

République Algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 mai 1945 Guelma
Faculté des sciences de la nature et de la vie et science de la terre et de
l'univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité / option : Phytopharmacie et protection de végétaux

Département : Écologie et génie de l'environnement

Etude du potentiel de rendement en huiles essentielles de deux espèces végétales du Nord-Est Algérien (*Eucalyptus camaldulensis* et *Citrus sinensis*).

Présenté par :

Bouderbala Amira

Sandli Rihab

Grana Nahla

Président	: Mme Ouchtati N.	(MCB)	Université 8 Mai 1945 Guelma
Examineur	: Mme Chahat N.	(MCB)	Université 8 Mai 1945 Guelma
Encadreur	: Mme Alloui N.	(MCB)	Université 8 Mai 1945 Guelma

Septembre 2020

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A moi

*A mon héro **papa** et ma première école **maman**.*

De me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

*A mes frères, **Tarek** et **Islam** et ma chère sœur **Anfel**.*

*A mon cher oncle **Boughazi. M***

Pour son soutien moral et ses conseils.

*A mes très chères **amies** et **proches***

Amira

Je dédie ce modeste travail :

A ma très chère maman

Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, je te remercie pour tout le soutien et l'amour que tu me portes depuis mon enfance et j'espère que ta bénédiction m'accompagne toujours.

A mes très chères sœurs Wided et Manel

A mes très chers frères Khaled ; Souhaib (Que Dieu ait pitié de lui).

Spécial remerciements et dédicace pour mes chères : Nouar Mouna et Khettaf Ibtiassam

A mes très chers grand parents surtout ma grand-mère.

A mes très chères copines.

A mes chères collègues de ce travail Amira et Nahla.

A tous les membres de ma famille, petits et grands.

A tous mes amis et ma promotion de PPV« 2020 »

Loubna, Chaima, Asma, Saliha, Faiza....

A tous ceux qui sont dans mes pensées et que je n'ai pas cités.

Rihab

Je dédie ce modeste travail aux deux être le plus chers au monde **mes chers parents**, je mets entre vos mains, le fruit de longues années d'études, de longs mois de distance de votre amour de votre tendresse. Que Dieu les protège pour nous.

A mon mari **Saadane Walid**, qui m'a toujours poussé, aidé et motivé dans mes études .j'exprime toute ma gratitude

A le plus beau cadeau que le bon « Allah » m'a offert, Mon cher fils **Med Yazen**, qu'Allah le garde pour nous.

A mon cher frère **Walid**

A mes adorables sœurs **Amel & Selma**

Mes dédicaces vont aussi A **mon beau père et ma belle mère**, qui m'a toujours encouragé

A mon beau-frère **Abdnour**

A mes belles-sœurs **Halla & Ghada**

A mes neveu **Hamza, Amjed, Mohamed et Anes**

A mes chères nièces **Mayar & Jouri**

A toute ma famille et à toutes les personnes qui ont cru en moi, et qui m'encouragent.

Nahla

Remerciements

Nous remercions le bon Dieu tout puissant de nous avoir éclairé le chemin tout au long de notre cursus et de nous avoir fait grâce de terminer ce travail.

*Nos vifs remerciements vont à l'encontre de notre encadreur **Dr. Allioui. N.** pour sa confiance, ses encouragements, et pour avoir accepté de diriger ce travail avec compétence, pour son aide, sa patience ainsi que pour sa bonté et ses conseils.*

*Notre gratitude et nos sincères remerciements vont à **Mme Ouchtati N.** d'avoir bien voulu présider ce jury.*

*Nous tenons à remercier **Mme Chahat N.** pour avoir accepté de participer à ce jury et examiner ce modeste travail.*

*Nos vifs remerciements s'adressent aussi à **Dr. Ksouri S.** et **Dr. Ksouri-Djebir S.** pour leur aide dans l'installation du dispositif de distillation, et à **Dr. Zitouni A.** pour son aide dans le traitement statistique des résultats.*

Nos remerciements s'adressent également à tout le personnel de la direction des forêts de Guelma et de Boucheggouf pour leur accueil chaleureux, pour leur collaboration et leur aide précieuse dans la collecte des échantillons d'Eucalyptus.

*Nos sincères remerciements vont à tous les enseignants du département d'écologie et génie de l'environnement de l'Université de Guelma, aux responsables et aux techniciennes des laboratoires de la faculté SNV et STU, et une reconnaissance particulière pour **Madame Louiza**, responsable du laboratoire 08.*

Nous tenons à remercier tous ceux qui, de loin ou de près nous ont aidé dans la réalisation de ce travail, et plus particulièrement nos collègues Asma Athmani et Sana Hadjar.

*Enfin, nous exprimons tout le bonheur à toute la promotion sortante (2019/2020) du département, plus spécialement les étudiants de la 2^{ème} année Master **Phytopharmacie et protection des végétaux.***

Sommaire

Titre	Page
Remerciements	
Liste des tableaux	I
Liste des figures	II
Introduction	1
Chapitre 01 : Revue bibliographique sur les plantes médicinales et aromatiques et leurs intérêts	3
1.1. Présentation des plantes aromatiques et médicinales (PAM)	3
1.1.1. Définition	3
1.1.2. Intérêts et utilisation des PAM	3
1.1.3. Substances actives des PAM	3
1.2. Les PAM en Algérie	4
1.3. Etude botanique de quelques espèces des PAM de l'Algérie	4
1.3.1. Famille des Rutacées	4
1.3.2. Famille des Lamiacées	8
1.3.3. Famille des Myrtacée	12
1.4. Les huiles essentielles, caractéristiques et propriétés	14
1.4.1. Définition	14
1.4.2. Localisation et appareils sécrétoires des huiles essentielles dans la plante	14
1.4.3. Composition chimiques des huiles essentielles	15
1.4.4. Rôle des huiles essentielles dans la plante	16
1.4.5. Propriétés des huiles essentielles	16
1.4.6. Procédés d'extraction des HE	18
1.4.7. Méthodes de détermination de la composition des huiles essentielles	20
1.4.8. Conservation de l'huile essentielle obtenue	20
1.4.9. Critères de qualités des huiles essentielles	21
1.4.10. Toxicité des Huiles essentielles	21
1.4.11. Domaines d'utilisation des Huiles essentielles	22
Chapitre 02: Matériel et méthodes	23
2.1. Objectif de l'étude	23

2.2. Matériel végétal utilisé	23
2.3. Localisation des sites de collecte des espèces végétales utilisées	25
2.4. Situation géographique et caractéristiques pédoclimatiques de la région de Guelma, origine des espèces végétales utilisées	25
2.5. Traitement des échantillons	26
2.6. Extraction des huiles essentielles	27
2.6.1. Matériel utilisé.....	27
2.6.2. Extraction	27
2.7. Détermination du rendement en huiles essentielles.....	29
2.8. Traitement statistique des résultats.....	29
Chapitre 03: Résultats et discussion	30
3.1. Caractéristiques des huiles essentielles obtenues	30
3.2. Potentiel de rendement en huiles essentielles des plantes utilisées	33
3.2.1. Rendement en huile essentielle d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	33
3.2.2. Rendement en huile essentielle des Oranges douces (<i>Citrus sinensis</i>)	36
Conclusion.....	42
Résumés.....
Références bibliographiques	

Liste des tableaux

N°	Titres	Pages
01	Classification botanique des oranges	05
02	Quelques variétés de l'oranger	06
03	Classification botanique du Citronnier	07
04	Classification botanique de <i>Thymus vulgaris</i>	09
05	Classification botanique de <i>Lavandula stoechas</i>	11
06	Classification d' <i>Eucalyptus globulus</i>	12
07	Classification d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	13
08	Origine des espèces végétales utilisées	25
09	Parties utilisées des espèces végétales étudiées	27
10	Caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle d' <i>E. camaldulensis</i>	30
11	Rendement moyen en huile essentielle pour les différentes parties aériennes d' <i>E. camaldulensis</i> (%)	34
12	Analyse de la variance du rendement en huile essentielle pour les différentes parties aériennes d' <i>E. camaldulensis</i> (%)	34
13	Rendement moyen en huile essentielle de la peau d'orange douce <i>Citrus sinensis</i> selon la durée de séchage (%)	37
14	Analyse de la variance pour le rendement en huile essentielle en fonction du temps de séchage pour <i>Citrus sinensis</i>	37
15	Analyse de la variance pour le rendement en huile de <i>Citrus sinensis</i> comparée au rendement des feuilles d' <i>E. camaldulensis</i>	40
16	Analyse de la variance pour le rendement en huile de <i>Citrus sinensis</i> comparée au rendement des fruits et graines d' <i>E. camaldulensis</i>	41

Liste des figures

N°	Titres	Pages
01	Principaux problèmes de développement du secteur des PAM en Algérie	04
02	Morphologie de <i>Thymus vulgaris</i>	10
03	Morphologie de la plante de <i>Lavandula stoechas</i>	11
04	Morphologie des feuilles et des fleurs du gommier bleu (<i>Eucalyptus globulus</i>)	13
05	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	14
06	Morphologie des feuilles et des fruits d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	23
07	Fruits et graines d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	23
08	<i>Citrus sinensis</i> . A : Fruit, B : Schéma montrant les différentes parties du fruit de l'orange	24
09	Situation géographique de la wilaya de Guelma	25
10	Peau du fruit d'orange douce séchée à l'air libre pendant 8 jours	26
11	Photographie du montage de type Clevenger utilisé pour l'extraction des huiles essentielles	28
12	Caractéristiques de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> (Feuilles)	31
13	Aspect physique de l'huile essentielle de la peau du fruit d'oranges douces <i>Citrus sinensis</i>	32
14	Rendement moyen en huile essentielle pour les différentes parties aériennes d' <i>E. camaldulensis</i>	34
15	Rendement en huile essentielle de la peau d'orange douce <i>Citrus sinensis</i> selon la durée de séchage	37
16	Résultats comparés du rendement en huiles essentielles des deux plantes étudiées	40

Introduction

Introduction

En Algérie, comme dans le monde entier, plusieurs contraintes s'opposent à la bonne productivité des cultures, et sont impliquées directement ou indirectement dans la limitation des rendements. Parmi ces contraintes, figurent les aléas climatiques (manque et irrégularité des précipitations, températures élevées, ...), les facteurs édaphiques (types de sol, salinité, ...) et les attaques par les ravageurs et les parasites.

Les maladies parasitaires, notamment les maladies cryptogamiques constituent une véritable menace pour les cultures, dans la région méditerranéenne, caractérisée par un climat humide ou subhumide. Plusieurs études ont montré que les pertes engendrées aux cultures par les champignons, sont considérables et des milliards de dollars sont dépensés chaque année, dans beaucoup de pays à savoir l'Algérie, dans l'importation de produits agricoles, pour subvenir aux besoins nutritionnels de la population en cultures vivrières (notamment les céréales).

Pour lutter contre les ravageurs et les parasites des cultures et améliorer la productivité des cultures, plusieurs méthodes peuvent être utilisées, mais la lutte chimique par utilisation de pesticides (insecticides, fongicides, herbicides, ...) demeure la méthode la plus utilisée, et des centaines de molécules sont homologués à travers le monde entier.

Certains de ces produits chimiques ont montré une efficacité importante contre les ravageurs et les parasites et améliorent de façon réelle et satisfaisante le rendement des cultures traitées. Cependant, les effets non intentionnels enregistrés pour de nombreuses molécules chimiques, utilisées aussi bien pour le traitement des maladies humaines et animales, que pour le traitement des maladies des plantes, ne sont plus à démontrer, et beaucoup de travaux de recherche ont confirmé qu'un grand nombre de molécules sont impliquées directement (par prise de molécules) ou indirectement (par contamination de denrées alimentaires d'origine animale ou végétale) dans l'apparition des cancers, des allergies, des insuffisances cardiaques, des déficiences immunitaires, En plus, les phénomènes de résistance des parasites à ces molécules, constituent actuellement un problème crucial, qui touche chaque année un grand nombre de molécules ayant montré une efficacité élevée contre certains parasites auxquels sont associés beaucoup de problèmes sanitaires et économiques, ce qui limite la marge d'efficacité de ces molécules et la rentabilité de la lutte chimique.

De nos jours, la tendance de l'utilisation des produits naturels issus des plantes est en pleine croissance (**Mnayer, 2014**). Les huiles essentielles des plantes sont très recherchées car elles sont généralement dotées de propriétés biologiques intéressantes (**Merghache et Tabti**

2009). Les huiles essentielles de beaucoup d'espèces de plantes ont été caractérisées (Abadlia et Chebbour, 2014) et sont aujourd'hui de plus en plus utilisés dans différents domaines (Mnayer, 2014).

Avec une superficie de 2 381 741 km², l'Algérie est le plus grand pays riverain de la Méditerranée. Il est reconnu par sa diversité variétale en plantes médicinales et aromatiques (Sahi, 2016). Beaucoup d'espèces médicinales et aromatiques de l'Algérie ont été étudiées et les principes actifs de leurs extraits (huiles essentielles, extrait de plante, ...) ont été identifiés, mais malgré que ces espèces sont largement utilisées en médecine (traditionnelle et moderne), et en pharmacie, peu d'informations sont connus sur l'activité biologique des extraits de plantes à l'égard des parasites phytopathogènes.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la recherche de molécules naturelles d'espèces botaniques locales, pouvant contribuer à la lutte contre les parasites des cultures, en vue de limiter l'utilisation des pesticides. Les huiles essentielles d'*Eucalyptus* (*E. globulus* et *E. camaldulensis*), de lavande, d'origan, de Thym, ont été testées dans des travaux précédents et elles ont montré des résultats très satisfaisants contre certains parasites, notamment les champignons phytophages, cependant, les rendements en huiles essentielles des espèces végétales étudiées varient largement d'une étude à l'autre, ceci laisse supposer que la recherche des facteurs (lieu adéquat, date de collecte adéquate, partie de la plante, ...) qui optimisent le rendement en huiles essentielles des plantes est un paramètre très important dans un axe de recherche qui vise une exploitation raisonnée et adéquate de nos ressources botaniques.

L'objectif visé par ce travail est de tester l'effet de certains facteurs (intrinsèques et extrinsèques) sur le potentiel de rendement en huiles essentielles de quelques espèces botaniques de la région de Guelma en vue de collecter le maximum d'information permettant une utilisation rentable en huiles essentielles des espèces locales.

Plusieurs espèces de plantes ont été collectées, mais malheureusement, en raison de la rupture des travaux, imposée par la pandémie du Covid 19, la majorité des espèces ont été éliminées et l'étude n'a porté que sur deux espèces : *Eucalyptus camaldulensis* et les oranges douces (*Citrus sinensis*), et un certains nombre de paramètres ont été testés pour l'une ou l'autre des deux espèces étudiées.

Chapitre 01
Revue bibliographique sur les
plantes médicinales et
aromatiques et leurs intérêts

Chapitre 01 : Revue bibliographique sur les plantes médicinales et aromatiques et leurs intérêts

1.1. Présentation des plantes aromatiques et médicinales (PAM)

1.1.1. Définition

Une plante est dite médicinale lorsqu'elle est inscrite à la pharmacopée et qu'elle présente des propriétés préventives ou curatives à l'égard des maladies humaines ou animales (**Nedjai et Nedjai, 2017**).

1.1.2. Intérêts et utilisation des PAM

Pendant des siècles, l'Homme s'est toujours soigné par les plantes de manière empirique, guidé par la tradition ou les coutumes. La plupart des grands médecins du passé ont été des phytothérapeutes (**Ou-Yahia, 2015**). Environ 35 000 espèces de plantes sont employées par le monde à des fins médicinales, ce qui constitue le plus large éventail de biodiversité utilisé par les êtres humains. Les plantes médicinales continuent de répondre à un besoin important malgré l'influence croissante du système sanitaire moderne (**Gouzi et Ghellab, 2019**).

Les plantes médicinales et aromatiques sont employées, soit sous leur forme naturelle comme aromate et en pharmacopée traditionnelle, soit pour en extraire les principes actifs recherchés par les industries pharmaceutiques, cosmétiques et alimentaires (**Chahboun et al., 2015**).

1.1.3. Substances actives des PAM

Les plantes aromatiques constituent une grande source d'antioxydants et d'antibactériens naturels. Différentes plantes aromatiques sont caractérisées par la biosynthèse de molécules odorantes (huiles essentielles : HE) connues depuis longtemps pour leur activité antiseptique et thérapeutique dans la médecine populaire (**El Kalamouni, 2010**).

Un principe actif est une molécule présentant un intérêt thérapeutique curatif ou préventif pour l'Homme ou l'animal. Le principe actif est contenu dans une drogue végétale ou une préparation à base de drogue végétale. Une drogue végétale en l'état ou sous forme de préparation est considérée comme un principe actif dans sa totalité, que ses composants ayant un effet thérapeutique soient connus ou non (**Chabrier, 2010**). Les principes actifs peuvent être situés dans différentes parties des plantes médicinales : feuilles, fleurs, racines, écorce, fruits, graines, rhizome... (**Bouziane, 2017**).

1.2. Les PAM en Algérie

En raison de la diversité de son climat et de la nature de ses sols, la richesse de la flore algérienne est incontestable, elle recèle un grand nombre d'espèces classées en fonction de leur degré de rareté : 289 espèces assez rares, 647 espèces rares, 640 espèces très rares, 35 espèces rarissimes et 168 espèces endémiques (Sahi, 2016).

Les plantes aromatiques et médicinales en Algérie sont fortement fragilisées par la dégradation progressive de leurs habitats naturels, leurs superficies diminuent et les rendements sont en réelles décroissances (Ould mohamed et Si Bachir, 2017), la figure 01 résume les principaux problèmes de développement du secteur des PAM en Algérie.

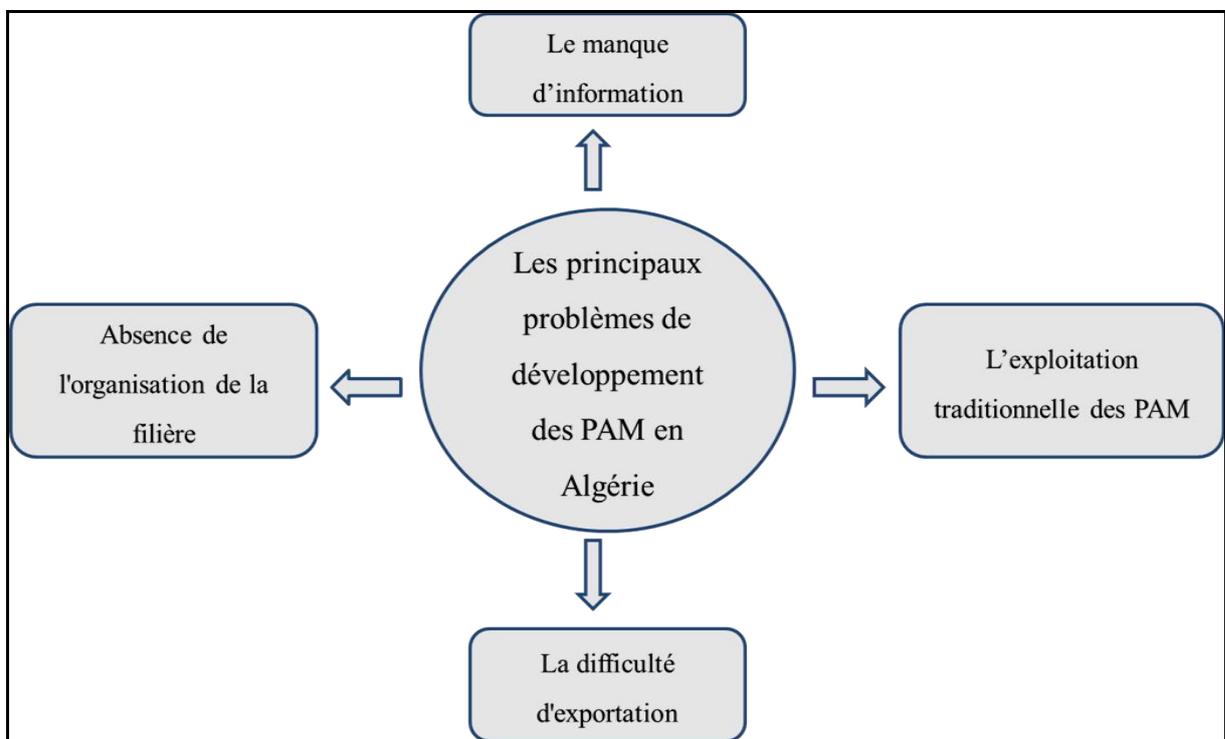


Figure 01 : Principaux problèmes de développement du secteur des PAM en Algérie

(Ouled mohamed et Si Bachir, 2017)

1.3. Etude botanique de quelques espèces des PAM de l'Algérie

1.3.1. Famille des Rutacées

Cette famille comprend plus de 700 espèces, en grande partie arborescentes, appartenant aux pays chauds. C'est une famille qui n'offre qu'un petit nombre de caractères constants (Selka, 2007). Selon Loussert (1989), la famille des Rutacées, à laquelle appartiennent les agrumes, comprend entre autre les trois genres suivants : *Poncirus*, *Fortunella* et *Citrus*. Le genre *Citrus* constitue avec ses 145 espèces dénombrées le genre le plus important. Les agrumes sont de petits

arbres ou arbustes de taille moyenne, cultivés dans l'ensemble des régions tempérées chaudes, tropicales et subtropicales (Selka, 2007).

L'agrumiculture des pays du bassin Méditerranéen est diversifiée, au niveau des variétés cultivées (Oranges, Mandarines, Thomson, Clémentines, Pomelos, Citrons, Limes, Pamplemousses.....), et reflète d'une certaine manière la richesse et la variabilité de ces arbres, du fait de l'extension de cette culture (Araba et Bouchmel, 2016). Les agrumes représentent l'une des récoltes de fruits les plus importantes dans le monde (Lagha-Benamrouche et al., 2017).

➤ ***Citrus sinensis* (orange douce)**

C'est l'espèce du genre *Citrus* la plus importante, tant par le nombre de variétés qu'elle renferme, que par l'importance de ses productions (Loussert, 1989). Il existe un très grand nombre de variétés d'orangers, mais celles cultivées à grande échelle sont en nombre limité (Meghnem et Sadi, 2016).

• **Classification**

La position systématique de l'oranger, est indiquée dans le **tableau 01**.

Tableau 01: Classification botanique des oranges
(Perea, 2017).

Règne	Plantae
Sous règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Sapindales
Famille	Rutaceae
Sous famille	Aurantoideae
Tribu	Citreae
Sous tribu	Citrinae
Genre	Citrus
Espèce	<i>Citrus sinensis</i>

• **Les variétés**

Il existe plusieurs variétés des oranges (**Tab. 02**), classées suivant la forme et la coloration variables des fruits :

Tableau 02 : Quelques variétés de l'oranger

Variétés	Aspect et morphologie du fruit
Thomson	 [01]
Valencia late	 [02]
Moro	 [03]
Wachington	 [04]
Salustiana	 [05]
Maltaise	 [06]

Selon **Bouhali (2015)**, parmi les principaux groupes on peut citer :

***Les oranges blondes** : communes (multipliées traditionnellement et contenant des pépins) et fines (plus cultivées pour leur productibilité, absence de pépins). Les variétés de ce groupe sont : Salustiana, Hamlin, Cedenera, Shamouti et Valencia late.

***Les oranges sanguines** : ne se distinguent des blondes que par la présence de pigments anthocyaniques dans l'épiderme et la pulpe. Les variétés sont : Double fine améliorée, Moro et Tarocco.

***Les oranges sans acidité** : comme les limettes, limonettes, et les citrons doux. Les variétés sont : Réal, Lima.

• **Composition et usage**

L'orange contient en moyenne 12 % de glucides (40% de saccharose), de la vitamine C (80 mg /100 g), vitamines P, B1, B9, E, provitamine A. Riche en Calcium (40 mg /100 g), et riche en pectines (**Massaid, 2017**). L'orange peut être consommée telle quelle ou bien sous forme de jus ou pour faire des confitures, En phytothérapie, on utilise le fruit pour faciliter la digestion et diminuer les flatulences. En infusion, il est censé dissiper les maux de tête et faire baisser la fièvre. Son jus stimule les défenses du système immunitaire. En Occident, on prescrit ses huiles essentielles pour réguler le rythme cardiaque, calmer les palpitations, favoriser le sommeil (**Escartin, 2008**).

➤ **Citrus limonum (le citronnier)**

Le citronnier est originaire des Indes (**Bachès, 2011**).

• **Classification**

La classification botanique du citronnier, est indiquée dans le **tableau 03**.

Tableau 03 : Classification botanique du Citronnier.
(**Chaturvedi et al, 2016**).

Règne	Plantae
Sous règne	Tracheobionta
Super division	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Rosidae
Ordre	Sapindales
Famille	Rutaceae
Genre	<i>Citrus L.</i>

- **Variétés**

Loussert (1989) rapporte que le citronnier contient quelques variétés comme Eureka, Lisbon, Lunari, Villafranca, Meyer et Vernia ou Berna pomelo.

- **Propriétés**

Le citron est un fruit riche en vitamine C (52 mg/100g) et P et d'un large éventail de vitamines du groupe B avec des quantités considérables de flavonoïdes. Sa teneur en glucides et en protéines est faible, il est riche en substances minérales, notamment le potassium, le calcium (25mg/100g), en acides organiques, en sélénium, en fibres...Le citron est reconnu pour ses propriétés diététiques, en offrant 35 kcal/100g (**Bousbia, 2011**).

1.3.2. Famille des Lamiacées

Les Lamiacées constituent une large famille de plantes dicotylédones qui comprend environ 7200 espèces et près de 236 genres répartis en 7 ou 8 sous-familles. Ce sont le plus souvent des plantes herbacées, des arbustes et très rarement des arbres ou des lianes, largement répandus autour du monde mais particulièrement dans les régions tempérées et méditerranéennes (**Benabdelkader, 2012**). Parmi les nombreux genres de Lamiaceae on peut citer : *Ajuga*, *Origanum*, *Lamium*, *Lavandula*, *Mentha*, *Rosmarinus*, *Salvia*, *Satureja*, *Melissa*, *Ocimum*, *Teucrium*, *Stachys*, *Thymus*,.... Les genres *Thymus*, *Origanum*, *Lavandula*, *Mentha*, *Rosmarinus*, renferment des espèces à usage thérapeutique très fréquent et elles ont montré des activités antimicrobiennes à l'égard de nombreux organismes pathogènes aussi bien chez l'homme, l'animal ou les végétaux (**Benabdelkader, 2012**).

- **Le genre *Thymus***

Le genre *Thymus* regroupe un grand nombre d'espèces, sous-espèces et variétés de plantes sauvages. Plusieurs de ces espèces sont caractéristiques de l'aire méditerranéenne (**El Ajjouri et al., 2008**). Le genre *Thymus* inclut environ 300 espèces à travers le monde dont 11 sont localisées en Algérie et 9 d'entre elles sont endémiques. Ces espèces sont réparties du Nord algérois à l'Atlas saharien, et du constantinois à l'oranais (**Kabouche et al., 2005**). Parmi les espèces connues en Algérie, nous citons : *Thymus vulgaris*, *Thymus fontanesii* Boiss, *Thymus hirtus* (**Maouche et Baziz, 2018**).

- *Thymus vulgaris* (Thym commun)

Depuis l'antiquité le thym fait partie de la vie quotidienne des humains tant pour ses usages médicaux, cosmétiques ou culinaires (Maouche et Baziz, 2018). Le thym (*Thymus vulgaris* L.), est une plante aromatique et médicinale d'importance économique croissante pour l'Amérique du Nord, l'Europe et l'Afrique du Nord (Naghdi Badi et al., 2004).

- **Classification**

La classification botanique de *Thymus vulgaris* est représentée dans le **tableau 04** :

Tableau 04 : Classification botanique de *Thymus vulgaris* (Nouiri et Touahri, 2016)

Règne	Plantes
Sous règne	Plantes vasculaires
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Dialypétales
Ordre	Labiales
Famille	Labiacées
Genre	Thymus
Espèce	<i>Thymus vulgaris</i> L.

- **Morphologie**

Thymus vulgaris L. Est un sous-arbrisseau touffu, vivace et aromatique pouvant atteindre de 20 à 30 cm de hauteur (**Fig. 02**). Ses tiges sont dressées, ligneuses, rameuses et tortueuses, à la base et ses racines sont assez robustes. Ses branches sont minces, denses, ramifiées, blanchâtres et courtement velues. Portant des feuilles persistantes de couleur vert grisâtre, subsessiles, opposées, oblongues-lancéolées à linéaires et mesurant de 3 à 12 mm de long et de 0.5 à 3 mm de large. Les fleurs sont de petite taille (4 à 6 mm de long), de couleur blanche à rose, bilabiées, zygomorphes, regroupées par 2 ou 3 à l'aisselle des feuilles et rassemblées en glomérule ovoïdes. Le fruit est un tétrakène brun clair à brun foncé qui renferme à maturité 4 minuscules graines (1 mm). La période de floraison de l'espèce a lieu de mai à août (Abdelli, 2017).



Figure 02 : Morphologie de *Thymus vulgaris* [7]

○ **Propriétés et usage**

Hattou (2016) et Maouche et Baziz (2018) rapportent que le thym se caractérise par les propriétés suivantes :

- * Assaisonnement des boissons et des aliments ;
- * Désinfectant dermique, antiseptique et un spasmolytique bronchique dont il est indiqué pour traiter les infections des voies respiratoires supérieures ;
- * Les principaux constituants du thym montrent des propriétés vermicides et vermifuges.
- * Propriétés antifongiques, antivirales, anti inflammatoires, et antibactériennes
- * Propriétés antioxydantes.
- * Saveur aromatique très prononcée, légèrement amère et chaude

➤ **Le genre *Lavandula***

Le genre *Lavandula* L., est composé d'environ 39 espèces, de nombreux hybrides, et près de 400 cultivars enregistrés (Benabdelkader, 2012).

• ***Lavandula stoechas***

○ **Classification**

La systématique de *Lavandula stoechas* est mentionnée dans le **tableau 05**:

Tableau 05 : Classification botanique de *Lavandula stoechas*
(Abbou et Benabida, 2017).

Règne	plantes
Embranchement	Phanérogames ou Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Astérides
Ordre	Lamiales (Labiales)
Famille	Lamiaceae ou Labieae
Genre	<i>Lavandula</i>
Espèce	<i>Lavandula stoechas</i> L

○ **Morphologie**

La Lavande est un sous-arbrisseau de la famille des Labiées, Le genre se compose d'environ 28 espèces, qui sont dans la plupart d'origine méditerranéenne. Ce sous-arbrisseau (**Fig. 03**) est à tige et feuilles persistantes, il peut atteindre une longueur de 1 mètre, étroit vert pâle, s'étend du gris bleuâtre profond au vert à brun pâle, fleurs de couleur bleu – violet. D'autres variétés sont à fleurs blanches et roses. L'ensemble de la plante est très aromatique comprenant fleurs et feuilles (**Chahboun et al., 2015**).



Figure 03 : Morphologie de la plante de *Lavandula stoechas* [8]

○ **Propriétés de la lavande**

La lavande est employée comme expectorant, antispasmodique, désinfectant des plaies, contre les problèmes dermiques, possède des propriétés antimicrobiennes et anti-carcinogènes, sédatif, antidépresseur, antioxydant, anti-inflammatoire et insecticide (**Chahboun et al., 2015**).

1.3.3. Famille des Myrtacée

La famille des Myrtacée est composé d'environ 75 genres et de près de 3000 espèces principalement arbres et arbustes persistants tropicaux. Les principaux centres de distribution sont les tropiques américains et asiatiques et l'Australie (Weiss, 1997).

➤ Le genre *Eucalyptus* sp.

Le nom *Eucalyptus* se compose d' « *Eu* » qui signifie « vrai » et « *calyptus* » (*kalypto*) qui signifie « couvrir ». Le genre *Eucalyptus* comprend plus de 500 espèces d'arbres et arbustes aromatiques à l'écorce caduque. La plus commune, le gommier bleu (*E. globulus*), a un tronc gris-bleu; ses feuilles, d'abord bleu-vert, deviennent vertes et les étamines des fleurs sont blanches (Bremness, 2005).

○ Habitat et culture

Presque tous les eucalyptus sont indigènes en Australie où ils constituent environ 75% de la flore des arbres. En dehors de l'Australie, trois espèces sont présentes en Indonésie orientale, six en Papouasie-Nouvelle-Guinée et un aux Philippines (Weiss, 1997). L'*Eucalyptus* est cultivé dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées. Très exigeant en eau, il empêche la croissance des plantes indigènes voisines. Séchées, ses feuilles sont distillées pour produire de l'huile essentielle (Iserin *et al.*, 2001). Parmi les espèces communes d'eucalyptus on distingue:

• *Eucalyptus globulus*

○ Classification

La position systématique d'*Eucalyptus globulus* ou gommier bleu est indiquée dans le tableau 06.

Tableau 06 : Classification d'*Eucalyptus globulus* (Ghedira *et al.*, 2008).

Règne	Végétal
Embranchement	Spermatophytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Eudicotes
Sous –classe	Rosidés
Ordre	Myrtales
Famille	Myrtacées
Genre	<i>Eucalyptus</i>
Espèce	<i>Eucalyptus globulus</i>

○ **Morphologie de la plante**

Eucalyptus globulus est un arbre forestier de taille moyenne à 20-70 m, l'écorce inférieure est rugueuse, grisâtre ou brunâtre; l'écorce supérieure lisse, pâle, souvent bleuâtre, se décolorant en long (Weiss, 1997). Les eucalyptus portent des feuilles persistantes (Fig. 04), coriaces, glabres mais différentes en fonction de l'âge des rameaux : les jeunes rameaux possèdent des feuilles larges, courtes, opposées, sessiles et ovales. Les rameaux plus âgés possèdent des feuilles aromatiques, falciformes, longues de 12 à 30 Cm, étroites, pointues, épaisses, vert foncé, courtement pétiolées, alternes et pendantes verticalement (Ghedira et al., 2008).



Figure 04 : Morphologie des feuilles et des fleurs du gommier bleu (*Eucalyptus globulus*) [9]

• *Eucalyptus camaldulensis*

○ **Classification**

La systématique d'*Eucalyptus camaldulensis* est indiquée dans le **tableau 07**.

Tableau 07 : Classification d'*Eucalyptus camaldulensis* (Laadel, 2014)

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

○ **Morphologie de la plante**

Eucalyptus camaldulensis (Fig. 05) est l'espèce d'Eucalyptus Australienne la plus répandue, c'est l'un des Eucalyptus les plus morphologiquement variables de son aire de répartition son port varie de celui des eucalyptus à simple tige de 30 à 40 m de hauteur. Le diamètre de la tige peut atteindre 1-2 m, l'écorce est lisse, blanche, grise, jaune-vert, gris-vert ou gris rosé, les feuilles adultes sont longues de 8 à 30 Cm, larges de 0,7 à 4,2 cm, vertes ou gris-vert, les fleurs sont blanches; pédoncules élancés, longs de 6 à 15 mm (Arnold et Luo, 2018).



Figure 05 : *Eucalyptus camaldulensis* [10]

○ **Utilisation d'Eucalyptus**

Les Aborigènes employaient l'Eucalyptus contre les infections et les fièvres. Il est désormais utilisé dans le monde entier pour traiter ces affections (Iserin *et al.*, 2001). L'huile, distillat de feuilles et de rameaux, sert de remède, notamment en aromathérapie, et de parfum antiseptique, expectorant et antiviral. Elle était employée contre la tuberculose pulmonaire, les brûlures, le catarrhe et la grippe (Bremness, 2005).

1.4. Les huiles essentielles, caractéristiques et propriétés

1.4.1. Définition

Les huiles essentielles sont des mélanges de composés volatils, organiques provenant d'une seule source botanique, et contribuent à la saveur et au parfum d'une plante (Catier et Roux, 2007; Tisserand et Young, 2014).

1.4.2. Localisation et appareils sécrétoires des huiles essentielles dans la plante

Les huiles essentielles sont présentes dans différentes parties des plantes : dans les fleurs, dans l'écorce, les bois, les résines, les exsudats, les racines et les fruits (Toninoli et Meglioli, 2013).

Schmidt (2009) a mentionné que les cellules contenant des huiles essentielles peuvent être situées dans différentes parties de la plante. Deux types différents de cellules d'huile essentielle sont connus :

➤ **Les cellules superficielles**, par exemple, poils glandulaires situés à la surface de la plante, cas de nombreuses herbes comme l'origan, la menthe, la lavande.

➤ **Les cellules incrustées dans le tissu végétal**, se présentant sous forme de cellules isolées contenant les sécrétions (comme dans les feuilles d'agrumes et d'eucalyptus), ou comme couches de cellules entourant l'espace intercellulaire (canaux ou cavités sécrétoires).

1.4.3. Composition chimiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles contiennent généralement des dizaines de constituants avec structures chimiques apparentées mais distinctes. Chaque constituant a ses caractéristiques (**Tisserand et Young, 2014**). Selon **Moro-Buronzo (2008)** on peut trouver :

- **Les esters** qui ont des propriétés anti-inflammatoires et de régénération des cellules. Parmi les huiles essentielles riches en esters, on trouve celles de lavande et de camomille romaine ;
- **Les phénols** ont une action stimulante, ils sont antiseptiques et bactéricides, protégeant ainsi l'organisme des contaminations. Parmi les huiles essentielles riches en phénols, on trouve celles de thym, d'origan et de cannelle ;
- **Les aldéhydes** sont des anti-inflammatoires. Ils donnent un parfum d'agrumes à certaines huiles. Parmi les huiles essentielles riches en aldéhydes, citons celles d'orange, de clou de girofle, de mélisse, citronnelle et de cannelle ;
- **Les cétones** possèdent des propriétés cicatrisantes et aident à éliminer le mucus. Parmi les huiles essentielles riches en cétones, on trouve celles d'eucalyptus, romarin et de niaouli ;
- **Les alcools** comptent parmi les molécules les plus bénéfiques dans les huiles essentielles en raison de leurs propriétés antiseptiques, antivirales et analgésiques. Ils sont également immunostimulants. Parmi les huiles essentielles riches en alcools, on trouve celles de menthe, lavande et d'arbre à thé ;
- **Les terpènes** très répandus dans l'ensemble des huiles essentielles. Certains ont des propriétés antivirales même à très basse concentration. Parmi les huiles essentielles riches

en terpènes, on compte celles de pin, de menthe, de citron, de cyprès, de genièvre et de romarin.

- **Les acides** présents en petites quantités, mais ils ont une action puissante. Ils sont anti-inflammatoires et sédatifs. Parmi les huiles essentielles riches en acides, citons celles de géranium, de néroli et de genièvre.
- **Les sesquiterpènes** possèdent des propriétés antivirales. Parmi les huiles essentielles riches en sesquiterpènes, on compte notamment celles de clou de girofle, de genièvre et de camomille.

1.4.4. Rôle des huiles essentielles dans la plante

Les études réalisées par **Tavares** en **2012** ont montré que les terpènes contenus dans les huiles essentielles, jouent un rôle très important dans divers processus biologiques et chimiques : défense contre les facteurs biotiques et abiotiques ; médiateurs chimiques de communication de la plante avec son environnement ; marqueurs chémotaxonomiques pour l'identification.

Le rôle des huiles essentielles dans les plantes est principalement d'attirer les pollinisateurs ou de repousser ses ennemis. Elles servent aussi à réguler la température à l'intérieur de la plante lui permettant ainsi de mieux supporter la chaleur (**Lisan, 2014**).

1.4.5. Propriétés des huiles essentielles

• Propriétés physiques

Les huiles essentielles possèdent en commun un certain nombre de propriétés physiques :

- Elles sont généralement liquide à la température ordinaire et volatile et entraînaient à la vapeur d'eau (**Catier et Roux, 2007**).
- Elles sont plus ou moins colorées. Elles peuvent être incolores lors de leur obtention (ou légèrement colorées en jaune) pour la majorité d'entre elles, et foncent au cours de la conservation à l'air et à la lumière. Dans les cas extrêmes, l'huile essentielle vieillie et oxydée peut présenter des risques de toxicité. Notons cependant quelques couleurs caractéristiques : rouge pour l'huile essentielle de cannelle, bleue pour la camomille et verte pour l'absinthe ; Elles sont en général solubles dans les solvants organiques courants (alcool éthylique, hexane...). Leur solubilité dans l'eau est quasiment nulle (inférieure à 1 %) ; elle dépendra de la présence de terpènes possédant des fonctions organiques polarisées (par exemple, alcool, aldéhyde). Elles présentent une densité souvent inférieure à 1. En revanche, celles de la Cannelle de Ceylan et des clous de girofle, sont légèrement supérieures à 1 (**Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012**).

- Elles sont actives sur la lumière polarisée, et ont un indice de réfraction souvent élevé (**Franchomme et al., 2001**).

• **Propriétés biologiques**

Depuis des millénaires, les huiles essentielles sont employées pour guérir et prévenir les maladies. À mesure que les études, les expériences et les témoignages s'accumulaient, des principes communs se sont dessinés (**Moro-Buronzo, 2008**) :

- **Propriétés antimicrobiennes** : Plusieurs études ont montré que les huiles essentielles sont capables de s'attaquer aux microbes les plus puissants : elles peuvent les tuer et elles en arrêtent la prolifération (**Moro-Buronzo, 2008**).

* **Propriétés antifongiques** : **Císarová et al., (2016)** ont rapporté que l'huile de lavande a montré une activité antifongique contre *Aspergillus niger*. **Soylu et al., (2010)** ont confirmé l'activité antifongique de diverses huiles essentielles, contre le champignon phytopathogène *Botrytis cinerea*, l'agent causal de la pourriture grise de la tomate.

* **Propriétés antibactériennes** : **Karamanoli et al., (2000)** ont signalé que l'huile d'origan présentait une activité puissante contre *Pseudomonas syringae* et *Erwinia herbicola*. D'autres études notaient que l'huile de cannelle et de thym sont actives contre *Ralstonia solanacearum* (**Hosseinzadeh et al., 2013**).

* **Propriétés antivirales** : Des études réalisées in vitro ont montré que les virus sont très sensibles aux composants des huiles essentielles. Les maladies causées par les virus sont limitées par l'action des huiles essentielles (**Toninoli et Meglioli, 2013**). **Cortes-Rojas et al., (2014)** ont déduit par une étude faite sur l'huile de girofle que l'une des principales cibles est la synthèse de l'ADN viral par l'inhibition de la polymérase de l'ADN viral.

- **Propriétés insecticides** : Les plantes aromatiques sont parmi les insecticides les plus efficaces d'origine botanique et les huiles essentielles constituent souvent la fraction bioactive des extraits de plantes (**Shaaya et al., 1997**). **Mousa et al., (2013)** ont prouvé que les huiles essentielles, notamment, celles d'Ail et d'Eucalyptus ont une activité insecticide contre les pucerons et cicadelles.

- **Propriétés nématocides** : des travaux de recherche ont montré une activité nématocide notamment des huiles essentielles de *Cinnamomum verum* et ses composants, contre le nématode du bois de pin *Bursaphelenchus xylophilus* (**Park et al., 2005**).

- **Propriétés acaricides** : l'huile essentielle extraite à partir des feuilles de cannelle a montré une activité acaricide (**Fichi et al., 2007** ; **Veeraphant et al., 2011** ; **Shen et al., 2012**), cependant, le mécanisme de l'activité acaricide des huiles et extraits de cannelle n'est pas encore bien compris (**Haddi et al., 2017**).

1.4.6. Procédés d'extraction des HE

Le choix de la technique dépend principalement de la matière première : son état originel et ses caractéristiques, sa nature proprement dite. Le rendement «HE/matière première végétale» peut être extrêmement variable selon les plantes. Ce choix conditionne les caractéristiques de l'HE, en particulier : viscosité, couleur, solubilité, volatilité, enrichissement ou appauvrissement en certains constituants et utilisations et applications (**Desmares et al., 2008**). Plusieurs méthodes d'extraction ont été mise au point:

▪ Hydrodistillation

Le procédé consiste à immerger la matière première végétale dans un ballon lors d'une extraction au laboratoire ou dans un alambic industriel rempli d'eau placé sur une source de chaleur. Le tout est ensuite porté à l'ébullition. La chaleur permet l'éclatement des cellules végétales et la libération des molécules odorantes qui y sont contenues. Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau, un mélange azéotropique. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et les huiles essentielles se séparent de l'eau par différence de densité. Au laboratoire, le système équipé d'une cohobe généralement utilisé pour l'extraction des huiles essentielles est le Clevenger. Les eaux aromatiques ainsi prélevées sont ensuite recyclées dans l'hydrodistillateur afin de maintenir le rapport plante/eau à son niveau initial. La durée d'une hydrodistillation peut considérablement varier, pouvant atteindre plusieurs heures selon le matériel utilisé et la matière végétale à traiter. La durée de la distillation influe non seulement sur le rendement mais également sur la composition de l'extrait (**El Haib, 2011**).

➤ Distillation par entraînement à la vapeur

C'est le procédé le plus ancien et le mieux adapté pour extraire les essences des végétaux aromatique. L'appareil à distiller ou alambic sert à l'extraction quantitative et qualitative des huiles essentielles. Les plantes aromatiques sont mises dans un alambic (en inox ou en cuivre) remplie d'eau pure. Sous l'effet de la cuisson la vapeur générée par l'eau en ébullition imprègne et traverse la matière végétale dissoute et vaporise les molécules aromatiques. Cette vapeur d'eau chargée d'essence est entraînée vers le serpentin réfrigérant, la condensation s'effectue

progressivement. A la sortie du réfrigérant, le produit de distillation se partage en deux liquides distincts au sein d'un essencier appelé « vase florentin » :

* Le premier, de densité inférieure à l'eau flotte à la surface ; c'est l'Huile Essentielle (HE). Pure et naturelle elle ne contient aucun corps gras malgré sa dénomination. L'HE est recueillie dans des flacons de verre et stabilisée durant 1 mois à 1 an suivant les plantes aromatiques.

* Le deuxième, de densité supérieure, est l'hydrolat aromatique (HA) ; C'est donc de l'eau distillée chargée de molécules aromatiques hydrosolubles (moins de 5 %). L'HA est conservé car il contient des molécules aromatiques en faible quantité, à l'état hydro-dispersé. (**Zahalka, 2010**).

Larbi et Rabah (2014) rapportent que l'entraînement à la vapeur d'eau est préférable à l'hydrodistillation du fait que cette méthode permet une extraction totale des huiles essentielles en améliorant le rendement de 33 % par rapport à l'hydrodistillation.

➤ *Turbo hydrodistillation*

L'hydrodistillation peut être optimisée par l'installation d'un agitateur électrique dans le mélange d'eau et de la plante durant tout le processus d'extraction. Il est équipé de lames pour cisailer et déstructurer la matrice végétale. L'agitation sera donc favorisée, permettant la réduction du temps de distillation d'un facteur de β ou γ , ce qui engendre une réduction de la consommation de vapeur de chauffe et ainsi une réduction de la consommation énergétique. Par ailleurs, cette technique offre l'avantage d'extraction des huiles essentielles des plantes difficilement distillables, telles que, le bois, les racines, les bulbes d'ail et d'oignon (**Mnayer, 2014**).

➤ *Expression à froid*

Cette technique s'adresse essentiellement aux agrumes (citron, pamplemousse, bergamote, mandarine, oranger...). Elle consiste à presser mécaniquement les zestes de ces agrumes pour extraire des poches sécrétrices une substance appelée : essence (**Zahalka, 2010**). L'essence est libérée par un courant d'eau, puis décantée. La présence de l'eau peut entraîner des phénomènes d'hydrolyse, de contamination par des pesticides résiduels ou des micro-organismes. Une nouvelle technique physique basée sur l'ouverture des sacs oléifères par éclatement sous l'effet soit d'une dépression, soit par abrasion de l'écorce fraîche, éliminerait l'eau et diminuerait les effets d'oxydation des composés de ces essences (**Pierron, 2014**).

▪ *Autres techniques*

Extraction assistée par des micro-ondes* : **Fernandez et Chemat (2012), signalent que, la première technique des huiles essentielles sous chauffage micro-ondes a été proposée en 1989 par Craveiro et alii. Cette technique repose sur le principe de l'entraînement à la vapeur pour extraire des huiles essentielles. Elle consiste à injecter en continu de l'air comprimé dans le réacteur d'extraction où la matrice végétale est immergée dans de l'eau et chauffée sous micro-ondes. La vapeur d'eau saturée en molécules volatils est ensuite entraînée vers un vase de récupération plongée dans un système de réfrigération, situé à l'extérieur du four à micro-ondes. L'eau ainsi que les composés volatils constituant l'huile essentielle sont donc condensés et récupérés dans des proportions identiques à celle d'un procédé classique.

Extraction par le dioxyde de carbone* : L'extraction par le CO₂ est une technique qui permet d'obtenir à partir du matériel végétal des extraits volatils dépourvus de toute trace de solvant (Belmekki-Tebichek, 2009**).

1.4.7. Méthodes de détermination de la composition des huiles essentielles

L'analyse des HE, l'identification des constituants, la recherche d'éventuelle falsification peuvent se faire à l'aide de techniques telles que la chromatographie en phase gazeuse sur phases stationnaires polaires, apolaires ou chirales, couplée avec une détection par spectrométrie de masse (**Desmares et al., 2008**).

1.4.8. Conservation de l'huile essentielle obtenue

Du fait de la présence de fonctions chimiques réactives, les terpènes peuvent s'oxyder, lorsque l'huile essentielle est abandonnée assez longtemps, à la lumière, à l'air et à la température ambiante, ou mieux à une température élevée. Pour éviter la formation des produits d'oxydation, notamment les peroxydes, **Kaloustian et minaglou (2012)** recommandent la conservation des huiles essentielles sous les conditions suivantes :

- ✓ à l'abri de l'air, en présence d'un gaz inerte tel que l'azote ;
- ✓ à l'abri de la lumière, dans des flacons propres et secs, métalliques (aluminium ou acier inoxydable) ou en verre teinté ;
- ✓ à froid, de préférence à + 4 °C. Il faut éviter, d'une part, de mettre très peu d'huile essentielle dans le flacon et, d'autre part, d'utiliser des emballages et des bouchons en matière plastique qui peuvent être sensibles au contenu.

1.4.9. Critères de qualités des huiles essentielles

L'efficacité thérapeutique d'une HE demande une exigence de qualité irréprochable qui demande un maximum de rigueur. Plusieurs critères définissent la qualité d'une huile essentielle :

→ **La nature botanique de la plante** : Chaque espèce végétale a des caractéristiques spécifiques de ses huiles essentielles. Certaines espèces sont plus riches en molécules bioactives que d'autres.

→ **Le mode de culture** : Le mode de culture de la plante (culture biologique, culture ordinaire, ou plante sauvage) induit des variations dans la finesse de l'arôme, la puissance d'action, la pureté... (Zahalka, 2010).

→ **L'origine géographique** : Le nom du pays ou d'une région apporte des précisions intéressantes sur le biotope de la plante aromatique et caractérisera sa composition biochimique particulière. Ainsi l'origine tropicale, montagnaise, désertique ou intermédiaire influe sur l'élaboration des composants d'une HE (Zahalka, 2010).

→ **Le stade végétatif** : Pour bénéficier du potentiel maximal offert par les plantes aromatiques on effectuera la récolte pendant le stade végétatif où elle est la plus riche en essence. Ainsi la récolte aura lieu : avant la floraison, pour la sarriette où le taux de carvacrol est maximal ; après la floraison, pour la sauge sclarée, et après la rosée du matin pour la rose. Chaque HE a ainsi son stade végétatif (Zahalka, 2010).

→ **Le chimiotype (ou chémotype)** : Pour une même espèce botanique, il peut exister plusieurs races chimiques ou chimiotypes qui trouvent leur origine dans de légères différences des voies de biosynthèse, aboutissant à l'accumulation de métabolites secondaires différents. Ce phénomène a été bien étudié pour le thym, *Thymus vulgaris* L. pour lequel on distingue au moins 7 chimiotypes différents en fonction du constituant principal de l'huile essentielle: alpha-terpinéol, carvacrol, cinéole, géraniol, hydrate de sabinène, linalol, thymol... Il est donc indispensable, pour certaines HE, de bien préciser le chimiotype car il peut conditionner l'activité et/ou la toxicité (Desmares *et al.*, 2008).

1.4.10. Toxicité des huiles essentielles

Les plantes aromatiques et leurs 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

propriétés et non pour subir les effets secondaires ou toxiques liés à un mauvais usage (**Pierron, 2014**). 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 HE qui reste assez complexe, aux groupes fonctionnels des composés majoritaires et à leurs effets synergiques. (**Fernandez et Chemat, 2012**).

1.4.11. Domaines d'utilisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles constituent une matière première destinée à divers secteurs d'activités. En effet, la demande industrielle de ces composés est bien réelle, et ce grâce à la multiplicité de leurs usages dans de nombreux secteurs industriels (**Bessah et Benyoussef, 2015**) :

* **En agriculture** : **Nedjai et Nedjai (2017)** rapportent que les pesticides naturels basés, notamment, sur les huiles essentielles représentent une alternative intéressante pour la protection des cultures contre les insectes mais également contre les adventices et les champignons.

* **Dans l'industrie agro-alimentaire** : Les huiles essentielles sont utilisées dans l'industrie alimentaire pour rehausser le goût des aliments, et la conservation grâce aux effets antimicrobiens et antioxydants de certains de leurs constituants. Ces agents naturels viennent réduire ou remplacer les agents de conservation chimiques ou synthétiques qui présentent des effets néfastes sur la santé (**Bessah et Benyoussef, 2015**).

Les huiles essentielles sont très utilisées dans les arômes alimentaires, que ce soit dans le secteur des arômes sucrés ou salés. Dans le domaine des arômes salés, une place de choix revient évidemment aux huiles essentielles d'épices et d'aromate. Celles-ci sont également utilisées dans une moindre mesure dans le domaine des arômes sucrés, dans lequel les huiles essentielles d'agrumes sont largement représentées (**Fernandez et Chemat, 2012**).

***Dans l'industrie chimique** : L'huile essentielle est un mélange très complexe. Il est possible d'isoler des molécules d'intérêt, soit pour un usage ultérieur en tant que produit naturel présent sous une seule forme énantiomorphe, soit pour la réalisation d'hémisynthèses avec l'obtention finale de nouvelles molécules, économiquement plus rentables que la synthèse chimique classique qui présente des rendements faibles au bout de nombreuses étapes réactionnelles (**Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012**).

Chapitre 02

Matériel et méthodes

Chapitre 02: Matériel et méthodes

2.1. Objectif de l'étude

Le présent travail a pour objectif d'étudier le potentiel de rendement en huiles essentielles de deux espèces végétales collectées de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie).

2.2. Matériel végétal utilisé

Le travail a porté sur des parties aériennes de deux espèces de plantes aromatiques et médicinales :

- **L'eucalyptus** : *Eucalyptus camaldulensis*, pour lequel nous avons utilisé les feuilles, les fruits et les graines (**Figs. 06 et 07**).



Figure 06 : Morphologie des feuilles et des fruits d'*Eucalyptus camaldulensis* [11]



Figure 07 : Fruits et graines d'*Eucalyptus camaldulensis* [12]

- **L'orange douce** : *Citrus sinensis*(**Fig. 08**)pour laquelle nous avons utilisé la peau du fruit composé de l'épicarpe et du mésocarpe.

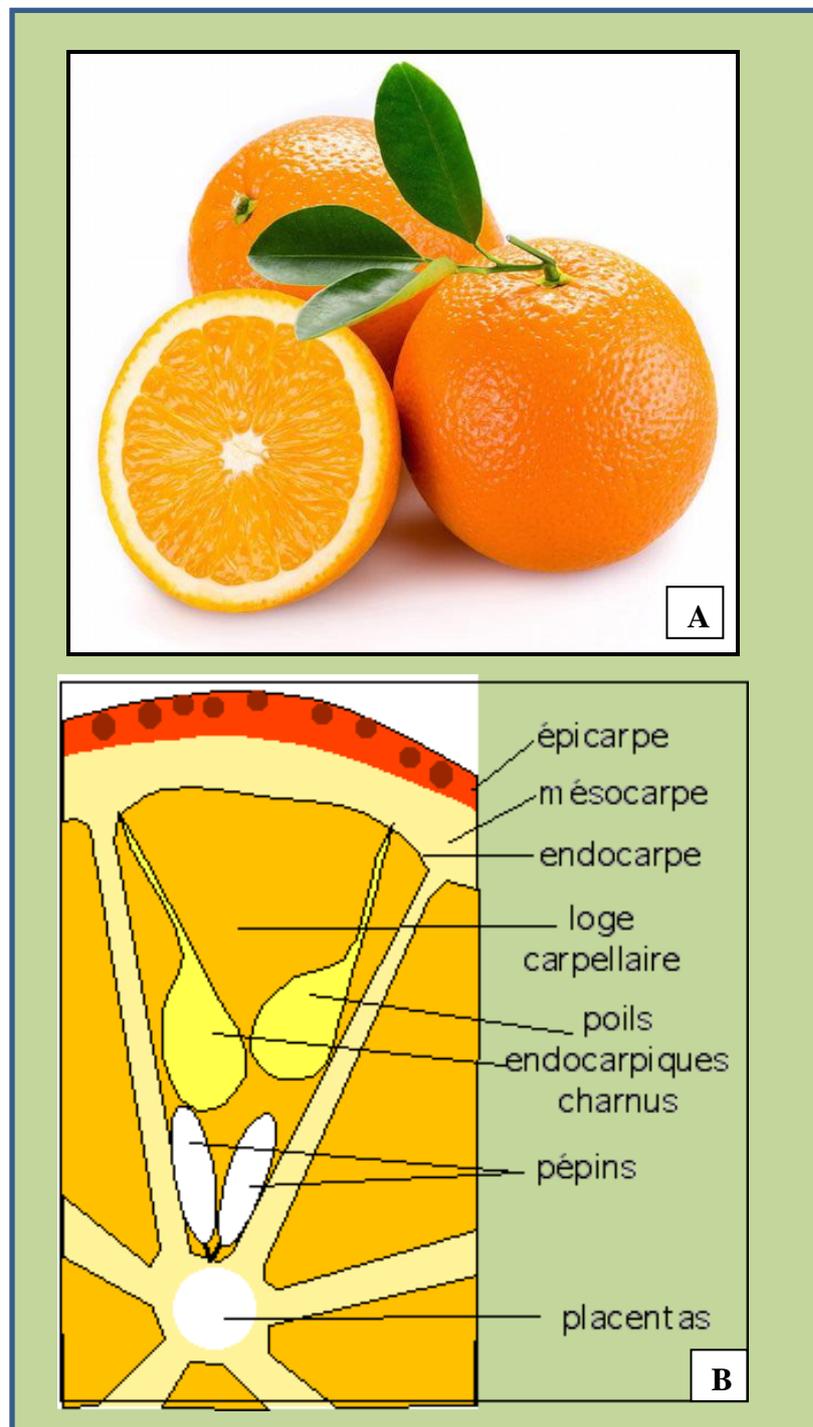


Figure 08 : *Citrus sinensis*. **A** : Fruit [13], **B** : Schéma montrant les différentes parties du fruit de l'orange [14]

Ces plantes ont été choisies suite à leur large utilisation en médecine traditionnelle et leur large répartition dans les régions de l'Est Algérien.

2.3. Localisation des sites de collecte des espèces végétales utilisées

Le **tableau 08** indique les périodes et les lieux de récolte des espèces végétales utilisées dans cette étude.

Tableau 08 : Origine des espèces végétales utilisées

Espèce végétale	Lieu de collecte	Période de collecte
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Forêt de Mahouna (Guelma)	Novembre 2019
<i>Citrus sinensis</i>	Acheté du marché local de Guelma	Février 2020

2.4. Situation géographique et caractéristiques pédoclimatiques de la région de Guelma, origine des espèces végétales utilisées

La wilaya de Guelma se situe au Nord-Est du pays (**Fig. 09**) et constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba – Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum-El-Bouaghi et Tébessa), outre la proximité du territoire Tunisien à l'Est.

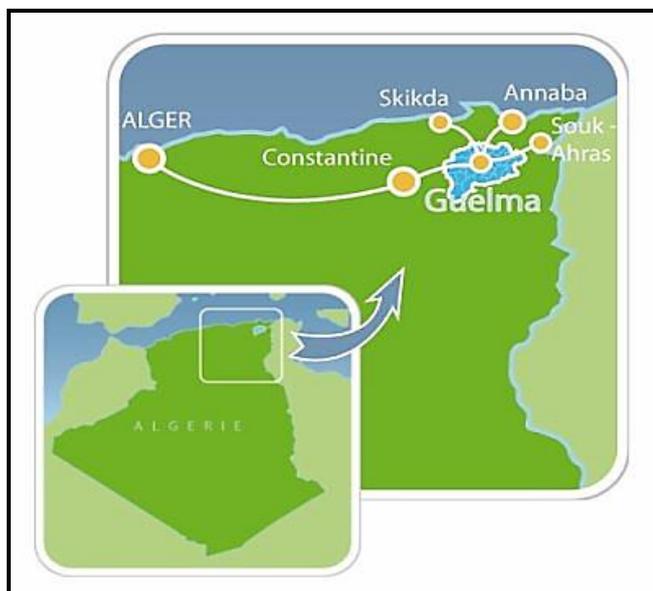


Figure 09 : Situation géographique de la wilaya de Guelma [15]

La wilaya de Guelma se situe au sein d'une grande région agricole dans le Nord-Est de l'Algérie, à une altitude de 36°27'43" Nord et une longitude de 7°25'33" Est. Le Climat est subhumide ; la pluviométrie est d'environ 450 à 600 mm/an.

La géographie de la Wilaya se caractérise par un relief diversifié dont on retient essentiellement une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau.

La forêt de Mahouna, origine d'*Eucalyptus camaldulensis* se situe à une altitude de 1411m.

2.5. Traitement des échantillons

Les échantillons collectés ont été nettoyés, séchés à l'air libre au laboratoire pendant quelques jours et conservés dans des sacs propres jusqu'au moment d'utilisation.

Pour les oranges douces (**Fig. 10**), différents travaux ont été réalisés sur cette espèce, avec des périodes de séchage variées de la peau du fruit, et les résultats obtenus ont montrés des rendements en huiles essentielles qui varient largement d'une étude à l'autre, ceci nous a incité à vérifier l'impact de la durée du séchage sur le rendement en huiles essentielles de cette espèce connue par une volatilisation remarquable de ses essences lors du traitement des fruits. Deux durées de séchage de l'écorce ont été prises en considération (08 jours et 21 jours). Les parties utilisées de chaque espèce végétale sont indiquées dans le **tableau 09**.



Figure 10 : Peau du fruit d'orange douce séchée à l'air libre pendant 8 jours
(Photo personnelle)

Tableau 09 : Parties utilisées des espèces végétales étudiées

Espèce végétale	Partie utilisée	Durée de séchage
<i>Eucalyptus</i>	Feuilles	20 jours
<i>camaldulensis</i>	Fruits et graines	20 jours
<i>Citrus sinensis</i>	Peau du fruit	08 jours
	Peau du fruit	21 jours

2.6. Extraction des huiles essentielles

2.6.1. Matériel utilisé

- Matière sèche des différentes espèces végétales étudiées.
- Balance de précision
- Eau distillée
- Montage d'hydro distillateur de type *Clevenger*
- Flacons en verre fumé lavés et séchés

2.6.2. Extraction

L'extraction des huiles essentielles a été effectuée par hydro-distillation dans un appareil de type *Clevenger* (**Fig.11**) au niveau des laboratoires de la faculté des sciences de la nature et de vie et des sciences de la terre et de l'univers de l'université 8 Mai 1945 de Guelma. Le principe de l'hydro-distillation consiste à submerger une quantité de matière végétale (100 à 200g) dans un ballon de deux litres d'eau distillée. Le tout est porté à ébullition pendant 3 heures. L'huile obtenue est récupérée dans des flacons en verre fumé (sombres), préalablement pesés et tarés.

Le rendement en huiles essentielles (volume en mL) est déterminé par rapport à 100 g de la matière végétale (**Laghchimi et al., 2014**). Les flacons sont ensuite bien scellés et conservés à une température de -4 °C jusqu'à utilisation.

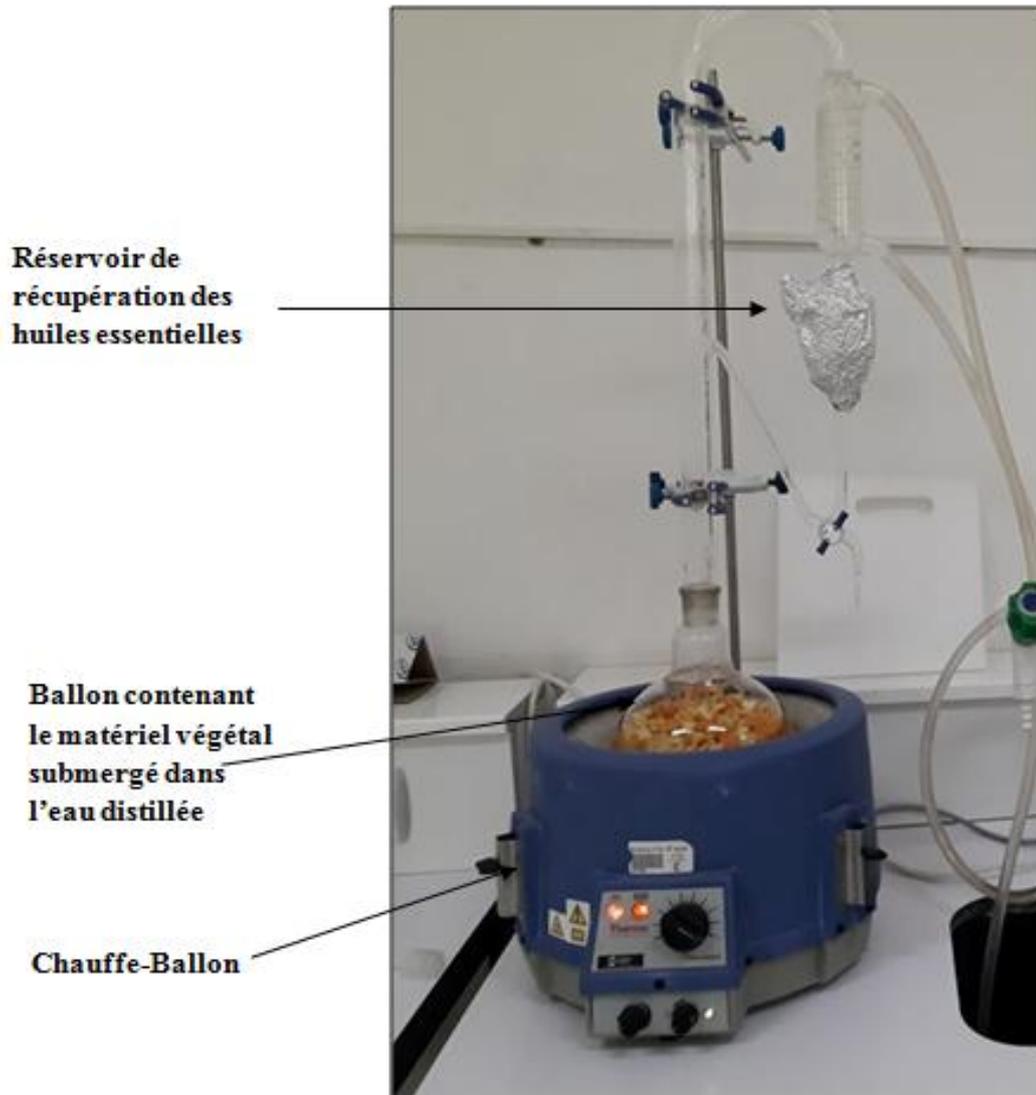


Figure 11 : Photographie du montage de type *Clevenger* utilisé pour l'extraction des huiles essentielles (**Photo personnelle**)

2.7. Détermination du rendement en huiles essentielles

Le rendement en huiles essentielles par rapport à 100 g de matière sèche du végétal utilisé, exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$Rdh (\%) = (Ph / Pv) \times 100$$

Où :

Rdh : Rendement d'huile en pourcentage (%)

Pv : Poids de la matière végétale sèche, en grammes

Ph : Poids de l'huile récupérée, en grammes

2.8. Traitement statistique des résultats

Pour les différentes espèces végétales traitées, 3 distillations ont été effectuées, la moyenne et l'écart-type ont été calculés à l'aide de l'EXCEL STAT (version 2010). Une analyse de la variance a été conduite pour les différents résultats obtenus à l'aide du logiciel MINITAB, en vue de vérifier l'importance des variations enregistrées entre les différents traitements.

Chapitre 03

Résultats et discussions

Chapitre 03: Résultats et discussion

3.1. Caractéristiques des huiles essentielles obtenues

Les huiles essentielles extraites des différentes parties des espèces végétales étudiées (feuilles et graines d'*Eucalyptus camaldulensis* et peau du fruit d'oranges douces *Citrus sinensis*) obtenues par hydrodistillation sont des huiles liquides avec des variations dans leurs rendements, leurs couleurs et surtout leurs odeurs.

La couleur de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* est jaune claire (**Fig. 12**) avec une odeur forte, aussi bien pour l'huile extraite des feuilles que celle extraite des fruits et graines.

Les mêmes caractéristiques ont été signalées par **Mehani (2015)**, qui a utilisé des feuilles d'*E. camaldulensis*, collectées de la région de Ourgla (Sahara Algérien), et **Hadjadi et Chemlel (2017)**, qui ont utilisé des feuilles et des sommités fleuries de cette même espèce collectées de Djebel Beni Salah (Guelma).

Ces résultats sont en accord avec ceux répertoriés dans les normes AFNOR (**Tab. 10**), cités par **Mehani (2015)**.

Tableau 10 : Caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle d'*E. camaldulensis*

Caractéristiques organoleptiques	Aspect	Couleur	Odeur
Résultat de cette étude	Liquide, limpide	Jaune claire	Fraîche Eucalyptolée
Résultats de l'étude de Mehani (2015)	Liquide, limpide	Jaune claire	Fraîche Eucalyptolée
Normes de l'AFNOR (cités in Mehani, 2015)	Liquide, mobile, limpide	Presque incolore à jaune pâle	Caractéristique fraîche, plus ou moins Eucalyptoléeselon l'origine

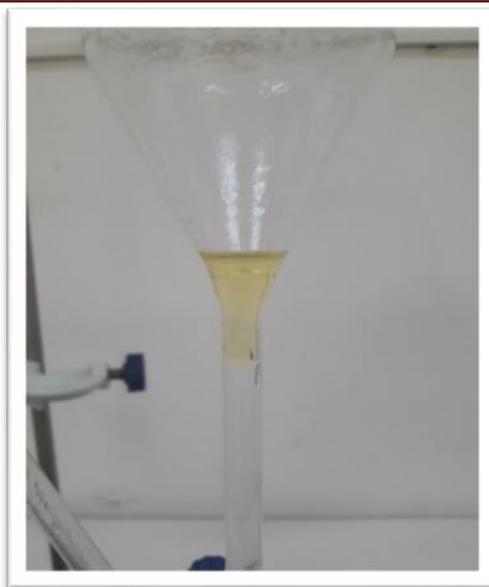


Figure 12 : Caractéristiques de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* (Feuilles)
(Photo personnelle)

Les huiles essentielles obtenues à partir de la peau du fruit d'oranges douces (**Fig. 13**) sont également des huiles liquides, avec une couleur jaune pâle (presque incolore), et une odeur fraîche, et ce pour les deux périodes de séchage testées.

Des caractéristiques similaires ont été trouvées par **Messaour (2018)** pour des échantillons d'oranges douces collectés de Bouira (Sud –Est d'Alger) durant la période de Janvier-Mars 2018, et par **Ferhat *et al.* (2006)** pour des échantillons collectés de la région de Boufarik à Blida.

Tisserand et Young (2014) Signalent que, les huiles essentielles peuvent être obtenues à partir de différentes parties des plantes : fleurs (rose), feuilles (menthe), fruits (citron), graines (fenouil), herbes (citronnelle), rhizomes (gingembre), bois (cèdre), écorces (cannelle), bulbes (ail),... Ces huiles sont habituellement liquides, mais on trouve parfois la forme solide, comme est le cas de l'orris, ou semi-solides, comme le bois de gaïac, à la température ambiante.



Figure 13 : Aspect physique de l'huile essentielle de la peau du fruit d'oranges douces
Citrus sinensis (Photo personnelle)

Selon **Sirousmehr *et al.* (2014)** et **Tisserand et Young (2014)**, les plantes sont capables de synthétiser des huiles fixes qui sont constituées généralement d'ester de glycérol et d'acides gras mais aussi elles synthétisent des huiles essentielles volatiles. Ces dernières sont constituées d'un mélange complexe de composés organiques volatils et semi-volatils qui déterminent l'arôme spécifique des plantes.

Tisserand et Young (2014) signalent que la majorité des huiles essentielles sont incolores ou jaune pâle, bien que quelques-unes soient profondément colorées, comme la camomille bleue, et la valériane européenne, qui est verte.

Selon **Li *et al.* (2014)**, l'odeur typique des huiles essentielles dépend des organes, des espèces et des origines des plantes. Leur densité relative est généralement inférieure à celle de l'eau, mais il existe plusieurs exceptions. Elles sont généralement reconnues comme hydrophobes, mais elles sont en grande partie solubles dans les alcools et la plupart des solvants organiques. De plus, ils sont sensibles à l'oxydation.

3.2. Potentiel de rendement en huiles essentielles des plantes utilisées

3.2.1. Rendement en huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis*

Les résultats relatifs au rendement moyen en huile essentielle des parties aériennes d'*E. camaldulensis*, représentés dans le **tableau 11** et la **figure 14**, montrent que le rendement le plus élevé a été obtenu pour les fruits et les graines de la plante, pour lesquels nous avons enregistré une valeur de $0,873 \pm 0,025$ %, alors que pour les feuilles les rendements étaient plus ou moins faibles par rapport au fruits et graines ($0,783 \pm 0.028$ %).

L'analyse statistique des résultats a affiché des différences significatives entre le rendement des feuilles et celui des fruits et graines pour l'*Eucalyptus* (**Tab. 12**). Le test de Dunnett a affiché des différences hautement significatives entre les rendements des deux parties de la plante.

En comparant nos résultats avec ceux rapportés dans la littérature, nous remarquons que le rendement moyen en huile essentielle des feuilles d'*E. camaldulensis* trouvé dans notre étude est légèrement faible par rapport à celui rapporté par **Farah et al. (2002)** qui ont obtenu un rendement de 0.84 % pour des échantillons collectés entre le mois de Mars et le mois de Mai en 1997 dans la région de la Mamora occidentale du Gharb au Maroc, et par **Baid (2018)** pour des échantillons de la même espèce collectés de la même région au Maroc (0.85 %). Cependant, le rendement obtenu pour les fruits et les graines d'*E. camaldulensis* dépassent ceux enregistrés dans les deux travaux précédents ($0,873 \pm 0,025$ %).

D'autre part, nos résultats de rendement moyen en huile essentielle sont relativement élevés comparativement à ceux rapportés par **Salemkour et Rahaoui (2019)** qui ont enregistré un rendement de 0,6 % pour des échantillons de feuilles de la même espèce séchés à l'ombre pendant 10 jours, récoltés de la région de Sidi Safi située d'Ain Témouchent (Ouest de l'Algérie) en mois de Février et traités par hydrodistillation.

Hadjadji et Chemlel (2017) en utilisant cette même espèce (Feuilles et sommités fleuries) sur des échantillons collectés de Djebel Béni Salah (Guelma) entre Mai et Juillet 2015, ont obtenu des rendements en huile essentielle de $2.6 \pm 0,2$ %.

Tableau 11 : Rendement moyen en huile essentielle pour les différentes parties aériennes d'*E. camaldulensis* (%)

<i>E. camaldulensis</i>	Feuilles	Fruits et graines
Moyenne	0,783	0,873
Ecart-type	0,028	0,025

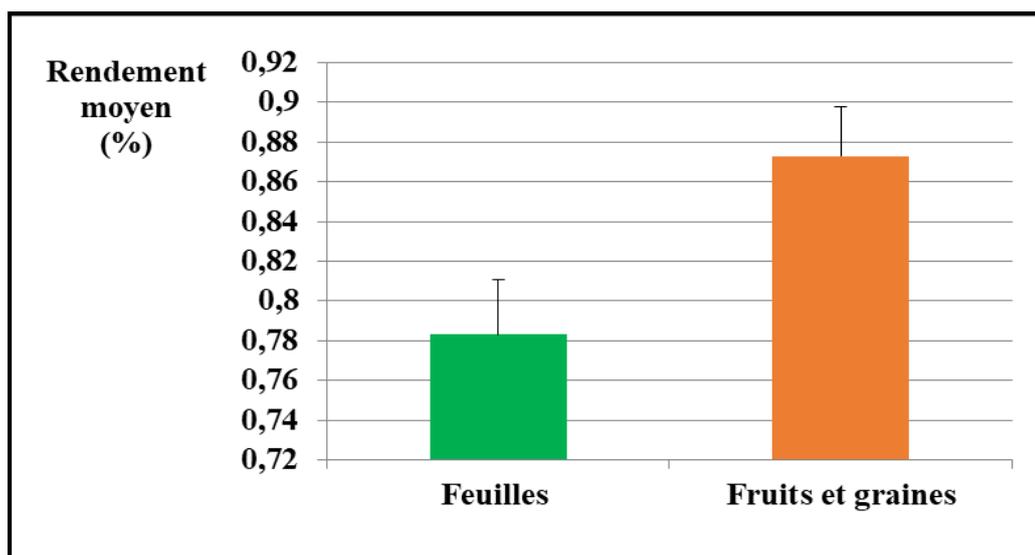


Figure 14 : Rendement moyen en huile essentielle pour les différentes parties aériennes d'*E. camaldulensis*

Tableau 12 : Analyse de la variance du rendement en huile essentielle pour les différentes parties aériennes d'*E. camaldulensis* (%)

Sources de variation	DL	SCE	CM	F	p
Parties de la plante	1	0,012150	0,012150	16,57	0,015 *
Erreur	4	0,002933	0,000733		
Total	5	0,015083			

DL : Degrés de liberté

SC : Somme des carrés des écarts

CM : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives

* : Différences significatives : $p < 0.05$.

Mehani (2015) a obtenu un rendement de 0,99 % sur des feuilles de la même espèce collectées en Mars et Avril à Ourgla, où la récolte a été réalisée le matin, et a concerné seulement les feuilles d'arbres adultes choisis au hasard.

Boudjahem (2019) a utilisé les feuilles et les sommités fleuries d'*E. globulus* collectées de Djebel Béni Salah (Guelma) entre Mai et Juillet 2015 et a trouvé un rendement de $0,64 \pm 0,46$ %.

Subramanian et al. (2012) ont enregistré des rendements de 0,8 % à 2,0 % pour des échantillons de feuilles d'*E. globulus* collectés en Ethiopie, pendant quatre périodes (Septembre, Décembre, Mars et Juin), dans trois régions différentes. Les auteurs ont signalé que la composition de l'huile essentielle extraite des feuilles fraîches et sèche est similaire pendant toute la période d'observation, et ils ont enregistré que l'huile extraite des feuilles sèches a une pureté élevée par rapport à celles obtenue des feuilles fraîches, et ils ont attribué ce phénomène à la diminution de l'humidité au niveau des feuilles séchées.

Siramon et al. (2008) ont trouvé un rendement allant de 1,07 % à 2,23% obtenu par la distillation des feuilles sèches d'*Eucalyptus camaldulensis*. **Sefidkon et al. (2009)** ont trouvé un rendement allant de 1,07 % à 2,13% pour la même espèce, et ils ont signalé que le rendement en huile essentielle d'*Eucalyptus sp.* diffère selon la période de collecte et selon la région.

En ce qui concerne l'huile essentielle extraite des fruits et des graines, **Mehani et Segni (2014)** ont trouvé un rendement légèrement plus élevé (0.99%) que celui obtenu dans cette étude (0.873 %), par l'hydrodistillation des graines sèches d'*Eucalyptus camaldulensis*.

Au Maroc, **Zrira et Benjlali (1991)** ont trouvé un rendement en huile essentielle de 0.74% avec des feuilles d'*E. camaldulensis* et 0.44% avec des fruits de cette espèce.

À Athènes, **Tsiri et al. (2003)** ont trouvé que le rendement en huile foliaire d'*E. camaldulensis* variait au cours de l'année. Les rendements les plus élevés ont été obtenus pendant les mois chauds de l'été avec des valeurs qui dépassent les 2.7% (sous une température de 30°C et des précipitations comprises entre 0 – 5 mm), et les rendements les plus faibles ont

été enregistrés pendant l'hiver (Février) avec une valeur moyenne inférieure à 1.2% (Température inférieure à 11°C et 9 mm de précipitations).

Dans cette étude, les échantillons de feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis* prélevés durant le mois de novembre 2019, ont donné un rendement de 0.783%. Cette valeur est inférieure à la valeur trouvée par **Tsiri** et ses collaborateurs (**2003**) pour les échantillons prélevés durant le même mois (novembre), et qui ont enregistré un rendement qui dépasse 2.5%.

Ces mêmes auteurs ont trouvé un rendement en huile essentielle de fruit de cette plante, de 1,25% sur des échantillons prélevés également durant le mois de novembre ; ces résultats dépassent les valeurs enregistrées dans notre étude (0.873%).

Ces différences dans le potentiel de rendement en huile essentielle peut être attribué aux variations des conditions climatiques, notamment les précipitations ; les moyennes enregistrées durant le mois de novembre 2019 dans la région de Guelma étaient de l'ordre de 63.9 mm (Données de la Station météorologique de Guelma), le mois était donc humide comparativement aux moyennes enregistrées par **Tsiri et al. (2003)**, qui étaient inférieures à 25 mm en novembre, durant l'année de collecte.

3.2.2. Rendement en huile essentielle des Oranges douces (*Citrus sinensis*)

L'analyse des résultats relatifs au rendement en huile essentielle de la peau du fruit de l'orange douce *Citrus sinensis*, représentés dans le **tableau 13** et la **figure 15** montre que le rendement le plus élevé a été obtenu après un séchage de 8 jours, pour lequel nous avons enregistré une valeur de $1,566 \pm 0.351$ %. Alors que nous avons enregistré la moitié de cette valeur (0.75 ± 0.050 %) pour un séchage de 21 jours. Ceci permet de déduire que le séchage prolongé de la peau d'orange permet une volatilisation des huiles essentielles contenues dans cette partie de la plante.

L'analyse de la variance conduite avec les résultats obtenus a affiché des différences significatives entre le rendement obtenu pour les deux périodes de séchage (**Tab. 14**). Le test de Dunnett a montré des différences très hautement significatives entre le rendement des deux périodes de séchage.

Tableau 13 : Rendement moyen en huile essentielle de la peau d'orange douce *Citrus sinensis* selon la durée de séchage (%)

<i>Citrus sinensis</i>	8 jours de séchage	21 jours de séchage
Moyenne	1,566	0,75
Ecart-type	0,351	0,05

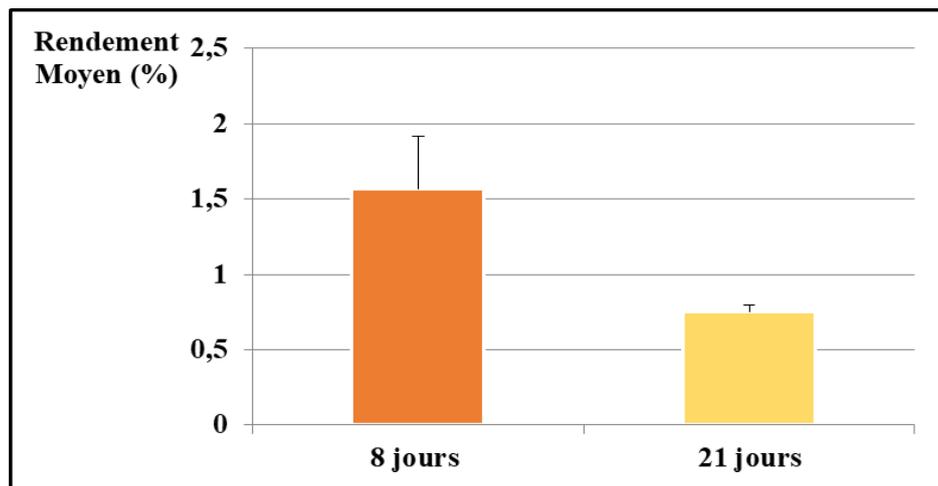


Figure 15 : Rendement en huile essentielle de la peau d'orange douce *Citrus sinensis* selon la durée de séchage

Tableau 14 : Analyse de la variance pour le rendement en huile essentielle en fonction du temps de séchage pour *Citrus sinensis*

Sources de variation	DL	SCE	CM	F	p
Temps de séchage	1	1,0004	1,00042	15,90	0,016 *
Erreur	4	0,2517	0,06292		
Total	5	1,2521			

DL : Degrés de liberté

SC : Somme des carrés des écarts

CM : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives

* : Différences significatives : $p < 0.05$.

En comparant nos résultats avec ceux rapportés dans la littérature, nous remarquons que, **Bouhali (2015)** a enregistré des résultats similaires, mais avec des taux plus faibles, pour des échantillons, de la même partie, de la même espèce (peau de fruits d'oranges douces), collectés d'une exploitation située à Oued Ghir, wilaya de Bejaïa, en mois d'avril 2013, et traités par hydrodistillateur de type Clevenger, où un rendement en huile essentielle de 0.39 % a été obtenu pour un matériel végétal séché et 0.50 % pour le matériel végétal frais.

EL-Akhalet al., (2014) ont rapportés la valeur de 1,2% de rendement en huiles essentielles, pour des échantillons récoltés en mois de Mars 2011 au niveau de la province de Taounate (Maroc), par hydrodistillation à l'aide d'un appareillage de type Clevenger.

Ces différences entre les résultats peuvent être expliquées selon **Bouhali (2015)**, par le fait que les rendements d'huiles essentielles sont influencés par plusieurs facteurs lors de leur extraction : soit des facteurs qui concernent la plante (espèce, variété, race chimique, etc.) soit des facteurs liés aux conditions expérimentales (procédé d'extraction, durée d'extraction, etc.), d'ailleurs, la valeur élevée de l'erreur sur le rendement du zeste sec en huile essentielle, enregistrée dans cette étude, peut être attribuée à une différence de la durée du séchage des échantillons.

Le faible rendement obtenu de l'huile essentielle issue du zeste sec (écorce ou peau du fruit) peut également être expliqué par une évaporation des éléments d'huiles essentielles après stockage du matériel végétal (**Bouhali, 2015**). Le même auteur a révélé une différence dans la composition et des propriétés chimiques d'huiles essentielles issues du zeste frais et du zeste sec des oranges douces.

Zrira et al. (1995) ont testé l'effet du séchage des feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis* sur le potentiel de rendement en huiles essentielles de cette espèce végétale, et ils ont noté que le rendement en huile essentielle augmente pendant les premiers jours de séchage et passe de 0.91% à 1.42% au bout de 16 jours (valeurs maximale), puis diminue pour des périodes de séchage prolongées.

Une autre étude portant sur la distillation de la partie aérienne de *Teucrium polium ssp aurasianum Labiatae* a montré que le rendement maximal en huile essentielle était de l'ordre de 0,585% en deuxième jour de séchage puis diminue (**Benchikh et al., 2015**).

Zrira et al. (1995), ont expliqué l'augmentation puis la diminution du rendement en huile essentielle des feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis* séchées à l'ombre par un phénomène enzymatique qui est la biosynthèse des huiles qui semble continuer après la récolte du matériel végétal.

Ces mêmes auteurs ont confirmé cette hypothèse, en démontrant que la biosynthèse des composés terpéniques constituant l'huile essentielle est accélérée quand les feuilles sont en stress hydrique.

De ce fait, le rendement en huile essentielle de la peau de *Citrus sinensis* diminue également en fonction de la durée de séchage, et nos résultats corroborent avec ceux de **Bouhali (2015)** confirment ce phénomène, qui peut être probablement attribué à la dégénérescence et la mort des cellules responsables de la biosynthèse des huiles essentielles.

L'analyse globale des résultats obtenus dans cette étude révèle que le rendement en huiles essentielles des plantes peut être influencé par plusieurs facteurs, notamment, la partie utilisée de la plante et la durée de séchage des échantillons. **Deschepper (2017)** signale que la partie de la plante utilisée pour l'extraction des huiles essentielles est l'un des facteurs qui influencent le rendement. **Laib (2012)** rapporte que l'interaction avec l'environnement (type de climat, sol), le moment de la récolte et la méthode d'extraction sont également des facteurs qui influencent le potentiel de rendement en huiles essentielles des espèces végétales.

Pour une même durée de séchage (21 jours), si on compare les rendements en huiles obtenus pour les deux plantes étudiées *E. camaldulensis* (Feuilles, et fruits et graines) et *Citrus sinensis* (peau du fruit), nous remarquons que le rendement le plus élevé a été obtenu pour les fruits et les graines d'*E. camaldulensis*, suivi des feuilles de la même espèce, alors que *Citrus sinensis* a enregistré le rendement le plus faible (**Fig. 16**).

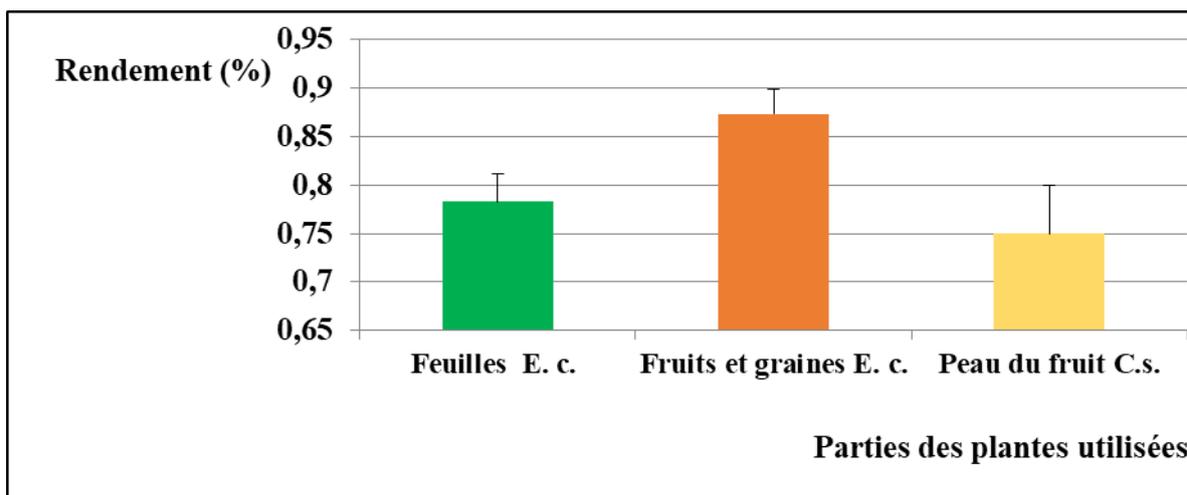


Figure 16 : Résultats comparés du rendement en huiles essentielles des deux plantes étudiées

L'analyse de la variance a montré des différences non significatives entre le rendement en huile essentielle des feuilles d'*E. camaldulensis* et celui de la peau du fruit de *Citrus sinensis* (Tab. 15) et des différences significatives entre le rendement en huile essentielle des fruits et graines d'*E. camaldulensis* et celui de la peau du fruit de *Citrus sinensis* (Tab. 16). Le test de Dunnett a affiché des différences très hautement significatives entre le rendement des fruits et graines d'*E. camaldulensis* et celui de la peau du fruit de *Citrus sinensis* et des différences non significatives entre le rendement des feuilles d'*E. camaldulensis* et celui de la peau du fruit de *Citrus sinensis*.

Tableau 15 : Analyse de la variance pour le rendement en huile de *Citrus sinensis* comparée au rendement des feuilles d'*E. camaldulensis*

Sources de variation	DL	SCE	CM	F	p
Huiles	1	0,001667	0,001667	1,00	0,374 N.S.
Erreur	4	0,006667	0,001667		
Total	5	0,008333			

DL : Degrés de liberté

SC : Somme des carrés des écarts

CM : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives

N.S : Différences non significatives : $p > 0.05$.

Tableau 16 : Analyse de la variance pour le rendement en huile de *Citrus sinensis* comparée au rendement des fruits et graines d'*E. camaldulensis*

Sources de variation	DL	SCE	CM	F	p
Huiles	1	0,022817	0,022817	14,56	0,019 *
Erreur	4	0,006267	0,001567		
Total	5	0,029083			

DL : Degrés de liberté

SC : Somme des carrés des écarts

CM : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives

* : Différences significatives : $p < 0.05$.

Conclusion

Conclusion

L'Algérie possède une flore incontestable des plantes médicinales et aromatiques qui restent toujours la source fiable des principes actifs connus par leurs différentes propriétés thérapeutiques.

Le présent travail qui a visé pour objectif, l'étude du potentiel de rendement en huiles essentielles de quelques plantes médicinales et aromatiques de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie), a porté sur deux espèces végétales très répandues dans la région, à savoir, l'eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*), et l'orange douce (*Citrus sinensis*).

Beaucoup de travaux ont signalé que le rendement en huiles essentielles des espèces végétales est influencé par de nombreux facteurs, notamment la nature de l'espèce, l'organe utilisé, les facteurs climatiques et édaphiques de la région de collecte, La partie utilisée de la plante et la durée de séchage du matériel végétal avant l'extraction de l'huile essentielle sont deux paramètres qui ont été vérifiés dans cette étude pour l'une ou l'autre des espèces végétales étudiées :

- Pour une même durée de séchage, les feuilles, et les fruits et graines ont été prises en considération pour l'*Eucalyptus camaldulensis*.
- Pour la même partie de la plante (peau du fruit) deux périodes différentes de séchage (8 j et 21 j) ont été prises en considération pour l'orange douce (*Citrus sinensis*).

Les résultats obtenus indiquent que le rendement en huile essentielle des deux espèces végétales étudiées, collectées de la région de Guelma, varie selon :

- **La nature de la plante utilisée :** Pour une même durée de séchage (20-21 jours), le rendement en huiles essentielles d'*Eucalyptus camaldulensis*, variait de 0.783 ± 0.028 % à 0.873 ± 0.025 %, respectivement, pour les feuilles et les fruits et graines, et ces valeurs sont légèrement supérieures à celles obtenues pour l'orange douce (*Citrus sinensis*), pour laquelle le rendement en huile essentielle de la peau de fruit après 21 jours de séchage était de l'ordre de 0.750 ± 0.05 %.

- **La nature de l'organe ou la partie utilisée de la plante :** Ceci a été démontré pour l'*Eucalyptus camaldulensis*, où les résultats obtenus ont montré que pour des échantillons de la même espèce végétale, collectés de la même région, à la même date et pour la même durée de séchage, et le même procédé d'extraction, le rendement en huile essentielle varie en fonction de la partie utilisée de la plante. Un rendement de 0.783 ± 0.028 % a été obtenu pour les feuilles mais un rendement plus élevé a été obtenu pour les fruits et graines (0.873 ± 0.025 %).
- **La durée de séchage du matériel végétal utilisé pour l'extraction d'huile :** Ce qui a été bien illustré par les résultats obtenus pour l'orange douce (*Citrus sinensis*), pour laquelle nous avons utilisé des échantillons où tous les paramètres (nature de la plante, région, date de collecte, méthode d'extraction,...) sont similaires et nous n'avons fait varier que la durée de séchage, nous avons noté un rendement en huile essentielle de 1.566 ± 0.351 % pour des échantillons séchés 8 jours, alors que pour les échantillons séchés 21 jours, ce rendement a diminué d'environ 50 %.

A la lumière de ces résultats nous pouvons déduire que le potentiel de rendement en huiles essentielles des plantes peut être affecté par plusieurs facteurs, notamment la nature de l'espèce, l'organe utilisé et la durée de séchage du matériel végétal. Une étude complémentaire, comportant d'autres espèces végétales médicinales et aromatiques d'intérêt, et portant sur les différents facteurs pouvant agir sur le rendement en huile essentielle, est nécessaire pour déterminer le lieu et la période optimale de collecte des plantes ainsi que les conditions optimales de traitement des échantillons pour extraire le maximum d'huile essentielle des échantillons utilisés, et exploiter convenablement notre patrimoine en plantes aromatiques et médicinales, qui reste une richesse naturelle à protéger et à préserver.

Des essais portant sur l'activité biologique et antimicrobienne des huiles essentielles à l'égard des parasites, notamment ceux s'attaquant aux cultures est un axe d'un grand intérêt et qui demande beaucoup d'attention, à fin de limiter l'utilisation des pesticides et diminuer de leur impact sur la santé du consommateur et sur l'environnement.

Résumés

Résumé

L'objectif visé par cette étude est d'identifier l'effet de certains paramètres (intrinsèques et extrinsèques) sur le potentiel de rendement en huiles essentielles des plantes, en vue de connaître les conditions idéales pour la collecte et le traitement des échantillons, pour obtenir un rendement maximal en huiles essentielles. Deux espèces végétales ont fait l'objet de cette étude, à savoir, *Eucalyptus camaldulensis* et *Citrus sinensis*, collectées de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie) et traitées par un hydrodistillateur de type Clevenger ; la partie utilisée de la plante étant le facteur pris en considération pour *E. camaldulensis*, et la durée de séchage des échantillons est le facteur pris en considération pour l'orange douce *Citrus sinensis*. Les résultats obtenus ont montré que le rendement en huiles essentielles des fruits et graines d'*E. camaldulensis* est supérieur à celui des feuilles ; alors que pour *Citrus sinensis*, les résultats obtenus ont montré que le séchage prolongé des échantillons affecte le rendement en huiles essentielles, un séchage de 21 j diminue le rendement en huiles essentielles d'environ 50 % par rapport à un séchage de 8 j, ce qui permet de confirmer que l'espèce utilisée, la partie utilisée de la plante et la durée du séchage sont des facteurs qui peuvent affecter le rendement en huiles essentielles des espèces végétales.

Mots clés : rendement, huiles essentielles, *Eucalyptus camaldulensis*, *Citrus sinensis*, séchage.

Abstract

The objective of this study is to identify the effect of certain parameters (intrinsic and extrinsic) on the essential oil yield potential of plants, in order to know the ideal conditions for the collection and processing of samples, to obtain a maximum yield of essential oils. Two plant species were the subject of this study, namely, *Eucalyptus camaldulensis* and *Citrus sinensis*, collected from the region of Guelma (North-Eastern of Algeria) and treated with a Clevenger hydrodistiller; the used part of the plant is the factor taken into consideration for *E. camaldulensis*, and the drying time of the samples is the factor taken into consideration for sweet orange *Citrus sinensis*. The results obtained showed that the yield in essential oils of the fruits and seeds of *E. camaldulensis* is higher than that of the leaves ; while for *Citrus sinensis*, the results obtained showed that the prolonged drying of the samples affects the yield in essential oils, a 21 days drying period decreases the yield in essential oils by about 50 % compared to an 8 days drying period, confirming that plant specie, the part of the plant used and the drying time are factors that can affects the yield of essential oils of plant species.

Keywords: yield, essential oils, *Eucalyptus camaldulensis*, *Citrus sinensis*, drying.

الملخص

تهدف هذه الدراسة الى تحديد تأثير بعض العوامل (الداخلية والخارجية) على مردود الزيوت الأساسية عند النباتات ، بهدف معرفة الظروف المثالية لجمع ومعالجة العينات ، من أجل الحصول على اكبر عائد من الزيوت الأساسية. واعتمدت على نوعين من النباتات، هما *Eucalyptus camaldulensis* و *Citrus sinensis* تم جمعهما من منطقة قالمة (شمال شرق الجزائر) ومعالجتهما بواسطة جهاز التقطير المائي من نوع Clevenger ، وكان معيار الجزء المستخدم من النبات هو العامل الذي تم اخذه بعين الاعتبار بالنسبة ل *E. camaldulensis*، وومدة تجفيف العينات هو العامل الذي تم اخذه بعين الاعتبار بالنسبة ل *C. sinensis* . أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن مردود الزيوت الأساسية من ثمار وبذور *E. camaldulensis* أعلى من مردود الأوراق ؛ في حين أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها فيما يخص *C. sinensis* أن التجفيف المطول للعينات يؤثر على مردود الزيوت الأساسية ، حيث أن التجفيف لمدة 21 يوماً يقلل من محصول الزيوت بحوالي 50% مقارنة بالتجفيف لمدة 8 أيام مما يؤكد أن صنف النبات ، الجزء المستخدم من النبات ومدة التجفيف من العوامل التي تؤثر على محصول الزيوت الأساسية عند الأصناف النباتية.

الكلمات الرئيسية: مردود، الزيوت الأساسية، *Eucalyptus camaldulensis* ، *Citrus sinensis*، التجفيف.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Abbou H. et Benabida W., (2017). Activité antioxydante et antimicrobienne des huiles essentielles de *Lavandula stoechas L.* Mémoire de master, Département des Sciences biologiques, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A. 73 p.

Abdelli W., (2017). Caractérisation chimique et étude de quelques activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et de *Thymus vulgaris*. Thèse de doctorat en Microbiologie Appliquée, Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem. 178 p.

Araba O.H. et Bouchmel H., (2016). Contribution à l'étude de la biodiversité entomologique dans un verger d'agrumes dans la région de Guelma. Mémoire de Master Option Phytopathologie et phytopharmacie, Université 8 Mai 1945, Guelma. 81 p.

Arnold R.J. et Luo J., (2018). *Eucalyptus camaldulensis*. In Thomson L.; Doran J. and Clarke B. (eds) 2018. *Trees for life in Oceania: conservation utilization of genetic diversity*. ACIAR. Monograph No. 201. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra. 94-99.

Baches B., (2011). Agrumes, comment les choisir et les cultiver facilement. Nouvelle Ed. Paris : Eugen Ulmer. 127 p.

Baid S-E., (2018). Etude de l'effet de l'hybridation interspécifique sur la teneur et la composition chimique des huiles essentielles d'eucalyptus cultivés au Maroc par ACP. Mémoire de Master en Sciences et Techniques Chimie et Analyse Chimique : Application à la gestion de la qualité, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès. 32 p.

Belmekki N., (2009). Etude phytochimique, activités antimicrobiennes et antioxydantes de *Saccocalyx satureioides*, *Salvia verbenaca* et *Teucrium polium* de la région Ouest d'Algérie. Mémoire de Magister en biologie, Département de biologie moléculaire et cellulaire, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen. 126 p.

Benabdelkader T., (2012). Biodiversité, bioactivité et biosynthèse des composés terpéniques volatils des lavandes ailées, *Lavandula Stoechas* Sensus Lato, un complexe d'espèces méditerranéennes d'intérêt pharmacologique. Thèse de doctorat en Biologie, Université Jean--Monnet de Saint Etienne France. 259p.

Bencheikh S. E., Goudjil M. B., Zighmi S. et Ladjel S., (2015). Effet du Séchage sur le Rendement des Huiles Essentielles de la Plante *Teucrium polium* ssp. *Aurasianum* Labiatae. *Hawliyat al-'Ulum wa-al-Tiknūlijyā*, 281(5389), 1-5.

Bessah R. et Benyoussef. E.H., (2015). La filière des huiles essentielles Etat de l'art, impacts et enjeux socioéconomiques. *Revue des énergies renouvelable*. 18 (3): 513 – 528 .

Boudjehem W. H., (2019). Etude de l'activité antimicrobienne de quelques huiles essentielles pour le contrôle des agents phytopathogènes, Mémoire de Master Option Phytopathologie et phytopharmacie, Université 8 Mai 1945, Guelma. 84 p.

- Bouhali H., (2015).** Caractérisation des huiles essentielles de *Citrus sinensis* et étude de leur activité antioxydante : étude comparative entre l'huile essentielle des écorces sèches et fraîches. Thèse de Magister en Ingénierie Biochimique et Biotechnologies. Université A.Mira-Bejaia, Algérie. 86 p.
- Bousbia N., (2011).** Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. Thèse de doctorat en chimie, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse & Ecole Nationale Supérieure Agronomique, France. 128p.
- Bouziane Z., (2017).** Contribution à l'étude ethnobotanique des plantes médicinales de la région d'Azail (Tlemcen –Algérie). Mémoire de Master en Ecologie, Université Aboubakr Belkaïd, Tlemcen. 67 p.
- Bremness, L., (2005).** Plantes aromatiques médicinales -*n.p.* Larousse. 306 p.
- Catier O et Roux D., (2007).** Botanique pharmacognosie phytothérapie. *Cahiers du préparateur en pharmacie. Groupe Liaisons.* 141 p.
- Chabrier J Y., (2010).** Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie. Thèse de doctorat en Pharmacie, Université Henri Poincaré - Nancy 1. 172 p.
- Chahboun N., Esmail A., Abed H., Barrahi M., Amiyare R., Berrabeh M., Oudda H. et Ouhssine M., (2015).** Evaluation de l'activité bactériostatique d'huile essentielle de la *Lavandula Officinalis* vis-à-vis des souches d'origine clinique résistantes aux antibiotiques. *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (4): 1186-1191.
- Chaturvedi D., Shrivastava R. and Raj S N., (2016).** Basketful benefit of *Citrus limon*. *Int. Res. J. Pharm.,* 7(6) : 1-3.
- Cisarova M., Tancinova D. and Medo J., (2016).** Antifungal activity of lemon, eucalyptus, thyme, oregano, sage and lavender essential oils against *Aspergillus niger* and *Aspergillus tubingensis* isolated from grapes. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences,* 10 (1): 83–88.
- Cortés-Rojas D. F., De Souza C. R. F. and Oliveira W. P., (2014).** Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine,* 4(2) : 90-96.
- Deschepper R. (2017).** Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. Thèse de doctorat en pharmacie, Université d'Aix-Marseille - Faculté de Pharmacie, Marseille. 162p.
- Desmares C., Laurent A. et Delerme C., (2008).** Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles : Contribution pour l'évaluation de la sécurité des produits cosmétiques contenant des huiles essentielles. *Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (Afssaps), France.* 17p.

- EL Ajjouri M., Satrani B., Ghanmi M., Aafi A., Farah A., Rahouti M., Amarti F. et Aberchane M., (2008).** Activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus bleicherianus* Pomel et *Thymus capitatus* (L.) Hoffm. & Link contre les champignons de pourriture du bois d'oeuvre. *Biotechnol Agron Soc.* 12(4) : 345-351.
- El Haib A., (2011).** Valorisation de terpènes naturels issus de plantes marocaines par transformations catalytiques. Thèse de doctorat, Université de Paul Sabatier. Toulouse. 196 p.
- EL Kalamouni Ch., (2010).** Caractérisations chimiques et biologiques d'extraits de plantes aromatiques oubliées de Midi-Pyrénées. Thèse de doctorat en Sciences des Agro-ressources, Université de Toulouse, France. 228 p.
- EL-Akhal F., Guemmouh R., Greche H et El Ouali Lalami A., (2014).** Valorisation en tant que bioinsecticide de deux huiles essentielles de *Citrus sinensis* et *Citrus aurantium* cultivées au centre du Maroc . *J. Mater. Environ, Sci.* 5 (1) : 2319-2324.
- Escartin I., (2008).** Guide des agrumes. Lavaur : Klorane. 20 p.
- Farah A., Fechtal M. et Chaouch A., (2002).** Effet de l'hybridation interspécifique sur la teneur et la composition chimique des huiles essentielles d'eucalyptus cultivés au Maroc. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ,* 6 (3): 163–169.
- Ferhat M. A., Meklati B. Y., Smadja J. and Chemat, F., (2006).** An improved microwave Clevenger apparatus for distillation of essential oils from orange peel. *Journal of Chromatography A,* 1112(1-2) : 121-126.
- Fernandez X. et Chemat F., (2012).** La chimie des huiles essentielles. Ed. Vuibert, 274 p.
- Fichi G., Flamini G., Zaralli L.J. and Perrucci S., (2007).** Efficacy of an essential oil of *Cinnamomum zeylanicum* against *Psoroptes cuniculi*. *Phytomedicine* 14 (2): 227–231.
- Franchomme P., Jollois R., Péroël D., Mars J. et Mars J., (2001).** L'aromathérapie exactement: encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles: fondements, démonstration, illustration et applications d'une science médicale naturelle. Edition R. Jollois.. 248p.
- Ghedira K., Goetz, P. et Le Jeune R., (2008).** *Eucalyptus globulus* Labill. *Phytothérapie,* 6(3) : 197-200.
- Gouizi H. et Ghellab M., (2019).** Contribution à l'étude de l'activité fongicide des extraits de thym (*Thymus vulgaris*). Mémoire de Master en Phytopathologie, Université Akli Mohand Oulhadj, Bouira. 68 p.
- Hattou M A., (2016).** Effets de l'incorporation des huiles essentielles extraites du thym et de l'origan sur la productivité, les qualités nutritionnelles et physicochimiques du poivron. Mémoire de Master en Agronomie. Spécialité Biotechnologie Alimentaire, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, Algérie. 81 p.

- Hosseinzadeh S., Shams-Bakhsh M., and Hosseinzadeh E., (2013).** Effects of sub-bactericidal concentration of plant essential oils on pathogenicity factors of *Ralstonia solanacearum*. *Archives of phytopathology and plant protection*, 46(6) : 643-655.
- Iserin P., (2001).** Larousse encyclopédie des plantes médicinales. Identification, Préparations, soins. 2nd edition, Dorling Kindersley Limited, Londres. 335 p.
- Kabouche A., Kabouche Z., Bruneau C. 2005.** Analysis of the essential oil of *Thymus numidicus* (Poiret) from Algeria. *Flavour Fragr. J.* 2005; 20: p 235–236.
- Kaloustian J., et Hadji-Minaglou F., (2012).** La connaissance des huiles essentielles: qualitologie et aromathérapie; Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée. Springer-Verlag France, Paris. 210 p.
- Karamanoli K., Vokou D., Menkissoglu U., and Constantinidou H. I., (2000).** Bacterial colonization of phyllosphere of Mediterranean aromatic plants. *Journal of Chemical Ecology*, 26(9) : 2035-2048.
- Laadel N., (2014).** Impact de la faune entomologique sur le dépérissement de *l'eucalyptus camaldulensis* dans les régions de Sétif et Bordj Bouarreridj. Thèse de magister, Université Ferhat Abbas, Sétif. 119 p.
- Lagha-Benamrouche S., Addar L., Boudershem H., Tani S et Madani K., (2017).** Caractérisation chimiques des écorces d'oranges, identification par GC-MS et évaluation du pouvoir antioxydant de leurs huiles essentielles. *Nature & Technology Journal*, 18 : 28-35.
- Laghchimi A., Znini M., Majidi L., Renucci F., El Harrak A. et Costa J., (2014).** Composition chimique et effet des phases liquide et vapeur de l'huile essentielle de *Lavandula multifida* sur la croissance mycélienne des moisissures responsables de la pourriture de la pomme. *J. Mater. Environ. Sci*, 5(6), 1770-1780.
- Larbi S et Rabah S., (2014).** Etude de l'efficacité des huiles essentielles de *Curcuma longa* comme un biopesticide cas antifongique. Mémoire de master, Université Abou bekr Belkaid, Tlemcen. 81 p.
- Li Y., Fabiano-Tixier A.-S. and Chemat F., (2014).** Essential Oils: From Conventional to Green Extraction. Springer, New York, NY. 70 p.
- Loussert R., (1989).** Les agrumes, *arboriculture*. Vol. 1, *Technique agricoles méditerranéennes*, Paris. 113 p.
- Maouche N. et Baziz N., (2018).** Effets des huiles essentielles et des extraits éthanoliques du thym sur les propriétés physicochimiques et biologiques du PLA. Mémoire de master en Génie des Procédés. Option Génie Alimentaire, Université de Bejaia, Algérie. 59 p.

- Massaid F., (2017).** Extraction d'huile essentielle à partir des écorces des oranges- modélisation. Mémoire de master en Chimie, Spécialité Chimie de l'Environnement, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie. 42 p.
- Meghnem R et Sadi A.C., (2016).** Extraction de l'huile essentielle à partir du déchet d'agrumes (Orange). Mémoire de Master en Chimie. Spécialité Chimie de l'Environnement, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie. 60 p.
- Mehani M. et Segni L., (2014).** Effet antimicrobien des huiles essentielles de la plante *Eucalyptus camadulensis* sur certaines bactéries pathogènes. *Hawliyat al-'Ulum wa-al-Tiknūlūjiyā*, 281(1766), 1-10.
- Mehani M., (2015).** Activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Eucalyptus camendulensis* dans la région de Ouargla. Thèse de Doctorat, Université Kasdi Merbah – Ouargla. 175 p.
- Messaour H., (2018).** L'étude de l'effet de l'incorporation de l'huile essentielle d'orange dans le fromage fondu de la laiterie et fromagerie Boudouaou. Mémoire de Master, Université Akli Mouhand Oulhadj, Bouira. 108 p.
- Mnayer D., (2014).** Eco-Extraction des huiles essentielles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agents antioxydants et antimicrobiens. Th. Doc. Avignon. 157 p.
- Moro-Buronzo A., (2008).** Grand guide des huiles essentielles: santé, beauté, bien-être. Ed. Hachette pratique. 244 p.
- Mousa K.M., Khodeir, I.A., EI-Dakhakhni, T.N., and Youssef, A.F., (2013).** Effect of garlic and eucalyptus bean insect pests and natural enemies populations. *Egypt. Acad. J. Biolog. Sci.* 5(2): 21–27.
- Naghdi Badi H., Yazdani D., Sajed M A. and Nazari F., (2004).** Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris L.* *Industrial Crops and Products*, 19: 231–236.
- Nedjai I. et Nedjai S., (2017).** Activité antimicrobienne des huiles essentielles. Mémoire de Master en Sciences Biologiques, Université A. Mira, Bejaia. 41 p.
- Nouiri F. et Touahri H., (2016).** Contribution à l'étude de l'activité fongicide des huiles essentielles des lamiacées (*Thymus vulgaris*, *Mentha spicata*) sur *Botrytis cinerea* agent de la pourriture grise du fraisier. Mémoire de Master en sciences agronomiques. Spécialité Gestion qualitative des productions agricoles, Université Djilali Bounaama Khemis Miliana de Ain Defla, Algérie. 115p.
- Ould Mahammed D. et Si Bachir A., (2017).** Contribution à la valorisation et production des plantes médicinales et aromatiques en Kabylie (Communes de Bouira et Tizi Ouzou). Mémoire de Master en Productions et Aménagements de la Forêt Méditerranéenne. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, Algérie. 88p.

Ou-Yahia D., (2015). Activités antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles de : *Mentha piperita* et *Mentha pulegium*. Mémoire de Master Sciences et Techniques : Biotechnologie microbienne, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès. 45 p.

Park I.K., Park J.Y., Kim K.H., Choi K.S., Choi I.-H., Kim C.S., and Shin S.C., (2005). Nematicidal activity of plant essential oils and components from garlic (*Allium sativum*) and cinnamon (*Cinnamomum verum*) oils against the pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). *Nematology* 7 (5) :767–774.

Pierron C., (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. 256 p.

Sahi L., (2016). La dynamique des plantes aromatiques et médicinales en Algérie. In Ilbert H., Hoxha V., Sahi L., Courivaud A., Chailan C. 2016. *Le marché des plantes aromatiques et médicinales : analyse des tendances du marché mondial et des stratégies économiques en Albanie et en Algérie*. Montpellier : CIHEAM / France Agri Mer Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 73 : 101- 140.

Salemkour B et Rahaoui R., (2019). Etude de l'effet antimicrobien des extraits et de l'huile essentielle d'une plante médicinale (*Eucalyptus camaldulensis*) de la région de Ain Temouchent. Mémoire de Master en Sciences Biologiques Option : Microbiologie Appliquée, Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Aïn – Témouchent. 91p.

Sefidkon F., Bahmanzadegan A., Assareh M. H. and Abravesh Z., (2009). Seasonal variation in volatile oil of Eucalyptus species in Iran. *Journal of herbs, spices & medicinal plants*, 15(1): 106-120.

Selka O., (2007). Etude des infestations des fruits de *Citrus sinensis* var. *san guinelli* par *Ceratitis capitata* (Diptera : Dephritidae) et par la microflore pathogène dans la plaine d'Hennaya (Tlemcen). Thèse de Magister en Biologie. Option Ecologie Animale, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie. 146p.

Shaaya E., Kostjukovski M., Eilberg J. E. and Sukprakarn C., (1997). Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 33(1) : 7-15.

Shen F., Xing M., Liu L., Tang X., Wang W., Wang X., Wu X., Wang X., Wang X. and Wang G., (2012). Efficacy of trans-cinnamaldehyde against *Psoroptes cuniculi* in vitro. *Parasitology Research* 110 (4):1321–1326.

Siramon P., Ohtani Y. and Ichiura H., (2008). Biological performance of *Eucalyptus camaldulensis* leaf oils from Thailand against the subterranean termite *Coptotermes formosanus* Shiraki. *Journal of wood science*, 55(1): 41-46.

Sirousmehr A., Arbabi J. and Asgharipour M.R., (2014). Effect of drought stress levels and organic manures on yield, essential oil content and some morphological characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum*). *Advances in Environmental Biology*, 8(4): 880-885.

Soylu E.M., Kurt Ş. and Soylu S., (2010). In vitro and in vivo antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea*. *International journal of food microbiology*, 143(3): 183-189.

Subramanian P.A., Abraha G. and Kebede N., (2012). Yield, contents and chemical composition variations in the essential oils of different *Eucalyptus globulus* trees from tigray, northern Ethiopia. *Journal pharmaceutical and biomedical sciences*, 17 (11): 1-6

Tavares J.P.N., (2012). Interaction between vegetation and the atmosphere in cloud and rain formation in the Amazon: A review. *Estudos avançados*, 26(74): 219-227.

Tisserand R. and Young, R., (2014). Essential Oil Safety: A Guide for Health Care Professionals. *Elsevier Health Sciences*, United Kingdom. 783 p.

Toninoli F. et Meglioli V., (2013). Huiles essentielles: l'encyclopédie. Judena, France. 342 p.

Tsiri D., Kretsi O., Chinou I. B. and Spyropoulos C.G., (2003). Composition of fruit volatiles and annual changes in the volatiles of leaves of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. growing in Greece. *Flavour and Fragrance Journal*, 18(3): 244-247.

Veeraphant C., Mahakittikun V. and Soonthornchareonnon N., (2011). Acaricidal effects of Thai herbal essential oils against *Dermatophagoides pteronyssinus*. *Mahidol University Journal of Pharmaceutical Sciences* 38:1-12.

Weiss E. A., (1997). Essential oil crops. Ed. Cab International. New York, NY. 613 p.

Zahalka J. P., (2010). 230 Huiles Essentielles, 170 maux traités. Ed. Dauphin, Paris, 367p.

Zrira S. S. and Benjilali B.B., (1991). The Essential Oil of the Leaves and the Fruits of *E. Camaldulensis*. *Journal of Essential Oil Research*, 3(6): 443-444.

Zrira S., Benjilali B. et Lamaty G., (1995). Effet du séchage à l'air libre des feuilles d'*E. camaldulensis* sur le rendement et la composition de l'huile essentielle. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 15(4) : 27-35.

Sites web.

- [01]. <https://www.gammvert.fr/2-1212-plantes-dexterieur/2-1232-plantes-mediterraneennes/3-471-agrumes-oranger-citronnier-clementinier/p-42379-oranger-thomson-bio> (Consulté le 04/03/2020)
- [02]. <https://ecobeltrade.com/en/product/orange-valencia-late/> (Consulté le 04/03/2020)
- [03]. <https://www.coursesetsaveurs.com/primeur-bio/2133-orange-bio-moro-sanguine-1kg.html> (Consulté le 04/03/2020)
- [04]. <https://www.lesdomainesexport.com/washington-navel/> (Consulté le 04/03/2020)
- [05]. <http://luchyprimeurs.com/les-agrumes/159-orange-salustiana.html> (Consulté le 04/03/2020)
- [06]. <https://primfruits.fr/orange-maltese/> (Consulté le 04/03/2020)
- [07]. <https://www.alibaba.com/product-detail/Thyme-oil-Thymus-vulgaris-50004216628.html> (Consulté le 30/05/2020)
- [8] <https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/lavande-papillon.php> (Consulté le 30/05/2020)
- [9] <https://www.monaroma.fr/Huile-essentielle-Eucalyptus-Globulus> (Consulté le 20/05/2020)
- [10] <http://floraofgibraltar.myspecies.info/dicots/eucalyptus-camaldulensis-dehnh> (Consulté le 20/05/2020)
- [11]. <http://floraofgibraltar.myspecies.info/dicots/eucalyptus-camaldulensis-dehnh> (Consulté le 04/06/2020)
- [12]. <https://www.alamyimages.fr/photos-images/river-redgum-eucalyptus-camaldulensis.html> (Consulté le 04/6/2020)
- [13]. <https://www.aromalin.com/huile-essentielle-orange/> (Consulté le 02/06/2020)
- [14] <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Fruits/orange.htm> (Consulté le 28/08/2020)
- [15]. <https://guelmacity.skyrock.com/1.html> (Consulté le 28/08/2020)

Résumé

L'objectif visé par cette étude est d'identifier l'effet de certains paramètres (intrinsèques et extrinsèques) sur le potentiel de rendement en huiles essentielles des plantes, en vue de connaître les conditions idéales pour la collecte et le traitement des échantillons, pour obtenir un rendement maximal en huiles essentielles. Deux espèces végétales ont fait l'objet de cette étude, à savoir, *Eucalyptus camaldulensis* et *Citrus sinensis*, collectées de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie) et traitées par un hydrodistillateur de type Clevenger ; la partie utilisée de la plante étant le facteur pris en considération pour *E. camaldulensis*, et la durée de séchage des échantillons est le facteur pris en considération pour l'orange douce *Citrus sinensis*. Les résultats obtenus ont montré que le rendement en huiles essentielles des fruits et graines d'*E. camaldulensis* est supérieur à celui des feuilles ; alors que pour *Citrus sinensis*, les résultats obtenus ont montré que le séchage prolongé des échantillons affecte le rendement en huiles essentielles, un séchage de 21 j diminue le rendement en huiles essentielles d'environ 50 % par rapport à un séchage de 8 j, ce qui permet de confirmer que l'espèce utilisée, la partie utilisée de la plante et la durée du séchage sont des facteurs qui peuvent affecter le rendement en huiles essentielles des espèces végétales.

Mots clés : rendement, huiles essentielles, *Eucalyptus camaldulensis*, *Citrus sinensis*, séchage.

Abstract

The objective of this study is to identify the effect of certain parameters (intrinsic and extrinsic) on the essential oil yield potential of plants, in order to know the ideal conditions for the collection and processing of samples, to obtain a maximum yield of essential oils. Two plant species were the subject of this study, namely, *Eucalyptus camaldulensis* and *Citrus sinensis*, collected from the region of Guelma (North-Eastern of Algeria) and treated with a Clevenger hydrodistiller; the used part of the plant is the factor taken into consideration for *E. camaldulensis*, and the drying time of the samples is the factor taken into consideration for sweet orange *Citrus sinensis*. The results obtained showed that the yield in essential oils of the fruits and seeds of *E. camaldulensis* is higher than that of the leaves ; while for *Citrus sinensis*, the results obtained showed that the prolonged drying of the samples affects the yield in essential oils, a 21 days drying period decreases the yield in essential oils by about 50 % compared to an 8 days drying period, confirming that plant specie, the part of the plant used and the drying time are factors that can affects the yield of essential oils of plant species.

Keywords: yield, essential oils, *Eucalyptus camaldulensis*, *Citrus sinensis*, drying.

المخلص

تهدف هذه الدراسة الى تحديد تأثير بعض العوامل (الداخلية والخارجية) على مردود الزيوت الأساسية عند النباتات ، بهدف معرفة الظروف المثالية لجمع ومعالجة العينات ، من أجل الحصول على اكبر عائد من الزيوت الأساسية. واعتمدت على نوعين من النباتات، هما *Eucalyptus camaldulensis* و *Citrus sinensis* تم جمعهما من منطقة قالمة (شمال شرق الجزائر) ومعالجتهما بواسطة جهاز التقطير المائي من نوع Clevenger ، وكان معيار الجزء المستخدم من النبات هو العامل الذي تم اخذه بعين الاعتبار بالنسبة ل *E. camaldulensis*، وومدة تجفيف العينات هو العامل الذي تم اخذه بعين الاعتبار بالنسبة ل *C. sinensis* . أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن مردود الزيوت الأساسية من ثمار وبذور *E. camaldulensis* أعلى من مردود الأوراق ؛ في حين أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها فيما يخص *C. sinensis* أن التجفيف المطول للعينات يؤثر على مردود الزيوت الأساسية ، حيث أن التجفيف لمدة 21 يوماً يقلل من محصول الزيوت بحوالي 50% مقارنة بالتجفيف لمدة 8 أيام مما يؤكد أن صنف النبات ، الجزء المستخدم من النبات ومدة التجفيف من العوامل التي تؤثر على محصول الزيوت الأساسية عند الأصناف النباتية..

الكلمات الرئيسية: مردود، الزيوت الأساسية، *Eucalyptus camaldulensis* ، *Citrus sinensis*، التجفيف.