


Figure 26: Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations d'HE d'*E. camaldulensis* **Figure 27:** Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations d'acide ascorbique

4.2.2. Détermination d'IC50

La variation du pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration d'HE et d'acide ascorbique, nous permet de calculer la concentration inhibitrice IC50.

Les résultats d'HE d'*E. camaldulensis* et d'acide ascorbique ont été estimées en utilisant la courbe de régression linéaire $y = ax + b$, où $y = 50\%$ (pourcentage de réduction de DPPH)

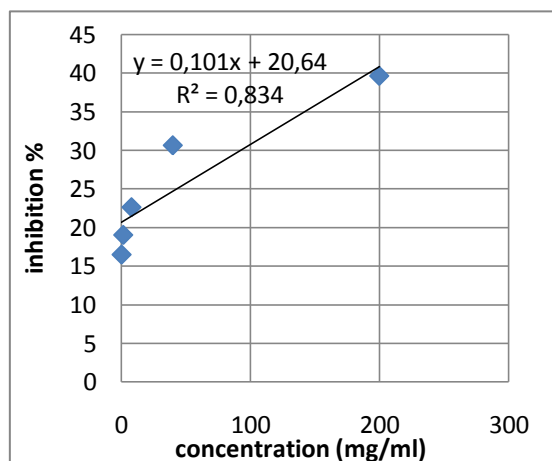


Figure 28: Courbe d'étalonnage d'HE d'*E. camaldulensis*

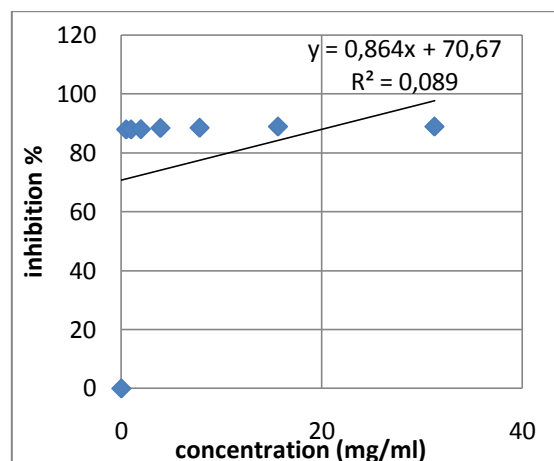


Figure 29: Courbe d'étalonnage d'acide ascorbique

Les valeurs d'IC 50 déterminées graphiquement (voir figure28 et 29) en mg/ml exprimant la concentration d'inhibition des deux échantillons sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 12: valeurs d'ICE 50 d'HE d'*E. camaldulensis* et d'acide ascorbique. (D'où y c'est le pourcentage d'inhibition et x c'est concentration d'HE).

Antioxydant	Equation	IC50 (mg/ml)
HE d' <i>E. camaldulensis</i>	$Y = 0.1011x + 20.648$	290.32
Acide ascorbique	$Y = 0.864x + 7.67$	23.92

4.2.3. Comparaison de l'extrait HE avec l'acide ascorbique par rapport IC 50

A partir la représentation graphique obtenus (voir figure 30) on remarque que l'acide ascorbique possède un IC 50 plus faible 23.92 mg/ml que celui d'huile essentielle d'*E. camaldulensis* 290.32 mg/ml.

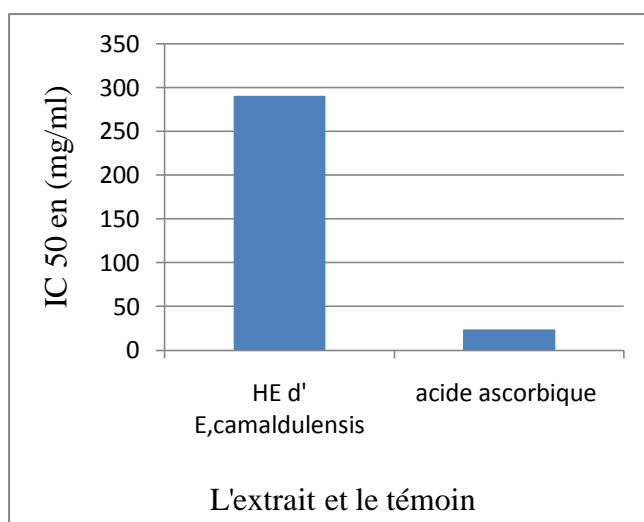


Figure 30: Comparaison entre l'extrait et le témoin par rapport à IC50

Discussion

On explique l'utilisation de la technique DPPH par sa rapidité à donner les résultats, et de sa fortement sensibilité. Comme elle est employée pour les criblages des molécules douées d'activités anti-oxydantes présentes dans les extraits végétaux ^[100] ^[101].

A partir de la courbe la valeur d'IC50 est représentative de l'efficacité d'HE à piéger le radical DPPH •, elle correspond à la concentration d'antioxydant requise pour neutraliser 50 % de la concentration de milieu. Plus la valeur d'IC est faible, plus l'activité anti radicalaire d'un composé est appréciable. La valeur d'IC50 de notre huile a été estimée 290.32 mg/ml. Le modeste résultat de l'activité anti-radicalaire qu'un présenté l'*E. camaldulensis* est compatible avec eux trouvés par GOUDJI ^[102].

En comparant l'IC50 de HE d'*E. camaldulensis* 290.32 mg/ml au celle d'acide ascorbique 23.92 mg/ml, on trouvant que l'acide ascorbique a l'IC50 le plus faible, ce que nous confirme que HE d'*E. camaldulensis* sa une activité anti-oxydante importantes.

L'acide ascorbique a une meilleure activité anti-oxydante, ainsi que est un bon réducteur et possède de ce fait un pourvoir antioxydant, qui est au centre de son activité biochimique. Sa structure est composée d'une fonction ène-diol en C2, celle-ci est très sensible à l'hydrolyse. Elle est responsable de l'acidité de la molécule et de son pouvoir antioxydant ^[103].

Les polyphénols contenus dans les extraits d'*E. camaldulensis* telle que les tanins condensés, les flavonoïdes et les alcaloïdes sont responsable de l'activité anti-oxydante ^[104]. Cela est en accord avec les travaux fait sur les extraits des feuilles d'*E. camaldulensis* par plusieurs auteurs.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'activité bio-insecticide et anti-oxydante des huiles essentielles d'*E. camaldulensis*.

Pour ce faire des essais d'extraction par hydrodistillation et des études de caractérisation physico-chimiques des huiles essentielles d'*E. camaldulensis* ont été réalisés au laboratoire, précédé par une caractérisation phytochimique des feuilles d'*Eucalyptus*.

Le temps d'extraction et la cinétique de rendement ont été étudiés au cours de l'hydrodistillation, en effet Le rendement optimal d'extraction de l'huile essentielle, a été de 0,28% obtenu à 50 minute.

La caractérisation phytochimique réalisée sur l'extrait des feuilles d'*Eucalyptus*, nous a indiqué la richesse de cette plante en flavonoïdes, tanins, stéroles, etc. Cette richesse en composés bioactifs confère à cette plante une activité thérapeutique. Les caractéristiques organoleptique (aspect, couleur et odeur) de notre huile nous a conduit à des valeurs conformes à la norme AFNOR et ces valeurs sont en accord avec celles retrouvées dans la littérature.

L'analyse physico-chimique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus* a permis de mettre en évidence la qualité de celle-ci à partir des indices physico-chimiques de cette huile (indice de réfraction, indice d'acide).

En effet la valeur de l'indice de réfraction de notre huile (1,4753) est dans l'intervalle de la norme AFNOR certifiant la pureté des huiles essentielles d'*Eucalyptus*.

En termes de la stabilité, l'huile essentielle obtenue présente un indice d'acide faible de l'ordre de 1,122 ce qui traduit la stabilité de cette huile sur la plan d'oxydation, donc on peut dire que l'huile essentielle obtenue est stable et de bonne qualité.

Les résultats obtenus de l'activité bio-insecticide nous ont montré que l'huile essentielle testée n'a pas la même activité biologique à l'égard des deux insectes ravageurs des grains stockés. Un effet toxique à l'égard *S. granarius* avec un taux de mortalité de 33,33% à 24h et 48h pour la dose 4µl et 100% à la dose 16 µl après 72h. Par contre *T. confusum* présente une forte résistance à l'égard de l'huile essentielle d'*E. camaldulensis* à différentes doses (4, 8, 12,16) µl et la durée d'exposition. Cela peut être dû à la richesse de notre huile en 1,8 cinéole.

Les extraits d'*Eucalyptus* possèdent une activité anti-oxydante due à la présence de composés de haut poids moléculaire tels que les tannins condensés et la richesse de la plante en flavonoïdes.

Afin de mettre en valeur l'exploitation de cette huile dans le domaine cosmétique, thérapeutique, et en parfumerie. Ces résultats peuvent être complétés par d'autres études plus approfondies envisagées par les perspectives proposées :

Il sera mieux d'extraire de l'huile dans d'autres organes de cette plante (dans les écorcés, racines et fruit), afin de comparer le rendement d'extraction de l'huile essentielle dans ces organes.

Il est très intéressant de déterminer la composition chimique de cette huile, et d'évaluer l'activité antimicrobienne de celle-ci sur des souches microbiennes (bactérie, champignons et virus), pour voir comment cette huile peut être utilisée à des fins pharmaceutiques et cosmétiques.

Il est souhaitable d'utiliser la méthode d'extraction par solvant pour extraire de l'huile essentielle des feuilles *d'Eucalyptus*, afin de comparer les rendements d'extraction entre l'hydrodistillation et l'extraction par solvant.

Références bibliographiques

- [1] ZHANG C.Q, LIU Y.H, ZHU G.N. 2010. Detection and characterization of benzimidazole resistance of *Botrytis cinerea* in greenhouse vegetables, *Eur. J. plant Pathol.*, 126 (4), 509-515.
- [2] BOUZOUITA N, KACHOURI F, BEN HALIMA M. et CHAABOUNI M.M. 2008. Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*, *J. Soc. Chim. Tunis.*, 10, 119-125.
- [3] ZRIRA S. 1992. Les huiles essentielles d'Eucalyptus du Maroc. Facteurs influençant la productivité et la qualité de ces essences, investigation sur les possibilités d'exploiter l'*E. camaldulensis* pour la production d'huile essentielle d'Eucalyptus à cinéole. Thèse de doctorat en sciences Agronomiques, Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.
- [4] ZANGAR I, SOUGUIR S, TAYEB W, LAARIF A, CHAEIB I. 2013. Composition chimique et bio activités insecticides des huiles essentielles d'Eucalyptus occidentales et d'Eucalyptus *camaldulensis* sur les larves d'*Hephestia Kuehniella*. Laboratoire d'entomologie .centre régionale de recherche en Horticulture et en Agriculture biologique de chott Mariem.4042.Tunisie.
- [5] DORAN J.C, WONGKAEW. W. 2008. *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. In: Louppe, D.Oteng-Amoako, A.A. & Brink, M. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands.
- [6]<http://hussein-dey-forever.over-blog.com/2017/10/1861-prosper-ramel-introduit-l-eucalyptus-en-algerie.html> [consulté le 03 juin 2021]
- [7] CHEVALIER A. 1952. Travaux français sur le genre *Eucalyptus*. In: *Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale*, 32^e année, bulletin n°353-354. pp. 105-112.
- [8] JACQUES G. 1966. L'érisson, la défence, et la restauration des sols, le reboisement en Algérie, Alger. pp 275-281.
- [9] Gilles M. 2008. Isolement et caractérisation chez l'eucalyptus de gènes codant les facteurs de transcription CBF impliqués dans la réponse au froid. Thèse de doctorat. Université Toulouse III_Paul Sabatien. pp 93.
- [10] GBIF. 2018. *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Published in: *Cat. horti camald.* ed. 2:6, 20. 1832, nom. cons. Source: Catalogue of Life. *Eucalyptus Rouge* In French .pp 3

- [11] GUIGNARD J.L. 2001. Botanique systématique moléculaire. ed. Masson. pp290.
- [12] MEZIANE H. 1996. L'Eucalyptus en Algérie un arbre controversé en la forêt Algérienne N° 1. Edité par I.N.R.F. BATNEM MARS 1996. pp 5-10.
- [13] HALL W.E, JOHNSTON R.D, 1953. Identification des Eucalyptus sur le terrain, Unasylya, vol 7, (2), pp 6.
- [14] SEIGUE A. 1985. La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes, Paris : Editions Maisonneuve et Larose. pp 502.
- [15] BOUDY P, 1950. Economie forestière nord-africaine, Monographie et traitement des essences forestières. Tome 2 fascicule 1, ed. Larose, Paris. pp 523.
- [16] GOES E. 1977. Os Eucalyptus (ecologia, cultura, produções e retabilidade. Portucel, pp 360.
- [17] POUPON H. 1972. Rythme saisonnier de croissance en hauteur et en épaisseur chez Eucalyptus camaldulensis Dhen. Bioclimatologiste de l'ORSTOM, pp 63-68
- [18] <https://jardinage.ooreka.fr/plante/voir/584/eucalyptus> [consulter le 02/06/2021]
- [19] ZEIN R, ALGHORAIBI I, SOUKKARIECHCH, SALMANA, ALAHMAD.A.2020. In-vitro anticancer activity agaist Caco-2 cell line of colloidal nano silver synthesized using aqueous extract of Eucalyptus Camaldulensis leaves.6, 8. ISSN
- [20] BELLAKHDAR J. 1997. La pharmacopée marocaine traditionnelle. 1^{er} ed. Paris : le fanec. ISBN.
- [21] [https://uses.plantnet-project.org/fr/Eucalyptus_camaldulensis_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/fr/Eucalyptus_camaldulensis_(PROTA)) [consulter le 03/06/2021]
- [22] https://www.passeportsante.net/fr/Solutions/PlantesSupplements/Fiche.aspx?doc=eucalyptus_ps [consulter le 01/06/2021]
- [23] BOULLMANE M, KHIA A, ABBASI H. 2014. Eucalyptus camaldulensis et fertilité des sols dans la plaine de Sidi Yahya-Gharb (Nord ouest du Maroc).Nature & Technology, pp 1. ISSN.
- [24] Pharmacopée européenne.2008.6^{ème} édition.

- [25] BRUNETON J. Pharmacognosie-Phytochimie, plantes médicinales (5^e Edition). Lavoisier; 2016.
- [26] BELILIA B.M. 2011 Optimisation des procédés d'extraction de l'huile essentielle du thym et activité antimicrobienne. Université M'hamed Bougara de Boumerdès.
- [27] MPIANA KIBWELA N. 2021. Optimisation du rendement d'extraction des huiles essentielles d'Eucalyptus globulus et caractérisation physico-chimique. Mémoire de fin d'étude ingénieur civil en chimie industrielle. Université de Lubumbashi faculté polytechnique.
- [28] LOUPPE D. OTENG-AMOAKO A.A , BRINK. M. 2008. Ressources végétales de l'Afrique tropicale 7(1). Bois d'œuvre. Fondation PROTA, Wageningen, Pays-Bas . pp 785.
- [29] ABDELLAH F, SATRANI B, FECHTAL M , CHAOUCH A, TALBI. M. 2001. Composition chimique et activités antibactérienne et antifongique des huiles essentielles extraites des feuilles d'Eucalyptus camaldulensis et de son hybride naturel (clone 583), Acta Botanica Gallica, 148:3, pp 183-190.
- [30] LAGUERRE V. 2015. Huile essentielle et 1,8-cinéole. Thèse de pharmacie. Université de Lorraine.
- [31] ERAU P. 2019. L'eucalyptus : botanique, composition chimique, utilisation thérapeutique et conseil à l'officine, thèse faculté de pharmacie de Marseille.
- [32] HARTMANN T. 2007. From waste products to ecochemicals, fifty years research of plant secondary metabolism. Phytochemistry. p68, 2831–2846.
- [33] KRIEF S. 2003. Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. Thèse de doctorat Sciences du Vivant [q-bio]. Muséum national d'histoire naturelle - MNHN PARIS.
- [34] Bruneton. 1993. Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes Médicinales. 2^eème édition. Lavoisier Technique & Documentation. Paris, pp 278-279.
- [35] HARBONE J.B. 1993. Introduction to Ecological Biochemistry, 4th Ed. Academic Press: London

- [36] DIXON R.A, PAIVA N. L. 1995. Stress induced phenylpropanoid metabolism. *Plant cell*.7, pp 2801-2802.
- [37] FORMICA J.V, REGELSON W. 1995 .Reviewof the Biology of quercétin and related Bioflavonoids.*Fd Chem.Toxic*.(33): 1061-1080.
- [38] DUVAL.L. 2012.Les huiles essentielles à l'officine .Thèse de doctorat en pharmacie. Université française de médecine et de pharmacie de Rouen.
- [39]FRANCHOMME P, PENOË D.1990.L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Roger Jallois éditeur. Limoges. pp 445.
- [40]BAUDOUX D. 2012. « L'aromathérapie – se soigner par les huiles essentielles », Editions Amyris, ISBN : 9782930353616.
- [41] PIERRON CH. 2014. Les huiles essentielles et leurs expérimentations dans les services hospitaliers de France :exemples d'applications en gériatrie-gérontologie et soins palliatifs, thèse de doctorat université de lorraine faculté de pharmacie.
- [42] CHEMAT F, FERNANDEZ X. 2012.La chimie des huiles essentielles,tradition et innovation .VUIBERT. pp 274.
- [43] KOZIOL.N. 2015. Huiles essentielles d'eucalyptus globulus,d'eucalyptus radiata et de corymbia citriodora :qualité, efficacité et toxicité. Thèse de doctorat université laurraine.Faculté de pharmacie.
- [44]<https://solivr.fr/bien-etre/aromatherapie-ecalyptus.html> [consulter le 02/06/2021]
- [45] JUERGENS UR, DETHLEFSEN U.2003. Anti-inflammatory activity of a 1.8-cineol (eucalyptol) in bronchial asthma: a double-blind placebo-controlled trial. *Respir. Med.* 97, pp 250- 256.
- [46] TESCHE S, METTERNICH F. 2008. The value of herbal medicines in the treatment of acute non-purulent rhinosinusitis. Results of a double-blind, randomised, controlled trial. *Arch. Otorhinolaryngo.* 1265 (11), pp 1355-1359.
- [47] KEHRL W, SONNEMANN U, DETHLEFSEN U. 2004.Therapy for acute non purulent rhino sinusitis with cineole: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Laryngoscope.* 114 (4), pp738-742.

- [48] PAUL I. 2007. La rousse des plantes médicinaux.
- [49] BOUKHALFA H, ROUABAH I. 2020. L'utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre les insectes des denrées stockées (recherche bibliographique) , mémoire de master en agronomie, univ : Mohamed El Bachir El Ibrahim B.B.A
- [50] BEKON K, FLEURAT LESSARD F. 1989. Evolution des pertes en matière sèche des grains dues à un ravageur secondaire - *Tribolium castaneum* (Herbst), (Coléoptère ; Tenebrionidae), lors de la conservation des céréales, céréales en région chaudes, AUPELF-UREF, Ed. John Libbey Eurotext, Paris, pp. 97-104
- [51] DANHO M, HAUBRUGE E. 2003. Comportement de ponte et stratégie reproductive de *Sitophilus zeamais* [Coleoptera : Curculionidae]. *Phytoprotection*.84 (2), pp 59-67
- [52] BALACHOWSKY A. S. 1963. Entomologie appliquée à l'agriculture, Tome 1. Volume 2 : Coléoptères. Ed. Masson et Cie, Paris, pp 1073 – 1097.
- [53] REES D. 2007. Insects of stored grain : a pocket reference, 2nd ed, CSIRO Publishing Australia, pp 77.
- [54] CRUZ J.D, HOUNHOUGAN J, FLEURAT-LESSARD F. 2016. En collaboration de FRANCIS TROUDE. La conservation des grains après récolte Quæ CTAP ressés agronomiques. pp165-168.
- [55] FLEURAT, LESSARD. 2015. Résidu de pesticides dans les céréales alimentaires : origine, devenir et gestion raisonnée pp 42- 51.
- [56] LEPESME P. 1944 - Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Ed. P. Le chevalier, Paris, pp. 61 - 67.
- [57] BALACHOWSKY A. S, MENSIL L. 1936. Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, leurs moeurs, et leur destruction. Ed. Etablissement. BUSSON., Paris, Tome II, pp 1722-1724.
- [58] BENAZZEDDINE S. 2010. Activité insecticide de cinq huiles essentielles vis-à-vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera ; Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera ; Tenebrionidae). Ecole nationale supérieure agronomique El- Harrach d'Alger - Ingénieur d'état en science agronomique.

- [59] STEFFAN J.R. 1978. Description et Biologie des insectes in SCOTTI G. 1978 - Les insectes et les acariens des céréales stockées. Ed. AFNOR et I.T.F.C., Paris, pp 1-62
- [60] SEMSSAR. 2013. Effet insecticide de l'huile végétale d'argan (*Argania spinosa*) à l'égard de deux insectes ravageurs du blé. Université : Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- [61] FLEURAT-LESSARD. 1987. Evolution des méthodes de détections et de protection des grains par des procédés physique. Annales de L'A.N.P.P., 6, pp 449-458.
- [62] IDJERI L. 2018. Toxicité de huile essentielle de romarin (*Rosmarinus officinalis*) sur les adultes de *Tribolium confusum*. Diplôme de master académique en biologie. Université : Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- [63] AHMED M. S. 1992. Composition, nutrition and favor of peanuts. H. G. batte anal C. T. young eds peanuts science and technologie T. X. pp 655 – 688.
- [64] DIOP Y.M., MARCHIONI E., BA. D. ET HASSELMANN C. 1997. Radiation disinfestation of cowpea seeds contaminated by *Callosobruchus maculatus*. Journal of food processing and preservation. 21 (1), pp 69 – 81.
- [65] DONGRET K, RANANAVAR H. D, DESSAS R. P. 1997. Influence of gamma radiation on oviposition and egg viability of *Callosobruchus maculatus* (F.) and grain loss in mung bean storage. J. Nuclear. Agro. Biol. 26 (3) pp 161 – 165.
- [66] FEKIH, N. 2015. Propriétés chimiques et biologiques des huiles essentielles de trois espèces du genre pinus poussant en algérie. [These] : Chimie Organique Appliquée: Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen.
- [67] PENCHEV P. 2010. Purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions. [These] : Génie des Procédés et de l'Environnement : Université Toulouse.
- [68] HALLIWELL B, GUTTERIDGE JMC. 1999. Free Radicals in Biology and Medicine. 3rd Ed. Oxford University Press. pp 45.
- [69] CARANGE J. 2010. Rôle antioxydant et anti-apoptotique des brassinostéroïdes, une nouvelle stratégie de neuroprotection. Thèse de doctorat. Université du Québec Trois-Rivières.

- [70] AVELLO M. 2006. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. Atenea (Concepción), (494), pp 161-172.
- [71] SERGENT O, GRIFFON B, CILLARD P, CILLARD J. 2000. Alcool et stress oxydatif. *Pathol. Biol.* 49, pp 689-695.
- [72] SARMADI B.H. 2010. Ismail, A. Antioxidative peptides from food proteins: A review. *Peptides* , 31, pp 1949–1956.
- [73] BOUSBIA N. 2011. Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. Université d'Avignon France.
- [74] MOHAMMEDI Z. 2004- 2005. Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la Région de Tlemcen. Thèse de Diplôme de Magistère de Biologie, opt. Produits naturels, Activités biologiques et Synthèse. Fac. Sc. Univ. Abou Bakr Belkaïd. Tlemcen (Rép. Algérienne Démocratique et Populaire) pp 155.
- [75] MARCUSSON J. 1929. Manuel de laboratoire pour l'industrie des huiles et graisses. ed JOUVE Ad. Librairie polytechnique BERANGER. CH. Paris.
- [76] OUIS N. 2015. Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriander, de fenouil et de persil. Thèse de doctorat en science spécialité chimie organique. Université d'Oran 1. Faculté des sciences exactes et appliquées département de chimie.
- [77] PHILIP P. 2006. Gerbino. The Science and Practice of Pharmacy. American journal of pharmaceutical education , pp 70-71.
- [78] AZZI R. 2012. Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'ouest algérien : enquête ethno pharmacologique, analyse pharmaco-toxicologique de figuier (*Ficus carica*) et de coloquinte (*Citrullus colocynthis*) chez le rat Wistar. Thèse de doctorat, pp 75.
- [79] BENTABET LASGAA N. 2015. Étude phytochimique et évaluation des activités biologiques de deux plantes *Fredolia aretioides* et *Echium vulgare* de l'ouest algérien. Thèse de doctorat, pp 20-21.
- [80] YAM M.F, ANG L.F, AMEER O.Z, SALMAN I.M, AZIZ H.A, ASMAWI M.Z. 2009. Anti-inflammatory and analgesic effects of *Elephantopus tomentosus* ethanolic extract. *Journal of acupuncture and meridian studies.* pp 280-287.

- [81] MAISUTHISAKUL P, PASUK S, RITTHIRUANGDEJ P. 2008. Relationship between antioxidant properties and chemical composition of some Thai plants. *Journal of Food Composition and Analysis* ,21, pp 229-240.
- [82] BOUGATEF A, HAJJI M, BALTI R, LASSAUEDI, TRIKI-AUOUR Y, NASIR M. 2009. Antioxydant and free radical scavenging activities of smooth hound (*Mustelus mustelus*) Muscle protein hydrolysate obtained by gastrointestinal protease. *Food chemistry* 114.pp 1198-1205.
- [83] BRAND-WILLIAMS W, CUVELIER M.E, BERSET C, WISS L. 1995. Technol. use of Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity .28, pp 25-30.
- [84] BOUFERKAS F, TOUABET A, FOUJIL Y. 1996. Extraction et analyse des essences de trois espèces d'Eucalyptus Algérien et l'étude de comportement chromatographique de deux pomymères synthétiques. Theses d'ingénieur d'application chimie industrielle, université des sciences et de la technologie Houari Boumedienne. Alger, Algérie, pp 38.
- [85] MEHANI M. 2015. Activité antimicrobienne des huiles essentielles d'Eucalyptus camaldulensis dans la région de Ouargla .Thèse de doctorat. Université Kasdi merbah. Faculté des sciences de la nature. Ouargla.
- [86] KANKO C, SAWALIHO B, KONE S, KOUKOUA G, N'GUESSAN Y. 2004. « Étude des propriétés physico-chimiques des huiles essentielles de *Lippia multiflora*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Cymbopogon giganteus* ». *Comptes rendus Chimie* 7, pp 1039–1042.
- [87] KOKA K, SANDA K, RAYNAUD C, MANDIN D, MILLET J, CHAUMONT JP. 2003. Activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Cymbopogon citratus* L, *C. nardus* L et *C. schoenanthus*. *Journal de Mycologie Médicale*, Vol 13, N° 4 - décembre, pp 175-180.
- [88] SINGH A.K, NAGUI A.A, BBHATTACHARYA A.K. 1989. Chemical constituent of essential oils in different Eucalyptus grown in Kumaon hills (Ramikhet) INDIA. *Herba Hung* 28, 3.pp 55-58.
- [89] SRIPAD G, PRAKASH V, NARASINGA RAO M.S. 1982. Extractability of polyphenols of sunflower seed in various solvents. *J. Biosci.* Vol. 4, pp. 145-152
- [90] MOHAMMEDI M. S. 2011. Les Hawz-s de Tlemcen: Anthropologie d'une identité

locale (Doctoral dissertation, Université Mohamed Ben Ahmed d'Oran 2).

[91] PACHAURI L , ALLEN R.K, BARROS M.R, , BROOME V R, Cramer J, Christ W, DUBASH R. 2014. Climate change synthesis report. Contribution of working groups I, II, and III to the fifth assessment report of the intergovernmental Panel on Climate Change.

[92] RIRA M. 2006. Effet des polyphénols et des tanins sur l'activité métabolique.

[93] BEDDOU .2015 .Etude phytochimique et activité biologique de deux plantes médicinales, *Rumex vesicarius* L , *Anvillea radiata* Cass, dur.

[94] KOSTYUKOVSKY M, RAFAELI A, GILEADI C, DEMCHENKO N, SHAYYA E.2002. Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: possible mode of action against insect pests. *Pest Management Science*.58 (11), pp 1101-1106.

[95] PRATES H.T, SANTOS J.P, WAQUIL J.M, FABRIS J.D, OLIVEIRA A.B, FOSTER J.E. 1998. Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium confusum* (Herbst). *J Stored Prod Res*.34 (4), pp 243-9.

[96] OBENG-OFORI D, REICHMUTH C.H, BEKELE J, HASSANALI A.1997. Biological activity of 1,8-cineole, a major component of essential oil of *Ocimum kenyense* (Ayobeingira) against stored product beetles. *J. Appl. Entomol*, 121, pp 237-243.

[97] SUNG-EUN L, BYOUNG-HO L, WON-SIK C, BYEOUNG-SOO P, JEONG-GYU K, BRUCE C.C. 2001. Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.), *Pest. Mang. Sci*, pp 57,548-553.

[98] AMRANI T. 2018. Etude de l'effet bio-insecticide de l'huile essentielle de clous de Girofle (*Eugenia aromatica*) vis-à-vis d'un ravageur des denrées stockées (coléoptère ; ténébrionidé) *Tribolium confusum*. , mémoire de master en agronomie, univ : Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

[99] TAPONDJOUA AL , ADLERB C, FONTEMC D A, BOUDAA H, REICHMUTHB C.2004. Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val.

- [100] Yi W, REN Z. A, LU W, YANG J, SHEN X. L, LI Z. C, ZHAO Z. X. 2008. Superconductivity at 55 K in iron-based F-doped layered quaternary compound Sm [O_{1-x}F_x] FeAs. arXiv preprint arXiv:0804.pp 2053.
- [101] NABAVI, KESSELS H.W, NGUYEN L. N, MALINOW R. 2010. The prion protein as a receptor for amyloid- β . *Nature*, 466 (7308), E3.
- [102] GOUDJIL M. 2016. Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de trois plantes aromatiques. Thèse de doctorat en génies des procédés et environnement. Université Kasdi- Merbah Ouargla.
- [103] BELBACHIR K. 2019. Etude phytochimique et l'activité antioxydante de la plante *Eucalyptus camaldulensis*, mémoire de master en biologie. Université Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent.
- [104] SEERAM N. P. 2008. Berry fruits: compositional elements, biochemical activities, and the impact of their intake on human health, performance, and disease.

Annexes

Tableau: Résultats de test de Newman et Keuls de l'interaction dose*temps sur la mortalité des adultes de *S. granarius*

F1 F2	Libelles	Moyennes	Groupe homogènes	
3.0 5.0	T3 D4	100	A	
3.0 4.0	T3 D3	96.667	A	
3.0 3.0	T3 D2	96.667	A	
3.0 2.0	T3 D1	96.667	A	
2.0 5.0	T2 D4	40		B
2.0 4.0	T2 D3	33.333		B
1.0 5.0	T1 D4	33.333		B
2.0 3.0	T2 D2	16.667		B
1.0 4.0	T1 D3	10		B
1.0 3.0	T1 D2	6.667		B
2.0 2.0	T2 D1	3.333		B
1.0 2.0	T1 D1	3.333		B
1.0 1.0	T1 D0	0		B
2.0 1.0	T2 D0	0		B
3.0 1.0	T3 D0	0		B

Tableau : Résultats de test de Newman et Keuls sur l'effet de l'interaction temps et dose de l'huile essentielle sur les adultes de *T. confusum*

F1*F2	Libelles	Moyennes	Groupe homogènes	
3.0 5.0	T3 D4	3.3333	A	
2.0 5.0	T2 D4	10		B
2.0 3.0	T2 D2	6.667		B
3.0 2.0	T2 D3	6.667		B
2.0 4.0	T3 D4	6.667		B
2.0 2.0	T2 D1	3.333		B
1.0 2.0	T1 D0	0		B
1.0 3.0	T1 D1	0		B
1.0 2.0	T2 D0	0		B

2.0 1.0	T2 D4	0		B
1.0 5.0	T2 D1	0		B
1.0 4.0	T1 D3	0		B
3.0 3.0	T1 D2	0		B
3.0 2.0	T3 D1	0		B
3.0 1.0	T3 D0	0		B

Tableau : pourcentage d'inhibition d'HE d'*Eucalyptus camaldulensis* par la méthode de DPPH

Extrait	C (mg/ml)	ABS	I %
HE	200	0.738	39.65
	40	0.848	30.66
	8	0.946	22.64
	1.6	0.990	19.05
	0.32	1.021	16.51

Tableau : pourcentage d'inhibition d'acide ascorbique

Extrait	C (mg/ml)	ABS	I %
Acide ascorbique	31.25	0.135	88.96
	15.62	0.140	88.55
	7.81	0.140	88.55
	3.90	0.141	88.47
	1.95	0.146	88.06
	0.97	0.147	87.98
	0.48	0.147	87.98

Résumé

L'objectif de notre travail est de faire l'extraction d'huile essentielle des feuilles d'*E. camaldulensis* par la méthode d'Hydrodistillation et la caractérisation de l'espèce extraite par les contrôles physicochimiques. Une étude phytochimique suivie d'une étude biologique ont été réalisées et qui consistent à évaluer la toxicité d'huile essentielle par contact sur les adultes de *S. granarius* et par inhalation sur les adultes *T. confusum*. L'étude de l'activité antioxydante a été aussi effectuée.

Les résultats ont montré que le rendement en huile essentielle obtenu était faible (0.28%). De plus, les analyses physicochimiques d'huile essentielle sont conformes à la norme AFNOR.

Les résultats d'étude phytochimique de la plante étaient en accord avec ceux donnés par la littérature, le screening phytochimique a montré une variété des composants et qui indique la richesse des métabolites dans la plante. Les résultats ont aussi indiqué que l'huile essentielle testée exerce une toxicité par contact importante sur les adultes de *S. granarius* par contre, la toxicité d'huile essentielle par inhalation sur les adultes de *T. confusum* était très faible. Les résultats sont ainsi indiqués que la plante étudiée possède une activité antioxydante importante.

Mots-clés: Hydrodistillation, *Eucalyptus camaldulensis*, huile essentielle, *Sitophilus granarius*, *Tribolium confusum*, toxicité.

Abstract

The aim of our work is to extract essential oil from *E. camaldulensis* leaves by the hydrodistillation method and the characterization of the species extracted by physicochemical control. Phytochemical study followed by a biological study which is carried out in order to evaluate essential oil toxicity by contact on adults of *S. granarius* and by inhalation on adults of *T. confusum*. The antioxydant activity study is also done.

The results showed that a low yield of essential oil 0.28 %. In addition, the physico-chemical analyzes of essential oil are complies to AFNOR standard. The results of the phytochemical study of the plant were in agreement with those given by the literature, the phytochemical screening showed a variety of the components which indicates the richness of the metabolites in the plant. The results also indicated that the essential oil tested exerts a significant toxicity by contact on the adults of *S. granarius*, on the other hand the essential oil toxicity by inhalation on the adults of *T. confusum* is very low. The results are thus indicated that the studied plant possesses significant antioxydant activity.

Key words: Hydrodistillation, *Eucalyptus camaldulensis*, essential Oil, *Sitophilus granarius*, *Tribolium confusum*, toxicity.