



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun –Tiaret–
Faculté Sciences de la Nature et de la Vie
Département Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biologie moléculaire et Amélioration des plantes

Présenté par :

- Meskef Zohra
- Saci Bouchra
- Zitouni Siham

Thème

*Caractérisation des huiles essentielles et activité antifongique de **Micromeria inodora** native d'Algérie*

Soutenu publiquement le :

Jury :

Grade

Président : Dr. MOKHFI Fatima Zohra MAA

Encadrant : Dr. MIARA Mohamed Djamel MCA

Co-encadrant : BOURIAH Nacéra Doctorante

Examineur : Dr. ABDRABBI Khadidja MAA

Année universitaire 2020-2021

Remerciements

*Nous remercions avant tout **ALLAH** tout puissant, de nous avoir guidés tout au long des années de scolarité et de nous avoir accordé la volonté la patience et le courage pour terminer ce travail.*

*Nous tenons tout particulièrement à adresser nos plus vifs remerciements, à notre promoteur Dr. **MIARA Mohamed Djamel** d'avoir accepté de nous encadrer et de nous avoir laissé la liberté nécessaire à l'accomplissement de notre travail, tout en y gardant un œil critique et avisé. Merci pour sa rigueur scientifique, Nous le remercions également de nous avoir responsabilisées tout au long de notre travail.*

*Nos remerciements s'adressent aussi au chef de spécialité, Dr. **BOUBKER Aziz** pour ces encouragements, son aide inestimable, sa grande disponibilité, son soutien sa patience sans limite*

*Nous tenons à exprimer nos plus sincères remerciements et notre gratitude à notre Copromotrice, madame **BOURIAH Nacéra** A superviser et diriger ces travaux avec une grande rigueur scientifique, une grande disponibilité, de précieux conseils, et la confiance qu'elle nous a accordée et pour son suivi régulier lors de la réalisation de ces travaux,*

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à tous nos professeurs qui ont contribué à notre formation.

Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury pour avoir accepté d'examiner ce modeste travail

*Nous adressons nos remerciements également aux personnes qui nous ont aidés dans la réalisation de ce mémoire et spécialement au personnel du laboratoire de technologie alimentaire, en particulier Mr. **BENHELIMA***

En guise de reconnaissance, nous tenons à témoigner nos sincères remerciements à toutes personnes ayant contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce modeste travail.

En fin Nous remercierons toutes nos familles qui nous ont toujours soutenues et a tous les enseignant de département de Biologie qui ont participé à notre formation.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à

*Mes chers parents n guise de gratitude pour tout leur sacrifice, soutient,
confiance et amour Aussi pour leur grande compréhension dans les
moments difficiles*

Mon chère frère Mohamed

*La mémoire de ma grand-mère qui a été toujours dans mon esprit et
dans mon cœur*

Mon oncle Abdelkader

Mes petits frères Islâm, Sofiane

Mes chères sœurs Houaria, Nadia, Khadra

*La main qui m'a accompagné en tout mon chemin, à l'esprit qui n'arrête
jamais de m'encourager, soufiane*

Mes proches amis Bouchra, Siham, Hanna, Lofti, ikram, Romaissa

*Tous mes camarades Houria, Nadia, Zahra, Kholoud, Sabira,
Bouthaina, Zozo*

Khawla.

Zahra

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A ma chère grand-mère « Yema » aucune dédicace aussi parfaite et douce soit elle ne saurait exprimer toute ma reconnaissance et tout l'amour que je te porte que dieu protège et t'accorde et longue vie pleine de santé

A ma chère grand-mère maternel « Rokaya » que dieu protège et t'accorde et longue vie pleine de santé et de bonheur

A mon père « Houari », Mon plus haut exemple et mon modèle de persévérance pour aller toujours de l'avant et ne jamais baisser les bras. Pour son enseignement continu à m'inculquer les vraies valeurs de la vie et pour ses précieux conseils.

A ma mère « Fatma » Pour son affection, sa patience, sa compréhension, sa disponibilité, son écoute permanente et son soutien sans égal dans les moments les plus difficiles de ma vie.

A mon adorables frère « Mohamed » et mes chères sœurs « Nessrin, Aya, Amina et son mari et sa fille Bouchra »

A toute ma famille, oncles et leurs femmes, et tantes, cousins, cousines, petit et grand, sans exception, qui m'ont toujours encouragé et m'ont souhaité la réussite.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, et m'ont soutenu moralement et matériellement « Khaled Raouia » et sa femme « Khaldia » et leurs enfants « Fatima, Ibtissem, Amine » et « Houari, Nouredine, Sahraoui, Mohamed, Arbi wadafi ». A la mémoire de mon grand-père « Ahmed » qui m'a toujours tenu la main et qui ne m'a jamais lâché de son existence

A Mme « Bouriah Nacéra », qui nous a encouragés et nous a soutenus jusqu'à la fin

A mes chères « Siham et Zahra », que je partage dans ce moment précieux.

A mes amis « es » « Linda, Asma, Ahlem, Hanaa, Rumaissa, Fatima, Fatiha, Habiba, Lotfi, Soufian, Youcef, Boudiaf, Djalil, Abdelhak, Ali, Youcef Kivok, amine, Hamza, souad, mohamed, aziz L »

A toute les personnes que j'aime et qui m'aime, et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

Bouchra

Dédicace

C'est avec un grand honneur que je dédie ce modeste travail aux deux personnes qui se sont sacrifiées pour que je grandisse avec un savoir-faire et qui m'ont appris à ne jamais baissé les bras....

Mes chers parents, lamouri et Zohra de votre affection et de tous les efforts que vous avez déployés durant toute ma vie j'espère que ce travail soit l'expression de ma pleine gratitude et de mon profond respect

Je dédie ce travail également :

- *A mes chers frères : Abed, youcef et Rabah*
- *A mes chères sœurs : Ahlem, fatiha, souad, sabah*
- *A mes amis : Zahra, Roumaissa, Hanaa, Linda, Lotfi, Soufian*

A ma chère : Bouchra

A toute ma famille surtout Abderahmen et Ritedj

Siham

Liste des abréviations

AFNOR : l'Association Française de Normalisation

CO₂ : Dioxyde de carbone

HE : Huile essentielle

HD : Hydrodistillation

Ia : Indice d'acide

Ie : Indice d'ester

Ii : Indice d'iode

Ir : Indice de réfraction

IPP : l'isopentenyl diphosphate

Is : Indice de saponification

M. inodora : *Micromeria inodora*

MV : Matière végétale

Pr : Pouvoir rotatoire

PDA : Potato Dextrose Agar

pH : potentiel d'hydrogène

% : Pourcentage

°C : degré

CMI : concentration minimale d'inhibitrice

Liste des figures

Figure n°1 : Tablette d'argile de l'époque sumérienne.....	02
Figure n°2 : Montage d'hydro distillation.....	11
Figure n°3 : Montage d'entraînement à la vapeur.....	12
Figure n°4 : Schéma du montage de l'expression à froid.....	13
Figure n°5 : Extraction sans solvant assistée par micro-ondes.....	15
Figure n°6 : Schéma du procédé d'hydro diffusion.....	16
Figure n°7 : Enfleurage de pétales de rose.....	17
Figure n°8 : Aspects morphologiques de <i>M inodora</i> (DESF.) BENTH.....	23
Figure n°9 : Carte de région de Mostaganem de satellite.....	25
Figure n°10 : Température moyenne quotidienne maximale (ligne rouge) et minimale (ligne bleue), avec bandes du 25e au 75e percentile et du 10e au 90e percentile. Les fines lignes pointillées sont les températures moyennes perçues correspondantes.....	26
Figure n°11 : Pourcentage de jours durant lesquels divers types de précipitation sont observés, excepté les quantités traces : pluie seulement, neige seulement et mélange (de la pluie et de la neige sont tombées au cours de la même journée).....	27
Figure n°12 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson	28
Figure n°13 : Protocole expérimental	28
Figure n°14 : Séchage de la partie aérienne de <i>Micromeria inodora</i>	29
Figure n°15 : Dispositif d'hydro distillation.....	30
Figure n°16 : Souches fongiques utilisées (Trichoderma , Fusirume , Pénicillium , Alternaria).....	34
Figure n°17 : Extraction d'HE (décantation).....	36

Liste des tableaux

Tableau n°01 : Principales plantes médicinales utilisées en Algérie.....	06
Tableau n°2 : Propriétés physiques du CO ₂ à l'état gaz, supercritique et liquide	13
Tableau n°3 : Importations de l'Algérie en huiles essentielles.....	19
Tableau n°4 : Classement des vingt premières huiles essentielles au monde.....	20
Tableau n°05 : Matériel utilisé au laboratoire (annexe I)	
Tableau n°06 : Rendement en HE de <i>MI</i> dans trois régions (Mostaganem, Tlemcen, Oran).....	37

TABLE DES MATIERES

Liste des abréviations.....	i
Liste des figures.....	ii
Liste des tableaux.....	iii
Introduction	

Première partie

Synthèse Bibliographique

Chapitre I : les plantes médicinales

1. Historique	02
2. Définition.....	03
3. Habitat.....	03
4. Identité botanique.....	03
5. Culture	04
6. Utilisation	05
7. Conservation	07

Chapitre II : les huiles essentielles

1. Historique	08
2. Définition	08
3. Importance	08
4. Propriétés physique	09
5. Principaux groupes chimiques	09
5.1.les terpènes.....	09
5.2.les composés aromatiques	10
6. Toxicité	10
7. Méthodes d'extraction	10
7.1. Hydrodistillation.....	10

7.2.Entrainement à la vapeur d'eau	11
7.3.Extraction au gaz CO 2 supercritique	12
7.4.Expression à froid.....	13
7.5.Distillation sèche.....	14
7.6.Par solvant organique.....	14
7.7.Extraction sans solvant assistée par micro-ondes.....	14
7.8.Hydro diffusion.....	15
7.9.L'enfleurage.....	16
8. Conservation.....	17
9. Voies d'administration.....	17
10. Marché des huiles essentielles.....	19
11. Activité antifongique	20

Chapitre III : Micromeria inodora

1. Généralité	22
2. Description botanique	22
3. Classification botanique	23
4. Propriétés thérapeutiques	23

Deuxième partie :

Etude expérimentale

Chapitre I : matérielles et méthodes

1. Le lieu et la période du travail	25
2. Matériels et méthodes.....	25
2.1 Matériel biologique.....	25
2.2 Matériel de laboratoire	25
3. Situation géographique de la zone d'étude	25
4. Climat régional.....	26
5. Protocole expérimental.....	28
6.1. Récolte.....	29
6.2. Séchage.....	29

6.3. Identification botanique	29
6.4. Méthode d'extraction par hydro distillation.....	29
6.5. Évaluation de quelque indices physicochimiques	31
6.6. Évaluation de l'activité antifongique.....	34
7. Analyse statistique.....	35

Chapitre II : résultat et discussion

1. rendement en huiles essentielles.....	36
2. Evaluation de l'activité antifongique de <i>M inodora</i>	38

Conclusion

Références bibliographiques

Annexe

Introduction

Introduction

Le recours à la phytothérapie s'est répandu partout dans le monde et a gagné en popularité, et occupe une grande place dans le système de santé (**Khalil et al., 2007**).

L'Algérie est connue pour sa biodiversité, dispose d'une flore particulièrement riche et variée, On compte environ 3000 espèces des plantes dont 15% endémique et appartenant à plusieurs familles botanique et abrite un ensemble d'espèces importantes et variées et témoigne de ce fait d'une richesse floristique incontestable c'est pourquoi nous sommes intéressés à étudier et développer la phytothérapie (**Quezel et santa, 1963**).

Micromeria inodora (Desf.) Benth. est une plante inodore appartenant à la famille des *Lamiacées* qui s'étend sur les rochers, le calcaire dans la région méditerranéenne occidentale, particulièrement localisée dans quelques zones du littoral de l'ouest de l'Algérie et Îles Baléares. En Algérie, huit espèces ont été signalées et parmi elles, *Micromeria inodora* (Desf.) Benth. (Synonymes: *Satureja fontanesii* Briq. = *Micromeria barceloi* Willk. = *Satureja Barceloi* (Willk. Pau) = *Thymus inodorus* Desf.) Est un sous-arbrisseau avec des tiges ramifiées de 10 à 50 cm, avec calice de 4 mm glabrescent et corolle rose, de grande taille (10-12 mm) large lèvre inférieure de 6-7 mm. En Algérie, cette plante est connue par la population sous le nom "*Tazira hmeur*" (**Benomari, 2016**).

L'objectif de ce travail consiste à l'extraction d'huile essentielle et l'évaluation de l'activité antifongique de *Micromeria inodora* (Desf.) Benth. de Mostaganem.

Le présent travail est divisé en deux parties :

La première partie présente une synthèse bibliographique qui décrit les notions essentielles liées au contexte global de notre travail (généralité sur les plantes médicinales, les huiles essentielles et une description décrit les notions essentielles liées à la plante étudiée *Micromeria inodora* (Desf.) Benth.).

Dans la deuxième partie une étude expérimentale dans lequel on a étudiée la situation géographique de la zone d'étude et les valeurs climatiques de cette zone, après nous avons illustrée le matériel et les méthodes utilisés, ensuite nous avons présentée et discuter les résultats obtenus.

Enfin, cette étude s'achève par une conclusion et des perspectives.

Première partie
Synthèse bibliographique

Chapitre I
Plantes médicinales

1. Historique

Tout au long de l'histoire figure l'utilisation des plantes par l'homme pour se nourrir et se soigner. Les tablettes d'argile de l'époque sumérienne (**Figure n° 1**) qui décrivent une pharmacopée (recueil des médicaments donnant leur mode de préparation, leur composition et leur action, autrefois appelée Codex) riche en plantes tel le myrte, le thym et le saule. Celles-ci étaient utilisées en décoctions que l'on filtrait avant de les absorber (**Djeddi, 2012**).



Figure n° 1 : Tablette d'argile de l'époque sumérienne (**Djeddi, 2012**).

Les plantes médicinales avaient un grand intérêt dans la médecine traditionnelle, elles présentent une source naturelle efficace et moins coûteuse de la thérapie soit sous forme de préparations traditionnelles (jus, crème, poudre...), ou sous forme de principes actifs purs. Les plantes médicinales sont très abondantes dans la nature, elles sont caractérisées par la diminution des effets indésirables par apport aux médicaments, par une grande efficacité thérapeutique et par la présence de compositions inoffensives telles que la cellulose. Parmi les plantes utilisées dans la médecine traditionnelle en Algérie, on cite : le tamier qui est utilisé dans le traitement du rhumatisme et la carduncelle bleue qui contribue à guérir les brûlures (**Belkhiri et Baghiani, 2017**).

2. Définition

Les plantes médicinales sont des drogues végétales au sens de la Pharmacopée européenne qui peuvent être utilisées dans les alimentaires ou condimentaires, ou encore servir à la préparation de boissons hygiéniques (**Pasdeloup, 2019**).

En d'autres termes nous pouvons dire qu'une plante médicinale est une plante dont un des organes, par exemple la feuille ou l'écorce, possède des vertus curatives lorsqu'il est utilisé à un certain dosage et d'une manière précise (**Chabrier, 2010**).

3. Habitat

Les plantes médicinales sont pratiquement réparties aux latitudes, dans les habitats les plus divers, où se trouve le monde végétal. On trouve, à l'état spontané, l'adonis, le chardon béni, le fenouil, le thym, le romarin, la sauge, l'hysop, etc (**Djeddi, 2012**).

Tributaire du milieu, la plante est sans doute plus que l'animal qui peut gagner des régions plus clémentes lorsque son évolution biologique est entravée par des conditions défavorables. Cependant la plante se dédommage souvent des inconvénients de son immobilisme par une grande capacité d'adaptation. Lorsque elle doit résister à la sécheresse et à la pauvreté du sol, ses racines se développent plus profondément, elles sont plus raffinées, explorant ainsi de vastes couches de terre et de sous-sol. Si, à l'opposé, le sol présente un excès d'eau, elle régit par une abondante transpiration et une sudation (**Boughendjioua, 2000**).

4. Identité botanique

L'identité botanique, signifie le nom scientifique (genre, espèce et sous espèce/variété) de chaque plante médicinale cultivée, elle doit être déterminée ou définie et enregistrée. Le nom local et le nom commun français et arabe, s'ils existent, sont également enregistrés. Toute autre information pertinente, comme le mode de culture, l'écotype, le chimiotype ou le phénotype, peut également être notée selon le cas (**Djeddi, 2012**).

5. Culture

La culture des plantes médicinales requiert des soins attentifs et une gestion adéquate. Les conditions et la durée de culture dépendent de la qualité des matières végétales recherchées. S'il n'existe pas de données scientifiques publiées ou documentées sur la culture des plantes médicinales, on peut suivre, là où c'est possible, les méthodes de culture traditionnelles (**Djeddi, 2012**).

Les avantages de la culture des plantes médicinales sont en effet évidents :

- Disponibilité des plantes sans besoin d'aller dans la forêt détruire les espèces.
- Apports substantiels de revenus pour les paysans qui les cultivent.
- Disponibilité prévisible des plantes médicinales au moment voulu et en quantité voulue.
- Disponibilité et protection des plantes actuellement rares ou en voie de disparition dans la nature.
- Contrôle plus facile de la qualité, de la sécurité et de la propreté des plantes.

La teneur en principes actifs d'une plante médicinale varie avec l'organe considéré, mais aussi avec l'âge de la plante, l'époque de l'année et l'heure de la journée. Il y a donc une grande variabilité dont il faut tenir compte pour récolter au moment le plus opportun (**Belouad, 2001**).

De nombreux organes peuvent être récoltés : les racines, les rhizomes, les tiges, l'écorce, le bois, les bourgeons, les feuilles, les sommités fleuries, les fleurs, les fruits, les graines, mais aussi les gommés et le latex. Les organes souterrains sont secoués et brossés pour enlever la terre, parfois lavés. Les racines et les tiges de dimension importante sont coupées en rondelles ou fendues longitudinalement pour faciliter leur dessiccation ultérieure (**Volak et Stodola, 1983**).

6. Utilisation

Dans les temps anciens, les plantes étaient utilisées uniquement dans la nature, sous forme de tisane ou de poudres (**Bézanger et al., 1986**). Maintenant beaucoup sont présentées en gélules, mais il existe de nombreuses formes d'utilisation des plantes médicinales. Quelle que soit leur présentation, elles jouissent d'un regain d'intérêt largement suscité et entretenu par la publicité ainsi que par l'innombrable ouvrage de vulgarisation.

De plus en plus les plantes sont utilisées en mélange. Pour ces préparations, des règles de bonnes pratiques officinales ont été instaurées. De nombreux paramètres sont à respecter comme le nombre de plantes, les associations possibles, la saveur, ou encore le goût qui devra être adapté au client. L'âge du patient et son état devront également être pris en compte. La menthe par exemple, sera évitée chez un patient ulcéreux.

Signalons également que de nombreuses plantes s'emploient uniquement en homéopathie. C'est par exemple le cas de la souche *Arum triphyllum* provenant de l'Arum à trois feuilles, ou Navet indien, appartenant à la famille des Araceae. Elle est utilisée en dilution dans le traitement des affections respiratoires et du surmenage de la voix (**Chabrier, 2010**).

Principales espèces utilisées en Algérie sont présentées dans le **tableau n°1** : Parmi les plantes médicinales utilisées en Algérie, on distingue deux grands groupes :

- **Groupe 1** : avec très peu d'espèces sauvages très peu exigeants et poussant dans des sols très divers et des régions climatiques allant de la zone sub-humide à la zone non lointaine de la côte méditerranéenne (moutarde, camomille, lavande...) aux zones arides et semi-arides de là l'extrême sud avec un climat chaud et sec (armoïse).
- **Groupe 2** : Ce groupe comprend les espèces qui demandent principalement de l'eau et des engrais, et cultivé sur de petites zones moyennes (menthe, verveine citronnée, romarin...).

Ces plantes nécessitent un entretien pour les utilisées à des objectifs de marché particuliers (**Reguieg, 2011**).

Tableau n°1 : Principales plantes médicinales utilisées en Algérie (Beloued, 1998)

Nom commun	Nom scientifique
Wormwood	<i>Artemisia vulgaris</i>
Aubépine	<i>Crataegus Oxycantha</i>
Basil	<i>Ocimum basilicum</i>
Borage	<i>Borago officinalis</i>
Coriandre	<i>Coriandrum sativum L.</i>
Fenugrec	<i>Trigonella foenum-graecum</i>
Fumitory	<i>Fumaria officinalis L.</i>
Lavande	<i>Lavandula stoechas</i>
Mauve	<i>Malva silvestris</i>
Menthe poivrée	<i>Mentha piperita</i>
Origan	<i>Origanum vulgare</i>
Nettle	<i>Urtica dioica</i>
Purslane	<i>Portulaca oleracea</i>
Le romarin	<i>Rosmarinus officinalis L.</i>
Sage	<i>Salvia officinalis L</i>
Thym	<i>Thymus vulgaris</i>
Verbena	<i>Verbena officinalis</i>

7. Conservation

Il existe diverses méthodes de conservation, les plus courantes et les plus simples étant le séchage à l'air ou au four. Un endroit chaud et sec est l'idéal. Poser toujours les plantes sur du papier journal. Une fois séchées, les plantes se conservent plusieurs mois dans un pot en verre teinté ou dans un sac en papier kraft (**Iserin et Vican, 2001**).

Au cours d'un stockage prolongé, les méthodes et les conditions de conservation doivent permettre d'éviter toute modification de la nature des plantes (vermine, moisissures et microorganismes) afin de préserver l'intégrité de leurs propriétés actives. La qualité des plantes aromatiques ou médicinales en dépend. C'est une étape importante dans la garantie des propriétés des plantes étudiées ou utilisées. Le développement des moisissures et des micro-organismes est favorisé par l'humidité pouvant provenir de la plante elle-même, d'une mauvaise aération du lieu de conservation ou de l'humidité du sol. Ces facteurs qui peuvent accélérer les processus de fermentation ou d'oxydation de certains constituants végétaux. La conservation dans un endroit frais évite, par exemple, la dissémination des spores et la multiplication des parasites. Aussi, est-il souvent nécessaire, dans un premier temps, de soumettre les produits récoltés au séchage par le soleil, tout en sachant qu'un séchage trop prolongé au soleil modifie non seulement la couleur mais aussi la nature de ceux-ci. La conservation à l'abri de la lumière, dans des récipients en porcelaine, en faïence ou en verre teinté, est être nécessaire pour les plantes qui subissent des transformations chimiques sous l'influence des ultraviolets. La conservation en milieu étanche peut être utile pour les plantes qui s'oxydent rapidement ou qui contiennent des produits volatils. Il faut étiqueter les sacs et bocaux avant de les ranger à l'abri de l'humidité et de la chaleur, car les pires ennemis des plantes médicinales sont la poussière, la chaleur et l'humidité qui sont susceptibles de dissiper les principes actifs ou pire encore de les altérer. Sur chaque bocal il faudra coller une étiquette portant le nom de la plante qu'il contient à fin d'éviter toute possibilité de confusion, les bocaux seront placés dans un endroit frais et sec (**Djeddi, 2012**).

Chapitre II
Huiles essentielles

1. Historique

Les huiles essentielles étaient connues depuis les temps les plus lointains, certains affirment que certaines HEs ont été utilisées en Chine autour de 2800 ans av. J.-C. dans le cadre de la médecine naturelle. D'autres préconisent que les traces d'utilisation de l'aromathérapie remontent à plus de 7000 ans av. J.-C. dont la preuve est un alambic en terre cuite retrouvé au Pakistan datant de cette époque. On trouve également des inscriptions datant de l'époque égyptienne qui expliquent l'utilisation des arômes pour l'usage personnel, pour les préparations médicinales et religieuses. Avec le développement de la science moderne, la technologie des HE a connu de nouvelles méthodes d'extraction et d'analyse. Depuis, elles ont donné lieu à un développement ininterrompu qui a conduit à la naissance d'une industrie des plantes à parfum. On connaît actuellement 2000 HE, parmi lesquelles près de 200 font l'objet d'importantes transactions commerciales internationales, elles sont d'un usage courant et servent de matière première pour l'industrie pharmaceutique (**Djeddi, 2012**).

2. Définition

L'HE est le produit noble résultant de la distillation d'une plante aromatique (par exemple la sauge), d'une fleur (par exemple la rose), d'une semence (par exemple la carotte), d'un bois (par exemple le santal), d'un fruit (par exemple la bergamote), d'une baie (par exemple le genièvre) ou encore d'une sève d'arbre (par exemple la térébenthine) (**Nelly, 2015**).

Dans la réalité, une huile essentielle est l'ensemble de tout cela, car il s'agit d'un produit parfumé et volatil, composé de molécules sécrétées par certains arbres et certaines plantes qui lui confèrent un parfum spécifique (**Moro Buronzo, 2008**).

3. Importance

Les HEs sont très importantes, elles protègent la plante des microorganismes et des insectes nuisibles ainsi que des herbivores. Leur composant réagit comme donneur d'hydrogène dans la réaction d'oxydoréduction (**Roger, 1997**). Parmi ces composants, il y a les terpénoïdes qui possèdent un rôle écologique lors des interactions végétales, comme inhibiteur de la germination et aussi lors des interactions végétal-animal, comme agent de protection contre les prédateurs tels que les insectes (**Garnero, 1991**).

Les travaux de **Croteau** ont montré que les huiles volatiles auraient en réalité un rôle de mobilisateur d'énergie lumineuse et de régulateur thermique au profit de la plante. Elles réguleraient la transpiration diurne en absorbant les rayons ultraviolets par leurs constituants insaturés (**Croteau, 1986**).

4. Propriétés physiques

Les HEs sont des composés volatiles, liquides à température ambiante, limpides et rarement colorées, elles sont douées d'un pouvoir rotatoire puisqu'elles sont formées principalement de composés asymétriques, elles sont peu miscibles à l'eau. Elles sont généralement assez solubles dans les solvants organiques (AFNOR, 2000).

Elles s'oxydent facilement à la lumière et se résinifient en absorbant de l'oxygène, en même temps, leurs odeurs se modifient, leurs points d'ébullition augmentent et leurs solubilités diminuent. Elles absorbent le chlore, le brome et l'iode en dégageant de la chaleur (Duraffourd et al., 1990).

5. principaux groupes chimiques

Les constituants des HEs appartiennent, de façon quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes (terpènes) d'une part et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane beaucoup moins fréquents d'autre part, tous caractérisés par un poids moléculaire bas (Bakkali et al., 2008).

5.1. Terpènes

Les terpènes (= terpénoïdes) sont des constituants habituels des cellules végétales, impliqués ou non dans des fonctions métaboliques essentielles, on les trouve fréquemment dans les huiles volatiles des plantes (Lamarti et al., 1994).

La biosynthèse des terpènes consiste la synthèse du précurseur de l'isopentenyl diphosphate (IPP), l'adjonction répétitive d'IPPs pour former le précurseur prenyldiphosphate des différentes classes de terpènes, la modification allylique de prenyldiphosphate par des synthétases spécifique de terpènes pour former la squelette terpène et finalement, la modification enzymatique secondaire (réaction redox) de la squelette pour attribuer les propriétés fonctionnelles aux différents terpènes (Bakkali et al., 2008).

a. Les monoterpènes

Ils sont formés par le couplage de deux unités isopréniques (C₁₀). Ils sont les molécules les plus représentatives, constituant 90 % des huiles essentielles et permettent une grande variété de structures (Belkhiri et Baghiani, 2017).

b. Les sesquiterpènes

Ils sont formés par l'assemblage de trois unités isopréniques (C₁₅). L'extension de la chaîne augmente le nombre de cyclisations qui permet une grande variété de structures (**Belkhir et Baghiani, 2017**).

5.2. composés aromatiques

Les composés aromatiques sont des dérivés de phenylpropane (C₆-C₃), se produisent beaucoup moins fréquents que les terpènes. Très fréquemment, il s'agit d'allyle de propénylphénols, parfois des aldéhydes, caractéristiques de certaines HE, telle celle du girofle (eugénol) (**Ghestem et al., 2001**).

6. Toxicité

Les HEs ont une toxicité aiguë par voie orale faible ou très faible : la majorité des huiles qui sont couramment utilisées ont une dose létale (DL₅₀) comprise entre 2 et 5 g/kg (Anis, Eucalyptus, Girofle...etc.) ou, ce qui est le plus fréquent, supérieure à 5 g/kg (Camomille, Lavande...etc.). D'autres, une quinzaine, ont une DL₅₀ comprise entre 1 et 2 g/kg : Basilic, Estragon, Hysope (1,5ml/kg). Les plus toxiques sont les huiles essentielles de Boldo (0,13 g/kg ; convulsions apparaissant dès 0,07 g/kg), de Chénopode (0,25 g/kg), de Thuya (0,83 g/kg), ainsi que l'essence de moutarde (0,34 g/kg) (**Bruneton, 1999**).

7. Méthodes d'extractions

Les HEs sont extraites principalement par des méthodes parmi les quelle :

7.1. Hydrodistillation

L'extraction des HEs par hydrodistillation est réaliser par un appareil de type Clevenger (**Figure n°2**).

Il comprend un ballon de capacité de deux litres contenant de l'eau bouillonnante en contact direct avec la matière végétale. Ce ballon est connecté à un réfrigérant qui sert à condenser la vapeur d'eau contenant l'huile essentielle extraite, le distillat est récupéré dans un ballon ou erlen (**Golmakani et Rezaei, 2008**).

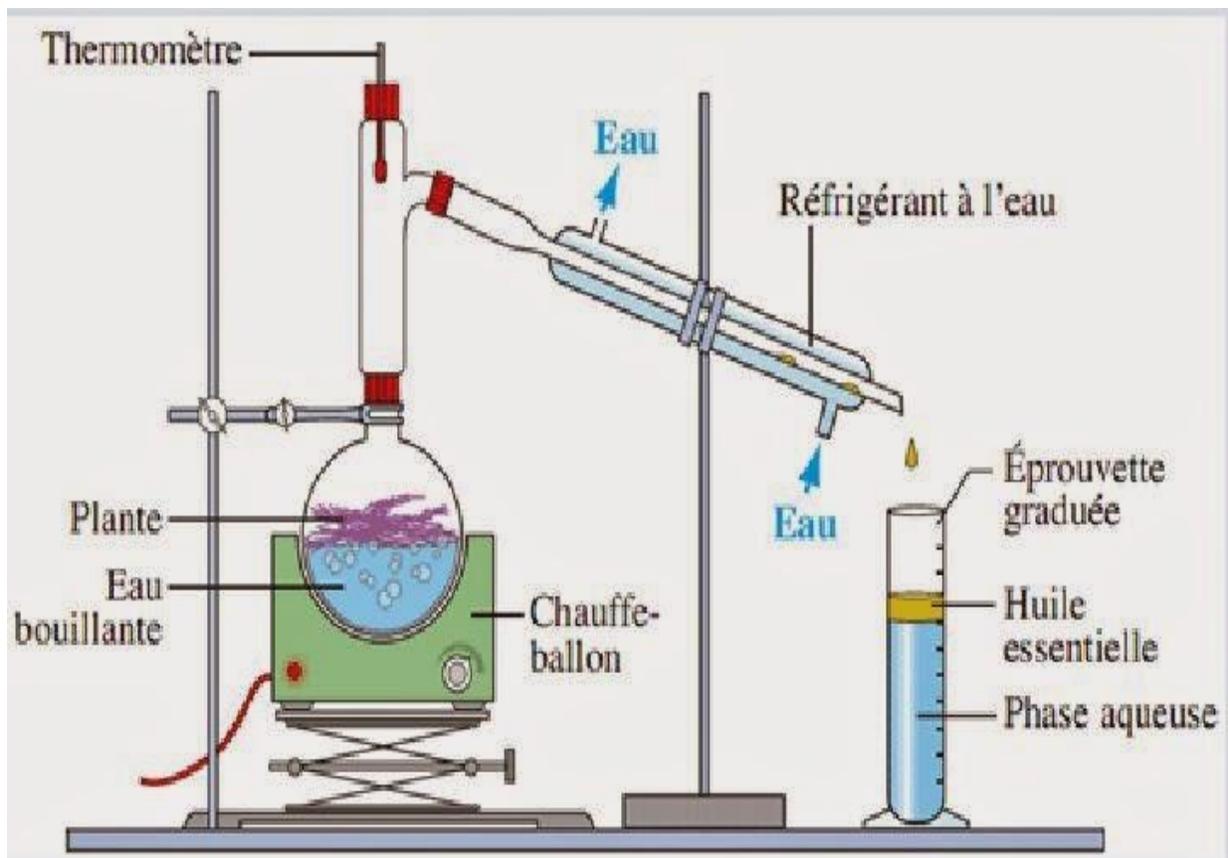


Figure n°2 : Montage d'hydrodistillation (Clevenger, 1928)

7.2. Entraînement à la vapeur d'eau

Ce procédé consiste à récupérer l'HE des plantes en faisant passer à travers ces dernières un courant de vapeur d'eau, ces vapeurs saturées en composés organiques volatils sont condensées et récupérées par décantation (Figure n°3) (Dorman et Deans, 2000).

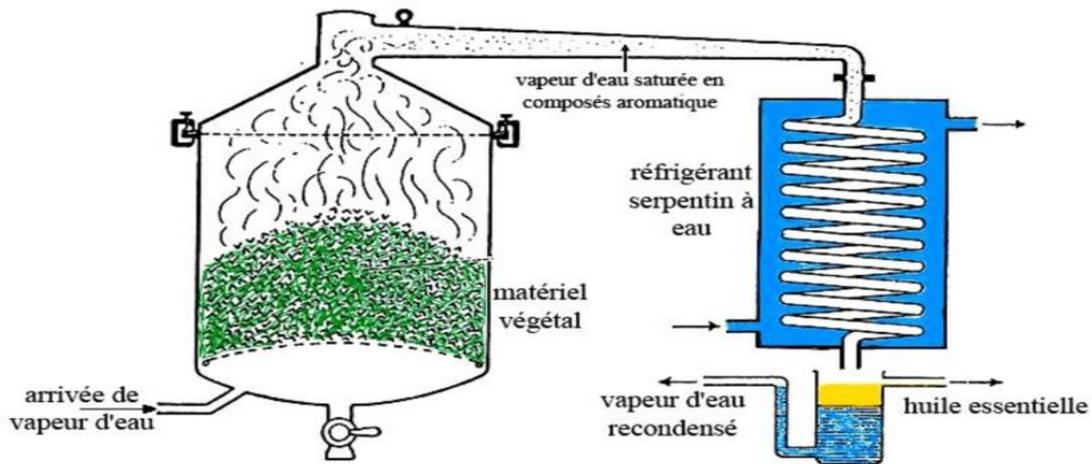


Figure n°3 : Montage d'entraînement à la vapeur d'eau (Benouali, 2015)

7.3. Extraction au gaz CO₂ supercritique

Il s'agit d'une technique moderne très coûteuse, du dioxyde de carbone à haute pression est employée pour faire exploser les poches végétales contenant l'essence. Qu'il est alors possible de récupérer (Moro Buronzo, 2008).

Le dioxyde de carbone supercritique présente des propriétés physico chimiques intermédiaires entre celles de la phase liquide et celles de la phase gazeuse. Les propriétés du CO₂ dans les différents états sont rassemblées dans le Tableau n°2 (Herzi, 2013).

Tableau n°2 : Propriétés physiques du CO₂ à l'état gaz, supercritique et liquide (Mchugh et Krukonis, 1994)

Propriétés	Masse volumique ρ (kg/m ³)	Diffusivité D (m ² /s)	Viscosité η (Pa.s)
Gaz (30°C et 1 atm)	0,6 à 2	(1 à 4) 10 ⁻⁵	(1 à 3) 10 ⁻⁵
CO ₂ supercritique (Tc /Pc)	200 à 500	0,7 10 ⁻⁷	(1 à 3) 10 ⁻⁵
Liquide (30°C et 1 atm)	600 à 1600	(0,2 à 2) 10 ⁻⁹	(0,2 à 3) 10 ⁻³

Généralement le CO₂ supercritique permet de solubiliser des composés apolaires et de faibles masses moléculaires. Ensuite, la faible viscosité dynamique et la forte masse volumique résultent en une viscosité cinématique faible, qui favorise les phénomènes de convection naturelle massique (Herzi, 2013).

7.4. Expression à froid

C'est une technique "physique" simple où les écorces des agrumes (citron, orange,...) sont pressées à froid pour extraire leurs HEs en utilisant des rouleaux ou des éponges. Aucune source de chaleur n'est utilisée, laissant ainsi à l'huile une odeur très proche de l'original comme le montre la **Figure n°4**. Le principe de cette méthode consiste à faire éclater par différents procédés mécaniques (compression, perforation) les poches qui sont situées à la superficie de l'écorce de ces fruits renfermant l'HE. L'huile libérée est ensuite recueillie par un courant d'eau (Herzi, 2013).

L'extraction par expression à froid peut être réalisée soit à partir des zestes, soit à partir du fruit entier :

- Le traitement des fruits entiers s'effectue dans des machines dites « pélatrices » qui exercent une action abrasive sur l'écorce en lacérant la surface externe du fruit pour libérer l'essence.
- Le traitement des zestes, quant à lui, s'effectue dans des machines dites « sfumatrices » qui agissent par une action combinée de compression-dépression de l'écorce des agrumes afin que l'essence soit libérée (Duvillard, 2013).

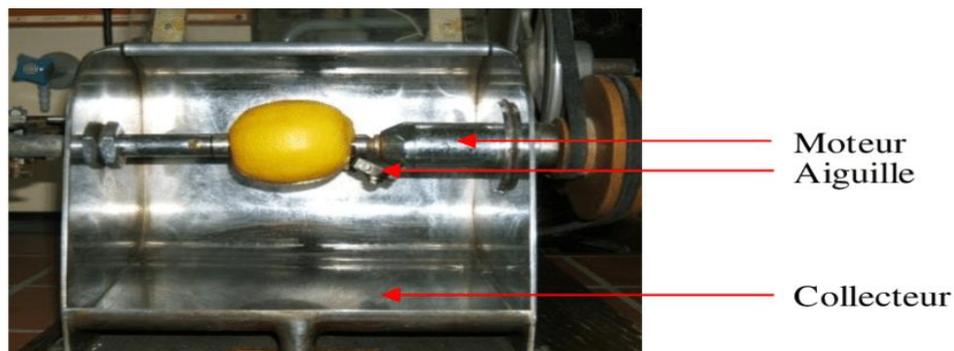


Figure n°4 : Schéma du montage de l'expression à froid (Ferhat, 2007)

7.5. Distillation sèche

La distillation sèche consiste à chauffer directement la matière végétale sans ajout d'eau ni de solvants organiques, puis la vapeur d'eau chargée de molécules volatiles libérée par la plante est alors condensée et recueillie. On peut ainsi obtenir, à partir de certains bois (cade, bouleau,...) d'écorces ou de racines, des huiles empyreumatiques (cade, bouleau, arôme fumé...) d'importance assez limitée, mais riches en hydrocarbures aromatiques polycycliques cancérigènes (**Peyron, 1992**).

7.6. Par solvant organique

Les solvants organiques sont des composés chimiques volatils et relativement inertes chimiquement et dans la plupart des applications ils jouent un rôle transitoire en facilitant le processus d'extraction, pour être ensuite évacués (**Bégin et Gérin, 2002**).

Certains organes de végétaux, en particulier les fleurs, sont trop fragiles et ne supportent pas les traitements par entraînement à la vapeur d'eau et l'hydrodistillation. C'est le cas des fleurs de jasmin, d'œillet... Il faut donc pour ces végétaux, recourir à d'autres méthodes d'extraction des composés odorants volatils qui sont l'extraction par des solvants (**Djeddi, 2012**).

Cette technique consiste à placer dans un extracteur un solvant volatil et la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant va se charger en molécules aromatiques, avant d'être envoyé au concentrateur pour y être distillé à pression atmosphérique. Les rendements sont généralement plus importants par rapport à la distillation et cette technique évite l'action hydrolysant de l'eau ou de la vapeur d'eau (**Lucchesi, 2005**).

7.7. Extraction sans solvant assistée par micro-ondes

Les micro-ondes constituent, par ailleurs, une méthode d'extraction en plein développement (**Figure n°5**). Cette méthode permet de réaliser des extractions du matériel végétal frais à pression atmosphérique, sans ajout d'eau ou de solvant. Elle consiste à placer le matériel végétal dans un réacteur au sein d'un four micro-ondes. Le chauffage interne de l'eau intrinsèque de la plante permet de dilater ses cellules et provoquer la distillation azéotropique d'un mélange d'eau/huile essentielle. Un système réfrigérant situé à l'extérieur du four à micro-ondes permet la condensation du distillat en continu, puis le mélange est dirigé dans l'appareil de Clevenger où les composés aromatiques sont obtenus par simple séparation de phase. L'excès d'eau est réintroduit dans le réacteur de manière à restaurer la quantité d'eau initialement présente dans la plante (**Mnayer, 2014**).

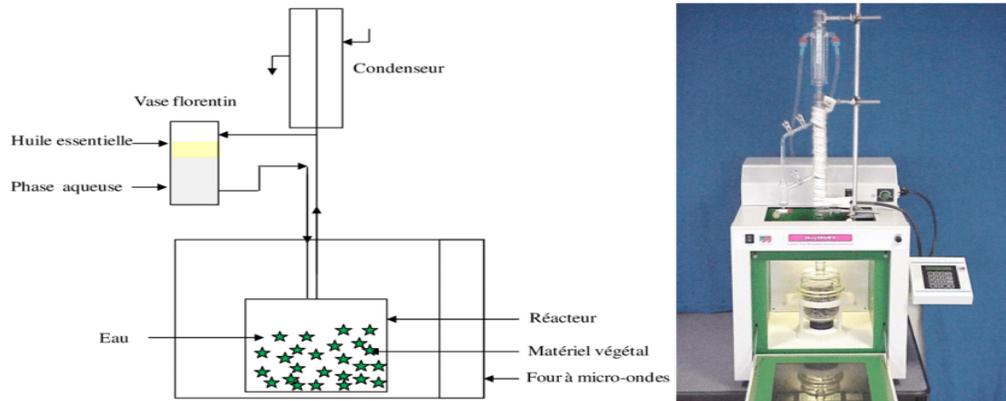


Figure n°5 : Extraction sans solvant assistée par micro-ondes (Mnayer, 2014).

7.8. Hydro diffusion

L'hydro diffusion est une variante de la distillation à la vapeur d'eau à l'inverse de la distillation classique, elle fonctionne avec un flux de vapeur descendant. Dans ce procédé, le végétal est disposé dans un parallélépipède métallique grillagé ; la vapeur d'eau saturée et humide est introduite par le haut et traverse la plante aromatique du haut vers le bas en entraînant ses principes odorants. La forme de l'appareillage permet une meilleure répartition des charges. L'huile essentielle passe ensuite à travers le réfrigérant qui va entraîner sa condensation sous la grille retenant la matière première végétale avant d'être séparée puis recueillie grâce à un collecteur qui permet un équilibre avec la pression atmosphérique comme on peut le voir sur **la figure n°6**.

On peut aussi préciser qu'il y a un procédé de cohobation qui renvoie dans la chaudière toutes les eaux qui sont séparées des huiles (Lo Presti et al., 2005).

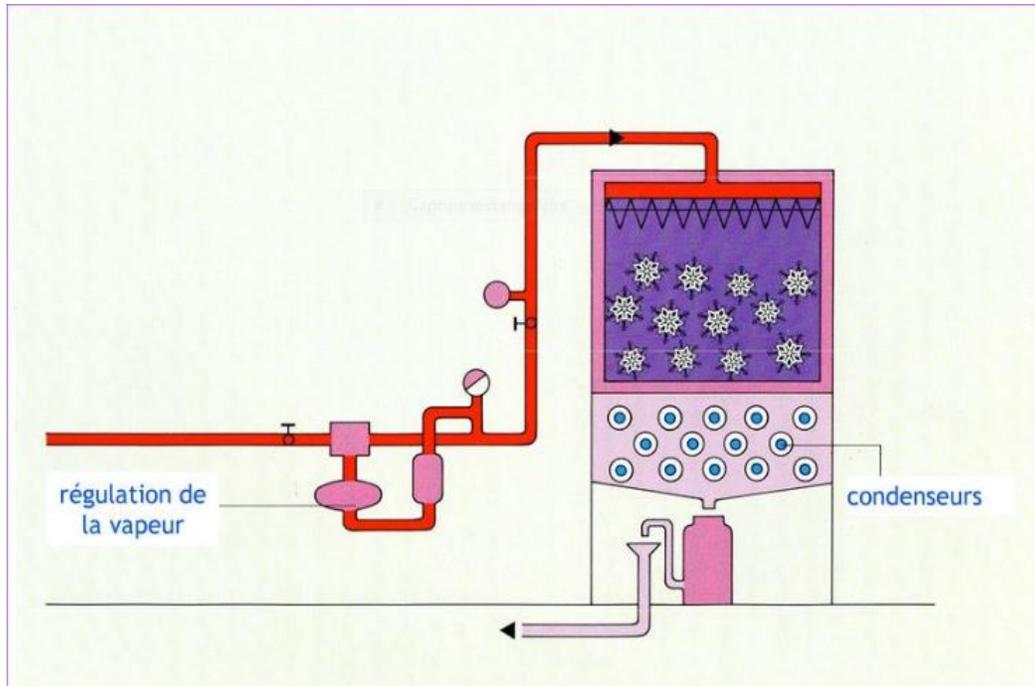


Figure n°6 : Schéma du procédé d'hydro diffusion (Bousbia, 2011).

7.9. Enfleurage

L'enfleurage est l'une des plus anciennes techniques d'extraction utilisées en parfumerie. Elle consiste à extraire naturellement le parfum des fleurs à l'aide d'un corps gras, également appelé panne, qui va en absorber les principes odorants (Duvillard, 2013).

Il existe deux types d'enfleurage à chaud et à froid selon la résistance de la plante à la chaleur :

- a. **Enfleurage à chaud (macération)**: les fleurs sont disposées en fines couches sur des plateaux enduits de graisse inodore, puis exposées au soleil ou chauffées au bain-marie jusqu'à absorption du parfum. La graisse est ensuite filtrée à travers des tissus de lin ou de coton. On obtient ainsi une pommade, pâte parfumée que l'on traite par enfleurage à froid pour recueillir l'extrait liquide (Océano, 2007).
- b. **Enfleurage à froid** : Les fleurs les plus fragiles qui ne supportent pas la chaleur sont disposées sur des châssis de verre enduit de graisse et renouvelées tous les 3 à 7 jours selon les espèces (figure n°7). Lorsque le parfumeur considère que la graisse est saturée, elle est grattée et mélangée à un peu d'alcool pour obtenir des pommades ou bien épuisée par de l'alcool. On obtient alors un liquide nommé l'absolu (Benabdallah, 2015).



Figure n°7 : Enfleurage de pétales de rose (Benabdallah, 2015).

8. Conservation

Les huiles essentielles doivent être conservées dans des flacons opaques et fermés hermétiquement A cause de leur évaporation rapide, leur sensibilité à l'air et à la lumière (Valnet, 1984), Il peut être conservé parfaitement quelques années à l'abri de la chaleur (Nelly, 2015).

Ne pas exposer les bouteilles à la lumière ou à l'air pendant de longues périodes, pour éviter l'oxydation des composants, car cela peut rendre l'HE plus toxique. Les zones de stockage doivent être hors de la portée des enfants (Laurent, 2017).

9. Voies d'administration

- Voie orale

La voie orale sera utilisée avec prudence, principalement dans les pathologies infectieuses (respiratoires, digestives, urinaires, etc.) Pour la voie sublinguale, les HEs pourront être utilisées pures dans le cas de celles qui ne sont pas irritantes. On pourra aussi les administrer sur un support tel qu'un comprimé neutre, du miel ou sur un sucre (sauf pour le patient diabétique). Il est également possible de les diluer dans une huile végétale, d'autant plus si l'HE est irritante, ou alors dans un complexe liposomal pouvant émulsionner les HEs. Si besoin, elles pourront faire l'objet d'une préparation magistrale en gélules, ce qui permet de masquer le goût s'il est incommode, et de protéger la muqueuse gastrique dans le cas des gélules gastro-résistantes (Tony, 2016).

- **Voie cutanée**

Une HE traverse rapidement et facilement les différentes couches de la peau. Elle atteint ensuite la circulation sanguine, se diffusant ainsi dans tout l'organisme. L'HE se retrouve dans le sang en quelques minutes et dans l'air expiré au bout d'une heure. La voie cutanée s'applique à de nombreuses affections allant du mal de tête jusqu'aux troubles digestifs et dermatologiques. L'HE de menthe poivrée ne doit pas s'appliquer sur une grande surface cutanée ou en bains car elle engendre un risque d'hypothermie intense. L'administration d'une HE par voie cutanée s'effectue de différentes façons (**Zahalka, 2010**).

L'administration d'une HE par voie buccale, ou en gargarisme, consiste à verser quelques gouttes d'HE dans un dispersant (comme le Dispersol) ou un alcool fort puis d'effectuer un gargarisme. La voie buccale permet d'assainir la bouche et la gorge, l'important étant de ne rien avaler de la solution. La posologie usuelle se définit par 4 gouttes d'HE dans une cuillère à café de Dispersol ou de l'alcool (**Miles, 2013**).

- **Voie olfactive ou respiratoire**

L'HE pénètre dans les voies respiratoires, procurant un effet apaisant, ou au contraire stimulant selon les cas. Toutes les HE ne peuvent pas s'administrer de cette façon : certaines provoquent une irritation oculaire (HE de menthe poivrée), d'autres renferment une odeur désagréable (HE de lavande aspic). La voie olfactive s'utilise en diffusion ou en inhalation (**Laëtitia, 2015**).

- **Voie rectale**

Cette voie peut être utilisée chez les adultes et les enfants de plus de 30 mois car la muqueuse rectale possède une grande perméabilité et permet une absorption efficace et rapide (dans les 30 minutes qui suivent l'administration) des HE. La muqueuse rectale étant très irritable, il convient bien évidemment d'incorporer les HE dans un excipient ou une forme galénique (type suppositoire ou micro lavement) et non pas pures. Cette voie peut être une alternative à la voie orale lorsque le goût des HE dérange (**Roux, 2011**).

- **Voie vaginale**

Cette voie reste peu utilisée pour l'administration des HE, cependant, grâce à la perméabilité de la muqueuse vaginale, on peut administrer des HE soit en irrigation soit grâce à des ovules ou des crèmes gynécologiques. Cette voie est surtout utilisée sur prescription médicale lors d'infections bactériennes ou mycosiques dont le traitement nécessite un contact prolongé des HE avec la muqueuse (**Roux, 2011**).

10. Marché des huiles essentielles

- en Algérie

L'Algérie durant la période coloniale et après l'indépendance comptait parmi les pays producteurs des huiles essentielles provenant soit des cultures familiales ou des plantes spontanées tels que : la menthe, le jasmin, le rosier, le géranium, la lavande, le romarin, l'origan, le thym, la sauge...

Dès la fin des années soixante-dix où sa dernière exportation était d'environ 2 tonnes d'huiles essentielles, la production est devenue quasiment inexistante. Actuellement la production d'huiles essentielles est limitée à quelques producteurs privés artisanaux, qui ne subvient pas au besoin du marché national. De ce fait, l'Algérie a eu recours aux importations de cette matière pour couvrir ses besoins. (Tableau n°3) (Djeddi, 2012).

Tableau n°3 : Importations de l'Algérie en huiles essentielles (Djeddi, 2012).

Années	Quantité (kg)
1992	167.799
1993	81.159
1994	139.956
1995	85.959
1996	119.582
1997	134.542

- Dans le monde

D'après la base de données du **World Trade Analyzer**, les parfums et les huiles essentielles représentent la dixième industrie parmi les dix industries les plus croissantes dans le monde. Sa croissance annuelle moyenne est de 12.5% durant la période 1985-2000. Quatre pays dominent la scène internationale comme producteurs

potentiels d'huiles essentielles : le Brésil, l'Indonésie, la Chine et l'Inde. Les principales huiles essentielles sur le marché mondial sont présentées dans le **tableau n°4 (Djeddi, 2012)**.

Tableau n°4 : Classement des vingt premières huiles essentielles au monde (Djeddi, 2012).

Huile essentielle	Espèce	Volume (t)
Camphre	<i>Cinnamomum camphora</i>	725
Citron	<i>Citrus limon</i>	2.158
Citronnelle	<i>Cymbopogon winterianus</i>	2.830
Clou de girofle	<i>Syzygium aromaticum</i>	1.915
Coriandre	<i>Coriandrum sativum</i>	710
Cyprès de Chine	<i>Chamaecyparis funebris</i>	800
Eucalyptus (Cinéole- type)	<i>Eucalyptus globulus</i> <i>Eucalyptus polybractea</i>	3.728
Eucalyptus (Citronellal-type)	<i>Eucalyptus citriodora</i>	2.092
Genévrier de Virginie	<i>Juniperus virginiana</i>	1.640
Menthe poivrée	<i>Mentha piperita</i>	2.367
Menthe verte	<i>Mentha spicata</i>	851
Orange	<i>Citrus sinensis</i>	26.000
Pamplemousse	<i>Citrus paradisi</i>	694
Sassafras	<i>Ocotea pretiosa</i>	1.000
Sassafras de Chine	<i>Cinnamomum micranthum</i>	750

11. Activité antifongique

Les antifongiques sont des substances capables de détruire sélectivement ou non les différents champignons rencontrés en mycologie (Gnanou, 2001).

Les huiles essentielles les plus étudiées dans la littérature pour leurs propriétés antifongiques appartiennent à la famille des Labiatae : thym, origan, lavande, menthe, romarin, sauge, etc... Etant donnée la grande complexité de la composition chémotypique des huiles essentielles, malgré de possibles synergies certains auteurs préfèrent étudier l'effet d'un composé isolé pour pouvoir ensuite le comparer à l'activité globale de l'huile. Ainsi l'activité

fongistatique des composés aromatiques semble être liée à la présence de certaines fonctions chimiques (**Voukou et al., 1988**). Ils concluent que les phénols (eugénol, chavicol 4-allyl-2-6diméthoxyphénol) sont plus antifongiques et que les aldéhydes testés (cinnamique et hydro cinnamique). Ils présentent également des propriétés fongistatiques très marquées. Les groupements méthoxy, à l'inverse, ne semblent pas apporter à ce type de molécules une fongitoxicité significative. Cette activité est estimée selon la durée d'inhibition de la croissance déterminée par simple observation macroscopique. L'activité antifongique décroît selon le type de fonction chimique : Phénols > Alcools > Aldéhydes > Cétones > Ethers > Hydrocarbure. Parmi les aldéhydes aliphatiques, le cinnamaldéhyde s'est révélé le plus actif. En ce qui concerne les composés phénoliques, l'activité antifongique augmente avec l'encombrement stérique de la molécule (p-n-propylphénol > thymol > isoeugénol > eugénol) (**Utree et al., 2002**).

Chapitre III

Plante étudiée

Micromeria inodora

1. Généralité

Micromeria Benth. Genre comme actuellement compris appartient à la famille des Lamiacée et contient environ 70 espèces avec une gamme de distribution s'étendant de la région himalayenne à l'archipel macaronésien (avec Madère, le Cap-Vert et les îles Canaries) et de la Méditerranée à l'Afrique du Sud et à Madagascar (Meimberg et al., 2006).

Micromeria est détecté pour la première fois par **Bentham en 1829**. Ce nom est retenu détriment des noms intérieurs *xenopoma wild* (1811) et *zygis desv.* (1825) pour des raisons de stabilité nomenclature. Il en est de même pour le nom *Sabbatia moench* (1794) et *piperella presl.* (1826), qui ont été rejeté car le premier est un homonyme d'un autre genre de la famille des *Gentianaceae* donné par Adanson (1763) et le deuxième est un *nomen nudum* (Babu, 1969). Le nom est tiré du grec mikros (petit) et meris (partie), allusion à la taille des feuilles (Ferrari, 1984).

En Algérie, 8 taxons du genre *Micromeria* sont retenus, dont 1 taxon endémique ainsi qu'un hybride (Dobignard et Chatelain, 2010). Il s'agit de : *M. X bourlieri*, *M. debilis*, *M. fontanessi*, *M. gracea subsp. Gracea*, *M. hochreutineri*, *M. inodora*, *M. juliana* et *M. nervosa*.

Micromeria inodora (Desf.) Benth. est une plante inodore qui s'étend sur les roches, le calcaire en Méditerranée occidentale région particulièrement localisée en particulier, sur le littoral ouest-méditerranéen, spécialement le sud de l'Espagne, l'ouest de l'Algérie, le Maroc et les îles Baléares. À Tlemcen *M. inodora* est identifiée tout le long du littoral du Marsa Ben M'Hidi jusqu'à Rechgoundans (Benomari et al., 2016).

Parmi leur Synonymes : *Satureja fontanesii* Briq. = *Micromeria barceloi* Willk. = *Satureja Barceloi* (Willk.Pau.) = *Thymus inodorus* Desf.). En Algérie, cette plante est connue par la population ancienne sous le nom de «*Tazira hmeur*» en berbère ou «*Zaeter el Hamir* » en arabe (Quezel et santa, 1963).

2. Description botanique

Est un sous-arbrisseau avec des tiges dressées et très ramifiées 10 - 50 cm, avec calice 4 mm glabrescent et rose corolle, grande lèvre inférieure (10-12 mm) de large 6 - 7 mm. Feuilles petites (2-3 mm), sessiles, aciculaires, à bords enroulés, tomenteuses en dessous ; fleurs axillaires, solitaires, brièvement pédicellées (Quezel, 1963).



Figure n°8 : Aspects morphologiques de *Micromeria inodora* (Desf.) Benth. (Ivorra, 2016).

3. Classification botanique

Selon (Quezel et Santa, 1962), Le classement de *Micromeria inodora* (Desf.) Benth. dans le règne des plantes est comme suit :

Règne : Plantae (végétale)

Embranchement : Spermaphytes (phanérogames)

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous classe : Metachlamydeés (gamopetales)

Ordre : tubiflorales

Sous ordre verbeninées

Famille : Lamiaceae (labiae)

Genre : *Micromeria*

Espèce : *Micromeria inodora* (Desf.) Benth.

4. Propriété thérapeutique

Les espèces de *Micromeria* sont généralement consommées comme herbes thé et à des fins médicinales populaires contre les rhumes et fièvre, les troubles cardiaques, les maux de tête, les plaies et les infections cutanées (Ali-Shtayeh et al., 1998 ;Telci et Ceylan, 1962). Elles sont également utilisées pour leurs activités antispasmodiques, stimulantes, antibactériennes (Abdelwahab et al., 2015 ;Brahmi et al., 2017). Elles contiennent une large gamme de phytoconstitués tels que : les terpénoïdes, les iridoïdes, les phénols et les

flavonoïdes tels que l'acide rosmarinique, l'acide chlorogénique, l'apigénine, la thymonine et le glycoside de flavone acétylé (Azab, 2016; Kalaki kordkolaei et al., 2019).

À la suite d'études récentes, il a été démontré que les huiles essentielles des espèces du genre *Micromeria* présentent des activités biologiques antimicrobiennes (Duru et al., 2004), antibactériennes et antioxydantes (Benomari et al., 2016).

Sur le plan chimique les huiles essentielles de la plupart des espèces du genre *Micromeria* ont été caractérisées par l'abondance des monoterpènes oxygénés tel que : la pipéritone, la pipériténone, l'oxyde de pipéritone, le linalol, le thymol, le limonène, la verbénone, l' α -pinène le camphène la pulégone et le bornéol (Marinković et al., 2002).

Deuxième partie
Etude expérimentale

Chapitre I

Matériel et méthodes

1. Lieu et la période du travail

Ce travail a été réalisé pendant une période de 15 jours, allant du mois de mars 2020, dans le laboratoire de technologie alimentaire, la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Ibn Khaldoun de Tiaret.

2. Matériels et méthodes

2.1. Matériel biologique

Le matériel végétal utilisé c'est la plante *Micromeria inodora* récoltée à Mostaganem.

Le matériel fongique choisi : 4 souches fongiques (*Trichoderma spp.* , *Fusarium spp.* , *Penicillium spp.* , *Alternaria spp.*) fournit par Dr. YEZLI wassim (Maitre de conférences au département de biologie, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université d'Ibn Khaldoun- Tiaret).

2.2. Matériel de laboratoire

Matériel utilisé au laboratoire (tableau n°5) (voir annexe I).

3. Situation géographique de la zone d'étude

La plante de notre étude a été récoltée à Mostaganem, qui possède un climat semi-aride en hiver tempéré et une pluviométrie qui varie entre 350 mm sur le plateau et 400 mm sur les piémonts du Dahra (www.andi.dz, consultée le 05/08/2020).



Figure n° 9 : Carte de région de Mostaganem de satellite

4. Climat régional

• *Température*

La saison très chaude dure 2,9 mois, du 21 juin au 17 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 28 °C. Le jour le plus chaud de l'année est le 10 août, avec une température moyenne maximale de 31 °C et minimale de 22 °C.

La saison fraîche dure 4,0 mois, du 21 novembre au 23 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 18 °C. Le jour le plus froid de l'année est le 19 janvier, avec une température moyenne minimale de 8 °C et maximale de 15 °C (fr.weatherspark.com, consultée le 26/09/2020).

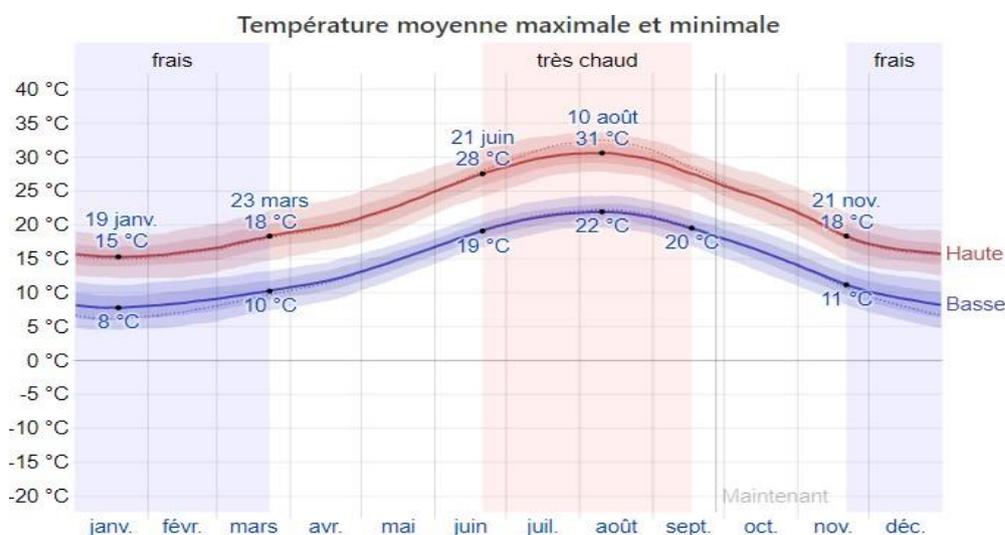


Figure n° 10 : Température moyenne quotidienne maximale (ligne rouge) et minimale (ligne bleue), avec bandes du 25e au 75e percentile et du 10e au 90e percentile. Les fines lignes pointillées sont les températures moyennes perçues correspondantes (fr.weatherspark.com, consultée le 26/09/2020).

• *Précipitation*

A jour de précipitation est un jour au cours duquel on observe une accumulation d'eau ou mesurée en eau d'au moins 1 millimètre. La probabilité de jours de précipitation à Mostaganem varie au cours de l'année.

La saison connaissant le plus de précipitation dure 7,8 mois, du 25 septembre au 19 mai, avec une probabilité de précipitation quotidienne supérieure à 12 %. La probabilité de précipitation culmine à 23 % le 19 novembre.

La saison la plus sèche dure 4,2 mois, du 19 mai au 25 septembre. La probabilité de précipitation la plus basse est 1 % le 18 juillet.

Pour les jours de précipitation, nous distinguons les jours avec pluie seulement, neige seulement ou un mélange des deux. En fonction de ce classement, la forme de

précipitation la plus courante au cours de l'année est de la pluie seulement, avec une probabilité culminant à 23 % le 19 novembre. (fr.weatherspark.com, consultée le 26/09/2020).



Figure n° 11 : Pourcentage de jours durant lesquels divers types de précipitation sont observés, excepté les quantités traces : pluie seulement, neige seulement et mélange (de la pluie et de la neige sont tombées au cours de la même journée)
(fr.weatherspark.com, consultée le 26/09/2020).

- **Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен**

Ce diagramme permet de comparer l'évolution des valeurs des températures et des précipitations. Ils sont établis en tenant compte de la formule permettant de définir un mois sec soit : $P \leq 2T$. P : précipitations en mm du mois ; T : températures en °C du même mois. La période sèche est déterminée par une représentation graphique portant en abscisse les douze mois de l'année, en ordonnée les précipitations mensuelles moyennes exprimées en (mm) et à gauche les températures moyennes exprimées en °C.

L'étude réalisée par **Omrane et Zemmane (2018)**, avec les données de l'ONM (2000-2015), a permis d'identifier une période sèche de 5 mois et demi pour la région de Mostaganem.

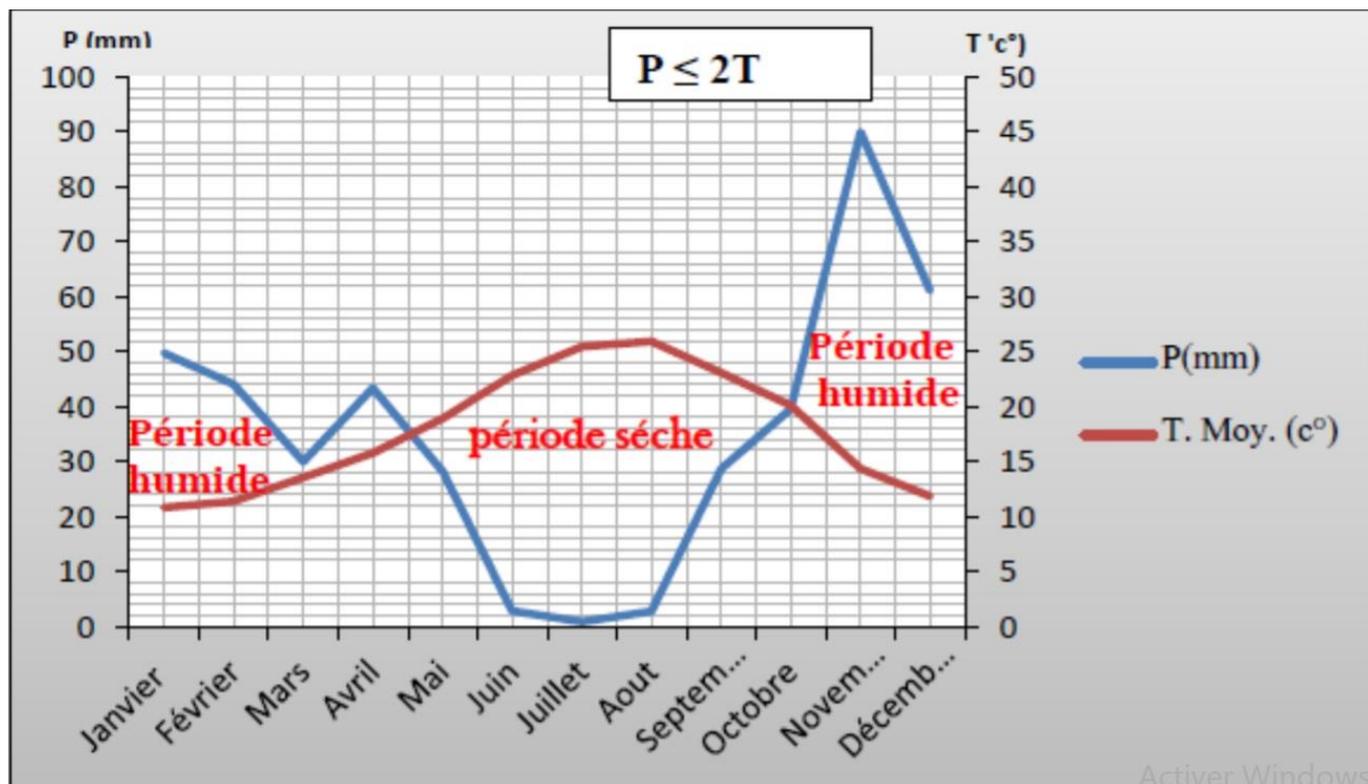


Figure n° 12 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен (ONM, 2000-2015).

5. Protocoles expérimental

Afin de faire notre étude expérimentale, nous avons procédé comme suit :

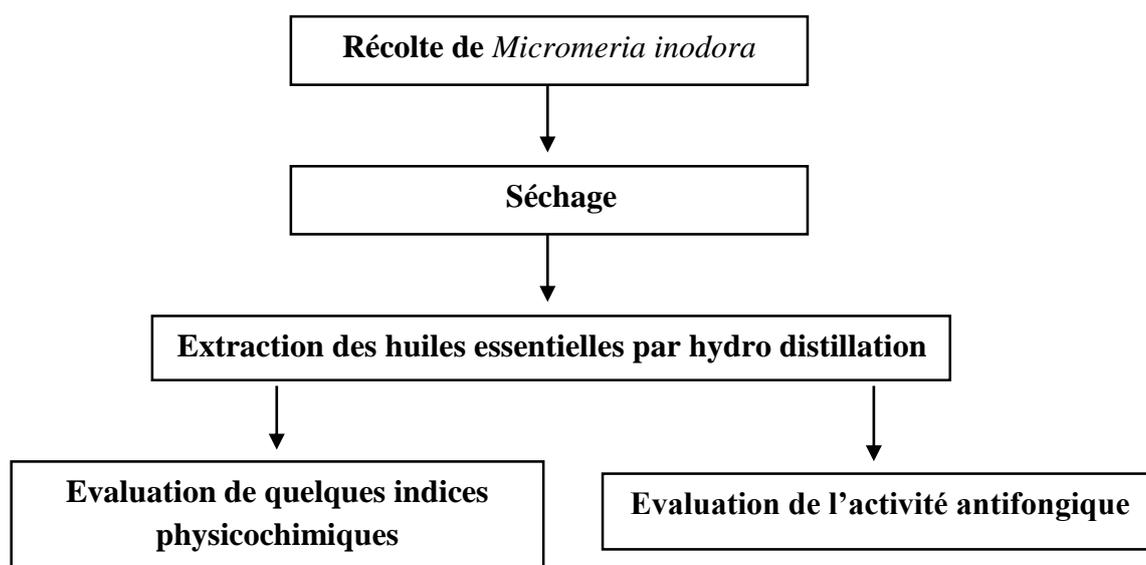


Figure n° 13 : Protocole expérimental

5.1. Récolte

Dans notre étude, nous avons utilisé la partie aérienne de la plante *micromeria inodora* qui a été récoltée le 08 février 2020, dans la région de Mostaganem.

5.2. Séchage

Après la récolte, le matériel végétal est débarrassé des débris. Pour s'assurer de la bonne conservation de notre plante, Nous coupons la partie aérienne à petites moreaux et déplier dans un papier à la température ambiant pendant une semaine.



Figure n°14 : Séchage de la partie aérienne de *Micromeria inodora*

5.3. Identification botanique

L'identification botanique a été faite par Dr. MIARA Mohamed Djamel (Maitre de conférences A au département de biologie, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université d'Ibn Khaldoun- Tiaret) par le biais de flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales.

5.4. Méthode d'extraction par hydro distillation

L'obtention d'HE qu'elle été réalisé par hydrodistillatin dans un appareil de type clevenger sur la partie aérienne de la plante sèche pendant 3h (**Figure n°24**) (**clevenger, 1928**).

Cette méthode consiste à immerger directement le matériel végétal dans un ballon rempli avec une quantité d'eau distillée suffisante, pour recouvrir la matière végétale, qui est ensuite portée ébullition à l'aide d'une chauffe ballon. Lors de chauffage, l'HE va être entraînée avec la vapeur d'eau, ce mélange monte alors dans le clevenger et passent ensuite dans le réfrigérant

qui est en permanence refroidi par une circulation d'eau, au contact des parois froides les vapeurs sont refroidies et sont condensées dans l'ampoule à décanter.

Les huiles obtenues ont été conservées dans des flacons opaques bien scellés à une température de 4 °C et à l'abri de la lumière jusqu'à l'analyse.



Figure n°15 : Dispositif d'hydrodistillation

- **Détermination de rendement d'extraction**

Selon la norme AFNOR (AFNOR, 1986) le rendement en HE (%), est défini comme étant le rapport entre la masse d'HE obtenu après extraction (M_1) et la masse de matière végétale à traité (M_0).

Il est exprimé en (%) et calculé par la formule suivante :

$$\mathbf{R\ (\%) = (M_1 / M_0) \times 100}$$

Dont :

R : rendement de l'HE en %

M₁ : masse en gramme d'HE obtenue

M₀ : masse en gramme de matériel végétal traité

5.5. Évaluation des quelques indices physicochimiques

- **Détermination de l'indice de réfraction (Ir)**

L'indice de réfraction (RI) est utilisé :

- Pour identifier une HE.
- Comme critère de pureté des huiles essentielles.
- Pour vérifier la qualité de la distillation : une distillation trop rapide, à température trop élevée, trop lente abaisse l'indice de réfraction.

L'indice de réfraction des HE est généralement élevé. Il est supérieur à celui de l'eau à 20 °C = 1.3356.

L'indice de réfraction d'une huile essentielle est le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée, passant de l'air dans l'huile essentielle maintenue à une température constante. On utilise un réfractomètre permettant la lecture directe d'indices de réfraction situés entre 1.300 et 1.700, l'appareil est ajusté de manière à donner, à la température de 20 °C, une valeur de 1.333 pour l'eau distillée (AFNOR NF ISO 280 :1999(75-112)).

- **Détermination de l'indice Pouvoir rotatoire à 20 °C (Pr)**

Le pouvoir rotatoire spécifique d'une huile essentielle est égale à l'angle dont tournerait le plan de polarisation de la lumière si celle-ci traversait une épaisseur de 1 décimètre d'une solution conventionnelle d'huile essentielle qui contiendrait 1 g / ml (AFNOR 1992).

- **Détermination de la densité relative à 20°C**

C'est le rapport de la masse d'un certain volume d'HE à la masse d'un volume égale d'eau distillée à 20°C. A l'aide d'un pycnomètre, pesé successivement de volumes égaux d'huile essentielle et d'eau à la température de 20 °C.

La densité est ainsi donnée par la formule :

$$m_2 - m_0 / m_1 - m_0$$

Où :

m₀ : masse en grammes du pycnomètre vide

m₁ : masse en grammes du pycnomètre rempli d'eau

m_2 : masse en grammes du pycnomètre rempli d'huile essentielle

- **Détermination de l'indice d'acide (Ia)**

L'indice d'acide permet de vérifier la qualité d'une HE, notamment en ce qui concerne sa dégradation avec le temps durant le stockage.

C'est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaire à la neutralisation des acides libres contenus dans 1g d'huile essentielle.

Le test consiste à la pesée d'une quantité de 2 g d'HE et son introduction dans le ballon, nous lui additionnons 5 ml d'éthanol (EtOH) (95°) neutralisé et 5 gouttes d'indicateur en utilisant la phénolphthaléine comme indicateur coloré. La titration de ce liquide se fera avec une solution de KOH de 0,02 mol/l (1,12 g/l) jusqu'à l'obtention d'un virage de coloration. Le volume de la solution KOH utilisé est noté. Le contenu du ballon sera mis en réserve pour les analyses ultérieures (indice d'ester) (NF ISO 1242 :1999 (T 75 -103)).

L'indice d'acide est donc donné par la formule :

$$Ia = 5.61 V/ m$$

Où :

V : est le volume en millilitres de la solution d'hydroxyde de potassium utilisée

m : est la masse en grammes de la prise d'essai

- **Détermination de l'indice d'ester (Ie) (AFNOR NF T 75-104 :1994)**

C'est le nombre de mg KOH nécessaire à la neutralisation des acides libéré par l'hydrolyse des esters contenu dans 1g d'HE .L'hydrolyse de esters présent dans l'HE se fait par chauffage, dans des conditions définis, en présence d'une solution EtOH titré de AOH et dosage en retour de l'excès d'alcaline par une solution titré d'HCL.

Mode opératoire et calcul :

Cette détermination est effectuée sur la solution provenant de la détermination de l'indice d'acide. Une quantité de 25 ml de solution KOH (0,5 mol/l) est ajoutée dans le ballon. Un réfrigérant à reflux est adapté au ballon qui sera placé sur le manteau.

Après 1 heure de chauffage, le ballon est laissé à refroidir. Nous ajoutons 20 ml d'eau puis 5 gouttes de solution de rouge de phénol. La titration de l'excès de KOH est effectuée avec une solution d'acide chlorhydrique (0,5 mol/l).

En parallèle, nous effectuons un essai à blanc (eau distillée au lieu de l'HE) dans les mêmes conditions. Nous prenons soin d'ajouter 5 ml d'éthanol neutralisé avant d'ajouter les 25 ml de solution KOH. L'indice d'ester est calculé par l'équation suivante :

$$IE = 28,05 (V0-V1)$$

Où :

V0 : volume (ml) de solution d'HCl (essai à blanc).

V1 : volume (ml) de solution d'HCl (détermination de l'IE)

- **Mesure de la miscibilité à l'éthanol (NF T 75-101 : 1999)**

La miscibilité des HE a été déterminée dans de l'éthanol à 65%.

- **Détermination de l'indice d'iode (Ii) (ISO 3961,1977)**

Il correspond au nombre de gramme d'iode fixé sur les doubles liaisons de 100g de matière grasse .la détermination de ce indice selon la norme.

- **Indice de saponification (Is) (ISO 3957 ,1977)**

C'est la quantité d'hydroxyde de potassium exprimée, en mg nécessaire pour saponifier un gramme de corps gras.

- **Mesure du pH**

Le potentiel d'hydrogène (pH) mesure l'activité chimique des ions hydrogènes (H⁺) (appelé aussi couramment protons) en solution cette mesure a été effectuée à l'aide d'un papier pH au lieu de pH mètre en raison l'insuffisance de huiles essentielles.

- **Indice de peroxyde (ISO 3960,1977)**

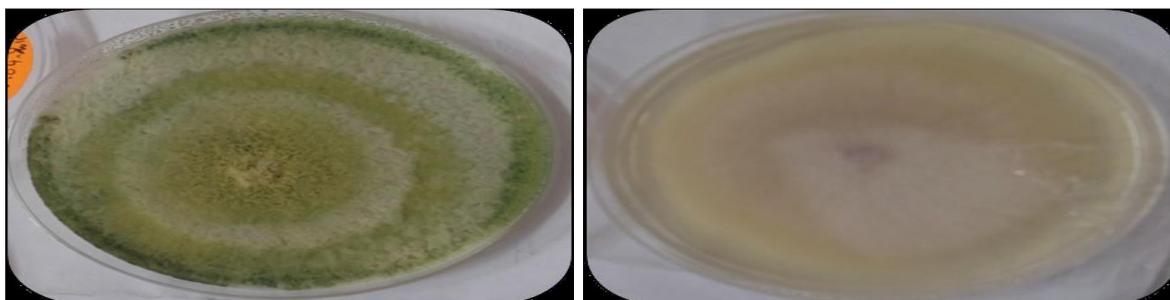
C'est le nombre de milléquivalent d'oxygène par kilogrammes de corps gras et oxydant d'iodure de potassium avec libération d'iode.

5.6. Evaluation de l'activité antifongique

a. Choix et origines des souches

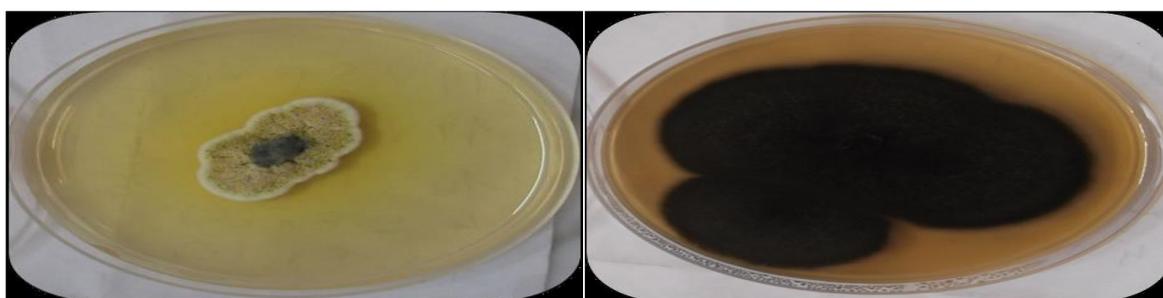
L'activité antifongique d'HE est testée sur les 4 souches (**Figure n°25**) suivantes :

- *Alternaria spp.* : est classé parmi les Deutéromycètes Dematiaceae et le genre d'Ascomycètes au sein de la classe des Dothideomycètes elle regroupe plus de 100 espèces (**Calmes, 2011**).
- *Fusarium spp.* : est parmi la classe des Ascomycètes, ordre des Hyphocreales, famille des Nectriaceae, genres Gibberella, Calonectria et Nectria. Le genre comprend près de 40 espèces souvent largement répandues (**Nelson et al., 1983**).
- *Penicillium spp.* : classé parmi les hyphomycètes et la famille de moniliaceae, ordre moniliales (**Bouchet et al., 1999**).
- *Trichoderma spp.* : le terme « *trichoderma* » a été utilisé pour la première fois par le mycologue sud-africain christiaan hendrik person en 1794. C'est le premier qui a décrit le genre *Trichoderma* à partir des échantillons collectés en Allemagne (**M'zahem et Mihoubi, 2016**).



a) *Trichoderma spp.*

b) *Fusarium spp.*



c) *Penicillium spp.*

d) *Alternaria spp.*

Figure n°16 : les souches fongiques utilisées

b. Test antifongique

La recherche de l'activité antifongique consiste à estimer l'inhibition de la croissance des souches fongique soumis en contact avec l'HE du *Micromeria inodora*. Dans ce test on a effectué la méthode de diffusion en milieu solide (technique de diffusion en milieu gélosé ou méthode des disques)(**Benjilali et al., 1986 ; Satrani et al., 2007**). Le milieu de culture utilisée c'est le PDA (voir la composition de milieu PDA dans l'**annexe II**).

c. Repiquage

Les champignons sont déposées aux centre de boite pétri contenant le milieu PDA, et incubée pendant 3jours à 7 jours, à l'étuve à 28 °C afin d'obtenir une culture jeune. Le deuxième repiquage a été effectué en découpant deux implants pour chaque souche.

d. Préparation des disques

Des disques de 6 mm de diamètre préparés en papier Wathman N°1, et autoclaves pendant 20 minutes à 120°C. Ces disques stériles sont plongés dans l'huile essentielle.

e. Méthode de diffusion en milieu solide

Pour mettre en évidence l'activité antifongique des huiles essentielles, un implant de chaque champignon été déposé à la périphérie de la boite de Pétri contenant le milieu PDA et sur l'autre périphérie un disque de papier Whatman N°1 de 6 mm imprégnée d'huile essentielle, ce qui permet une diffusion de l'HE pour être en contact directe avec les champignons testés. Et ont été mis 2 heures à 4°C, puis incubées à 28°C Après 48 heures d'incubation les distances entre le disque contenant HE et l'implant de chaque champignon, ont été mesurées toute les 24 heures pendant 3 jours.

L'activité antifongique est révélée par l'absence ou la présence de la croissance mycélienne des quatre souches phytopathogènes testées.

6. Analyse statistique

L'analyse statistique des résultats a été réalisée par un logiciel statistique Excel 2013.

Chapitre II

Résultats et discussion

1. Rendement en huiles essentielles

L'extraction de la partie aérienne de *Micromeria inodora* par hydro distillation nous a donné une huile essentielle inodore transparente, avec un rendement de 0.2%.



Figure n°17 : Extraction d'HE (décantation)

Le **tableau n°06** résume les résultats des travaux antérieurs déjà faite sur *Micromeria inodora*, et montre les différentes valeurs de rendement en HE et extrait méthanolique de *Micromeria inodora* dans trois régions (Mostaganem, Tlemcen, Oran).

Tableau n°06 : Rendement en HE de *Micromeria inodora* de trois régions (Mostaganem, Tlemcen, Oran)

Plante	Extrait HE	Station	Rendement (%)	Références
<i>Micromeria inodora</i> (sèche)	Huiles essentielle	Mostaganem	0.2	Notre travail
<i>Micromeria inodora</i> (fraîche)	Huile essentielle	Tlemcen	[0.15-0.8]	Benomari et al., 2016
<i>Micromeria inodora</i> (sèche)	Extrait méthanolique	Oran	8.90	Benlecheheb, 2017

- Nous avons remarqué que les rendements de l'extraction varient considérablement entre un extrait méthanolique et HE de *Micromeria inodora*.
- Les résultats trouvés par **Benomari et al., 2016** montrent que l'extraction de la partie aérienne de *Micromeria inodora* (DESF.) BENTH. fraîche par hydrodistillation a donné des huiles essentielles jaunes avec un rendement de 0.15 – 0.80%.
- D'après **Benomari et al., 2016**, *Micromeria inodora* a présenté deux profils chimiques qui se différencient quantitativement dans les pourcentages de leurs composés majoritaires qui sont l'hydrate de trans-sesquisabinène et l'acétate d' α -terpényle. La composition chimique de cette huile essentielle est caractérisée par la domination des sesquiterpènes oxygénés, avec la présence de l'hydrate de trans-sesquisabinène à un pourcentage élevé.

Il est à noter que la présence d'un hydrate à un pourcentage élevé procure de l'originalité à cette HE, car la présence de ce genre de molécules est généralement minoritaire dans les volatils des plantes.

- Nous notons que le pourcentage d'extraction d'huile essentielle de la plante de *Micromeria inodora* dans la région de Tlemcen est plus important que dans la région de Mostaganem. Cette différence est due aux facteurs climatiques (chaleur, froid), géographiques (altitude, nature du sol, taux d'exposition au soleil), période de récolte et la nature des plantes aromatiques (sèche ou fraîche).
- Cette variation peut s'expliquer en partie par les différences dans les conditions environnementales telles que le climat, l'emplacement et les facteurs saisonniers. Il peut également y avoir un effet dû à la partie de la plante étudiée qui modifie la composition d'huile.

2. Evaluation de l'activité antifongique

Nous n'avons pas pu terminer le reste de l'étude en raison de la situation que traverse actuellement le monde à cause du Covid-19, et très peu d'études détaillées ont porté sur la plante *Micromeria inodora*, c'est pourquoi nous avons fait une discussion bibliographique basant sur un certain nombre de rapports publiés concernant les activités médicinales du genre *Micromeria* :

- D'après **Marinković et al., 2002**, l'hydrodistillation des feuilles des trois espèces de *Micromeria* (*M. thymifolia*, *M. albanica* et *M. dalmatica*) a donné une huile essentielle jaunâtre à l'odeur agréable et semblable à la menthe poivrée. Le rendement en huile était de 0,99% pour *M. thymifolia*, pour *M. albanica* de 0,88% et de 1,11% pour *M. dalmatica*. L'huile essentielle de *M. thymifolia* a montré un fort effet antifongique par rapport aux HEs de *M. albanica* et *M. dalmatica*. La concentration minimale inhibitrice (CMI) était de 2 µL /mL pour *Aspergillus niger*, *A. ochraceus*, *Cladosporium cladosporioides*, *Fusarium tricinctum*, *Trichoderma virid*.
- Les résultats trouvés par **Güllüce et al., 2004** montrent que l'extraction de la partie aérienne de *Micromeria fruticosa* ssp. *serpyllifolia* sèche par hydrodistillation a donné une huile essentielle avec un rendement de 1,85%. L'analyse GC / MS de cette huile a permis d'identifier 29 composés représentant 93,39% dont le Pipéritone (50,61%) et le pulegone (29,19%) étaient les composés majeurs, suivi de l'isomenthone (3,92%). Les résultats ont montré que l'huile essentielle a une activité antifongique contre trois champignons : *Aspergillus flavus*, *Rhizopus spp*, *Sclerotinia minor*.
- Dans l'étude de **Gherib et al., 2016**, la composition chimique d'huile essentielle des parties aériennes de *Micromeria debilis* était déterminée. L'huile essentielle a été obtenue par hydrodistillation donne un rendement varie entre 0,07% et 0,12%. Quarante-deux constituants ont été identifiés représentant 92,4% de la composition chimique totale, le β-pinène (19,3%) étant le principal monoterpène avec le gèranial (8,7%) et linalol (6,5%). Le germacrène D (11,4%) et le (E) -β-caryophyllène (8,0%) étaient les principaux hydrocarbures sesquiterpéniques tandis que les sesquiterpènes oxygénés étaient principalement représentés par l'oxyde de caryophyllène (8,0%). Les résultats ont montré que HEs de *Micromeria debilis* avait une activité antifongique contre *Candida albicans* avec des diamètres de zone d'inhibition allant de 40 mm à 50 mm et valeur CMI de 2 µL / mL.

Il est clair que la plupart des études citées ont obtenu l'huile essentielle de l'espèce végétale, Certains analysé ces huiles pour trouver leurs compositions chimiques, mais la plupart des études ont testé les huiles entières pour des activités médicinales. L'une des principales raisons à cela est la reconnaissance croissante de la synergie entre les activités de produits naturels. Il est important de noter que certains composés majeurs détectés dans ces huiles sont les principales sources des activités des plantes qui peuvent trouver la voie à leur utilisation comme des produits phytosanitaires, pour la lutte contre les agents nuisibles aux cultures agricoles.

Conclusion

Conclusion

Très peu d'études détaillées ont porté sur la plante *Micromeria inodora*, c'est pourquoi nous sommes intéressés à l'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation de cette plante et d'évaluer l'activité antifongique.

Le rendement en huiles essentielles de la partie aérienne de *Micromeria inodora* été 0.2 %, Cette valeur est inférieure aux rendements obtenus chez d'autres espèces de la même famille. Cette différence est due aux facteurs climatiques (chaleur, froid), géographiques (altitude, nature du sol taux d'exposition au soleil), période de récolte et la nature des plantes aromatiques (sèche ou fraîche).

On a choisi la méthode de confrontation directe en milieu solide pour évaluer l'activité antifongique d'huile essentielle *Micromeria inodora* sur 4 souches fongiques : (*Trichoderma spp.* , *Fusarium spp.* , *Penicillium spp.* , *Alternaria spp.*), mais nous n'avons pas fait en laboratoire en raison des obstacles que nous avons rencontrés cette année en raison du Coronavirus.

À l'issue de cette étude, on propose comme perspectives de :

- Faire des travaux complémentaires qui sont nécessaires pour isoler et identifier les substances bioactives responsables des activités biologiques : antimicrobienne, antibactérienne, antioxydant, anti-inflammatoire....
- Évaluer les activités biologiques des différents extraits phénoliques et aqueux de cette plante.
- Valoriser et caractérisé d'autres HEs algériennes pour déterminer des nouvelles substances bioactives naturelles pourront répondre aux différents problèmes de la santé et d'être un alternatif des médicaments synthétiques.

*Références
bibliographiques*

-A-

- Abdelwahab MF, Hussein MH, Kadry HH. 2015. Cytotoxicity and antioxidant activity of new biologically active constituents from *Micromeria nervosa* grown in Egypt. Bull Fac Pharmacy, Cairo Univ. 53(2) : p. 185–194.
- AFNOR, Association Française de Normalisation, 1986, Huiles essentielles, 2^{ème} édition, Ed. la Défense, Paris, 474 p.
- AFNOR (association français de normalisation française).2000. Recueil de normes : les huiles essentielles. Échantillonnage et méthodes d'analyse. Tome 1, Paris, p 661-663.
- Ali-Shtayeh M. S., R. M.-R. Yaghmour, Y. R. Faidi, K. Salem, et M. A. Al-Nuri, 1998. Antimicrobial activity of 20 plants used in folkloric medicine in the Palestinian area. *J. Ethnopharmacol.*60 (3) : p. 265-271.
- Andi : wilaya de Mostaganem [PDF] (2013), disponible sur : www.andi.dz, page consultée le 05/08/2020.
- Azab A. 2016. *Micromeria*: chemistry and medicinal activities. *Eur. Chem. Bull.* 5(7): p .299-307.

-B-

- Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar., M. 2008. Biological effects of essential oils- A Review. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 446–475.
- Battandier J.A et Trabut L., 1897. Flore de l'Algérie. University of Minnesota. Adolphe Jourdan.
- Belkhiri F., Baghiani A., 2017. Plantes médicinales activité anti oxydantes et antibactériennes, Editions universitaires européennes, Allemagne, 128p.
- Belouad A., 2001. Plantes médicinales d'Algérie : 5^{ème} Ed. , offices des publications universitaires (OPU), Ben Aknoun, Algérie, 284p.
- Beloued A., 1998. Plantes médicinales d'Algérie. Éd. office de publications universitaire, (OPU), Ben Aknoun, Algérie ,277p.
- Benabdallah H., 2015. Techniques d'extraction, de purification et de conservation. Analyses biochimiques. Université Ferhat Abbas de Sétif, 77p.

- Benjlali B, Tantaoui-Elaraki A, Ismaïli-Alaoui M, 1986. Méthode d'étude des propriétés antiseptiques des huiles essentielles par contact direct en milieu gélosé. *Plantes médicinales et phytothérapie* 20 (2) :155-67.
- Benlecheheb F., 2017. Étude phytochimique et activité antimicrobienne des extraits actifs de quelques plantes médicinales d'Algérie. Mémoire de master 2 en Biotechnologie Végétale. Université MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, 80p.
- Benomari F.Z., Djabou N., Medbouhi A., khadir A., Selles CDesjobert J.M., Costa J. Muselli A., 2016. Chemical Variability and Biological Activities of Essential Oils of *Micromeria Inodora* (Desf.) Benth. From Algeria. *Chemistry & Biodiversity* .13, 1559-1572.
- Benouali D., 2015. Extraction et identification des huiles essentielles, mémoire de fin d'étude master en contrôle de qualité, Université des sciences et de la technologie d'Oran (Mohamed BOUDIAF), 80p.
- Bézanger-Beauquesne L., Pinkas M., Torck M., 1986. Les plantes dans la thérapeutique moderne, 2^{ème} édition, Ed. Maloine. 469p.
- Bégin D., et Gérin M., 2002. Les Grandes Familles de Solvants Organiques, Utilisation et Aspects Physico-Chimiques, Ed. Masson, Paris. Pp13-38.
- Bérubé-Gagnon J., 2006. Isolation et identification de composés antibiotiques des écorces de *Picea mariana*. Mémoire de l'université de Québec.
- Bouchet P., Guignard J. L., Villard J., 1999. Les champignons mycologie fondamentales et appliqué, Ed. Masson, paris, 194p.
- Boughendjioua H., 2000. Les plantes médicinales utilisées pour les soins de la peau. Inventaire et extraction des principes actifs de *Citrus limon*, *Cinnamomum zeylanicum*. Thèse de Doctorat en biologie végétale. université BADJI-MOKHTAR – ANNABA. Algérie, 171 p.
- Bousbia N., 2011. Extraction des huiles essentielles riches en antioxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires, Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Alger. 124p.
- Brahmi F, Guendouze N, Hauchard D, Okusa P, Kamagaju L, Madani K, Duez P. 2017. Phenolic profile and biological activities of *Micromeria graeca* (L.) Benth. *Ex Rchb. Int. J. Food Prop.* 20(sup2):2070–2083.
- Bruneton J., 1999. "Pharmacognosie. Phytochimie, Plantes médicinales" 3e éd., Lavoisier Tec & Doc, Paris. 1 120 p.



- Calmes B., 2011. Réponse adaptatives d'*Alternaria brassicicola* au stress oxydatif lors de l'interaction avec les brassicacées : Rôle du métabolisme du mannitol et des Glutathion-S-transférases. Thèse de doctorat en Biologie Cellulaire et Moléculaire Végétale Ecole Doctorale VENAM, Université d'Angers, 100p.
- Chabrier J-Y., 2010. Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie. Thèse de Doctorat en pharmacie. université Henri Poincaré - NANCY 1, 172 p.
- Clevenger J. F., 1928. Apparatus for the determination of volatile oil, *Journal of American Pharmaceutical Association*, vol. 17, (4): 345-349.
- Croteau F., 1986. Biochemistry of monoterpenes and sesquiterpenes of the essential herbs: spices and medicinal plants, Recent advances in botany, horticulture and pharmacology. Vol.1, Craiken, Simon, Oryx Press, Phoenix



- Djeddi S., 2012. Les huiles essentielles « des mystérieux métabolites secondaires », n, Sarrebruck, Allemagne, 57p.
- Dobignard A et Chatelain C, 2010. Etat des lieux et perspectives de recherche sur la flore méditerranéenne d'Algérie et de Tunisie. Université de Montpellier.
- Dorman H.J.D., Deans S.G., 2000. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils, *Journal of Applied Microbiology*, 88, 308–316.
- Duraffourd C., D'Hervicourt L., Lapraz J. C., 1990. Cahiers de phytothérapie clinique. Examens de laboratoires galénique. Eléments thérapeutiques synergiques, 2ème Ed. , Ed.Masson, Paris.
- Duru M E, M. Öztürk, A. Uğur, et Ö. Ceylan 2004. The constituents of essential oil and in vitro antimicrobial activity of *Micromeria cilicica* from Turkey. *J. Ethnopharmacol.* 94(1) :p. 43-48.
- Duvillard E., 2013. Les parfums : utilisations thérapeutiques et reformulation. Thèse de Doctorat Université Lyon 1. 225p.

-F-

- Ferhat MA., 2007. Extraction sans solvant assistée par micro-ondes des huiles essentielles des citrus d'Algérie. compréhension, application et valorisation. Thèse de Doctorat en chimie organique, Université des Sciences de la Technologie Houari Boumediene, 147.
- Ferrari J. P., 1984. Dictionnaire et étymologie de la flore française. Ed. Le Chevalier Paris France, 225 p.
- Agreste F : Recensement agricole. [PDF] (10/2000), disponible sur : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/recensement-agricole/>, page consultée le 10/11/2009.

-G-

- Garnero J., 1991. Les huiles essentielles : leur obtention, leur composition, leur analyse et leur normalisation, Ed. Technique- Encyclopédie de médecines naturelles, Paris, 2-20p.
- Gherib M., Bekhechi C., Paoli M., Atik Bekkara F., Bighelli A., Casanova J., Tomi F., 2016. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil from aerial parts of *Micromeria debilis* Pomel from Algeria, *Journal of Essential Oil Research*, 28:5, 383-390.
- Ghestem A., Seguin E., Paris M., Orecchioni A.M., 2001. Le préparateur en pharmacie, dossier 2, Botanique, Pharmacognosie, Phytothérapie, Homéopathie. Ed. TEC et DOC. Paris. 273 p.
- Gnanou D., 2001. Contribution à l'étude de l'activité antifongique. Thèse de Doctorat en pharmacie. Université d'Ouagadougou, 66 p.
- Golmakani M. T., et Rezaei K., 2008. Comparaison of microwave-assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation méthode in the extraction of essential oils from *Thymus vsulgaris* L. *Food chemistry journal*, 109, (4): 925-930.
- Güllüce M., Sökmen M., Şahin F., Sökmen A., Adigüzel A., Özer H., 2004. Biological activities of the essential oil and methanolic extract of *Micromeria fruticosa* (L.) Druce ssp *serpyllifolia* (Bieb) PH Davis plants from the eastern Anatolia region of Turkey, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84:735–741.

-H-

- Herzi N., 2013. Extraction et purification de substances naturelles : comparaison de l'extraction au CO₂-supercritique et des techniques conventionnelles. Thèse de doctorat en Génie des Procédés et de l'Environnement. Université de Toulouse, 185p.

-I-

- Ivorra A., Fustes J., 2016. Sobre la presencia de *Micromeria Inodora* (Desf.) Benth. en la provincia de almeria (surestre de espana). *acta botanicamalacitana*, 41p.
- Iserin P., Vican P., 2001. *Encyclopédie des plantes médicinales*, 2^{ème} édition, Ed. Larousse, Paris, 335p.

-K-

- Kalaki Kordkolaei S, Kanani MR, Tabefam M, Namazi Sarvestani N, Hamburger M, Moridi Farimani M. 2019. Terpenoids and phenolics of *Micromeria persica*. *Nat. Prod. Res.* 1–6.
- Khalil E.A., Afifi F.U. and Al-Hussaini M., 2007. Evaluation of the wound healing effect of some Jordanian traditional medicinal plants formulated in Pluronic F127 using mice (*Mus musculus*). *Journal of Ethnopharmacology*, 109: p.104-112.
- Kubitzki K., Bayer C., *The families and genera of vascular plants*. 2003.

-L-

- Laëtitia M., 2015. *Utilisations des huiles essentielles chez l'enfant*. Thèse de doctorat en pharmacie. Université d'auvergne, 186p.
- Lamarti A., Badoc A., Deffieux G., et Carde J.P. 1994 - Biogénèse des monoterpènes I- localisation et sécrétion. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 133 :69-78.
- Laurent J., 2017. *Conseils et utilisations des huiles essentielles les plus courantes en officine*. Thèse de Doctorat en pharmacie. Université Paul Sabatier Toulouse III, 219p.
- Lo Presti M., Ragusa S., Trozzi A., Dugo P., Visinoni F., Fazio A., 2005. A comparison between different techniques for the isolation of rosemary essential oil. *Journal of separation science*, (28) :273-80.
- Lucchesi M.E., 2005. *Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles*, thèse de doctorat en chimie, Université de La Réunion, 143.

-M-

- Makhoul M., 2007. Activités anti-microbiennes et anti-fongiques de *Micromeria barbata* contre les germes pathogènes à l'homme et contre le *verticillium* des arbres fruitiers à noyaux. Thèse : université Saint- esprit de kaslik, 105-109p.
- Marinković B., Marin P. D., Knežević-Vukčević J., Soković M. D., Brkić D., 2002. Activity of essential oils of three *Micromeria* species (Lamiaceae) against micromycetes and bacteria. *Phytother. Res.* 16,336-339p.
- McHugh M-A., Krukonis V-J., 1994. Supercritical fluid extraction: principles and practice, 2^{ème} édition, Ed. Howard Brenner, 608p.
- Medine G et al., 2004. Biological activities of the essential oil and methanolic extract of *Micromeria fruticosa* (L) Druce ssp *serpyllifolia* (Bieb) PH Davis plants from the eastern Anatolia region of Turkey. Article : University, Istanbul 34755, Turkey, 735, 741p.
- Meimberg H., Abele T.C., Bräuchler J.K., McKay P.L., Pérez de Paz et Heubl G., 2006. Molecular evidence for adaptive radiation of *Micromeria* Benth. (Lamiaceae) on the Canary Islands as inferred from chloroplast and nuclear DNA sequences and ISSR fingerprint data. *Mol. Phylogenet. Evol.* 41(3): p. 566-578.
- Météo habituelle à Mostaganem, Algérie sur : fr.weatherspark.com , page consultée le 26/09/2020.
- Miles E., 2013. Les huiles essentielles pour les nuls. 1^{ère} Edition. Ed. Gründ, Paris. 320p.
- Mnayer D., 2014. Eco-Extraction des huiles essentielles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agents antioxydants et antimicrobiens. Thèse de Doctorat en chimie. l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, 142p.
- Moro Buronzo A., 2008. Grand guide des huiles essentielles santé, beauté, bien-être, 3^{ème} édition, Ed. Hachette pratique, Paris, 254p.
- M'zahem R., Mihoubi R., 2016. Activités antifongiques des métabolites secondaires de *Trichoderma harzianum* vis-à-vis de quelques champignons phytopathogènes. Mémoire de master 2 : biotechnologie des mycètes. Université des frères mentouri constantine 1, 85p.

-N-

- Nelly G., 2015. Les huiles essentielles : se soigner par l'aromathérapie, 2^{ème} édition, Ed. Eyrolles, paris, 218p.
- Nelson P., Toussoun T., Marasas W., 1983. Fusarium species : an illustrated manual for identification. Pennsylvania state Univ. Editor.

-O-

- Océano S.L., 2012. Les huiles essentielles pour tous les jours, Barcelone, Espagne, 217p
- OMRANE S., ZEMMAME R., 2018. Aménagements anti-érosif des terres agricoles des piémonts Nord-Ouest du Dahra (W. Mostaganem). Mémoire de Master II en Sciences Agronomiques. Université d'Abd Elhamid Ibn Badis, 79p.

-P-

- Padeloup grenez E., 2019. Phytothérapie - exemples de pathologies courantes à l'officine : Fatigue, Insomnie, Stress, Constipation, Rhume, Douleur et Inflammation. Thèse de Doctorat en pharmacie. Université de Lille, 137 p.
- Peyron L., 1992. Techniques classiques actuelles de fabrication des matières premières naturelles aromatiques. Ed. Tec & Doc-Lavoisier. Paris. 438 p.

-Q-

- Quezel P. Santa, S., (1962-1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Vol. 1-2. Ed. Centre National de la Recherche Scientifique CNRS. Paris, 1170p.

-R-

- Radulović N.S et P., D Blagojević., 2012. Volatil secondary metabolites of *Micromeria dalmatica* Benth. (Lamiaceae): biosynthetical and chemotaxonomical aspects. *Chem. Biodivers.* 9 (7): p .1303-1319.
- Reguieg L., 2011. Using medicinal plants in Algeria, *American journal of food and nutrition*, 1(3):126-127.
- Roger C., 1997. Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (say) (Coleoptera) a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L). *J. Stored Prod. Res.* 31: 291-299.

- Roux D., 2011. Conseil en aromathérapie. 2^{ème} édition. Ed. Pro-Officina, France, 187 p.

-S-

- Saer A et al., 2014. Effect of organ type, drying methods, and extraction time on yield and essential oil components of *micromeria barbata* l. Before flowering. Article : Lebanese University, Tripoli, Lebanon, 43,47p.
- Satrani B., Farah A., Talbi M., 2007. Composition chimique et activité antibactériennes et antifongique de l'huile essentielle extraite du bois de *Tetraclinis articulata* du Maroc, *Ann. Fals. Exp. Chim.* 964, 75-84.
- Samec D, Gruz J, Durgo K, Kremer D, Kosalec I, Valek Zulj L, Martinez S, Salopek-Sondi B, Piljac-Zegarac J. 2015. Molecular and cellular approach in the study of antioxidant/pro-oxidant properties of *Micromeria croatica* (Pers.) Schott. *Nat. Prod. Res.* 29(18):1770–1774.
- Šavikin K.P et al., 2010. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Micromeria thymifolia* (Scop.) Fritsch, *M. dalmatica* Benth., and *Satureja cuneifolia* Ten. and its secretory elements. *J. Essent. Oil Res*, 22(1): p .91-96.

-T-

- Telci I.M. 2007 Ceylan. Essential oil composition of *Micromeria fruticosa* Druce from Turkey. *Chem. Nat. Compd.* 43(5) : p .629-631.
- Tony P., 2016. Bon usage des huiles essentielles, effets indésirables et toxicologie. Thèse de Doctorat en pharmacie. Université de lorraine, 87p.

-U-

- Utree A., Slump R.A, Steging G. & Smid E.J., 2002. Antimicrobial activity of carvacrol on rice. *Journal of food protection.*63, 620-624.

-V-

- Valnet J., 1984. Aromathérapie, Traitement des maladies par les essences des plantes. Maloine S.A. éditeur. Paris. 544p.
- Valverde R. M, An. Jard. Bot. Madr. 1991, 48, 131.

- Vokou D., Kokkini S., Bressiere J.M., 1988. *Origanum onites* (Lamiaceae) in Greece Distribution, volatile oil yield, and composition. *Economy botanic Journal*. 42,407-412.
- Volak J. et Stodola J., 1983. *Plantes médicinales*. éd. Gründ, Paris, 312p.

-Z-

- Zahalka J.P., 2010. *Les huiles essentielles (230 huiles essentielles, 170 maux traités)*. Edition Dauphin. Paris, 12-39.

Annexes

Annexe I

Tableau n°05 : Matériel utilisé au laboratoire

Verrerie	Appareillage	Milieux de culture	Autre produits	Autre matériels
Boites de Pétri	Agitateur	PDA	Eau distillé	Papier wathman n°1
Pipette Pasteur	Autoclave		Agar	Pissettes
tubes à essais	Incubateur		Tween 80	pince
Bécher	Balance			
	Bec de Bunsen			

Annexe II : Composition des milieux de culture

✓ Milieu PDA

Pomme de terre	200g
Glucose	20g
Agar	20g
Eau Distillée.	1000 ml

- La pomme de terre est épluchée, coupée en petits dés puis cuite dans un litre d'eau distillée. Après cuisson, le filtrat est récupéré, ajusté à 1000 ml puis ajuster le pH à 6,5.

Résumé

L'Algérie est reconnue par sa diversité variétale en plantes médicinales et aromatiques, la valorisation de ces plantes et de leurs dérivés (huiles essentielles, hydrolats) est devenue un facteur de développement économique d'un nombre important de pays émergents, il est donc nécessaire de suivre ce flot en s'appuyant sur des bases scientifiques qui peuvent apporter une contribution significative au développement de cette filière en Algérie.

Les huiles essentielles sont des produits naturels à forte valeur ajoutée, elles sont utilisées, d'une part pour leurs propriétés odorantes, dans le secteur des cosmétiques et parfums, et d'autre part pour leurs propriétés médicinales. Les huiles essentielles sont d'une composition chimique très complexe riche en principes actifs ; elles proposent parfois jusqu'à plusieurs centaines molécules aromatiques actives, qui se trouvent en proportions variables et qui nécessitent la mise en œuvre des méthodes de préparations et d'analyses les plus modernes.

Micromeria inodora (Desf.) Benth. est une plante inodore appartenant à la famille des *Lamiacées* qui s'étend sur les rochers, le calcaire dans le région méditerranéenne occidentale, particulièrement localisée dans quelques zones du littoral de l'ouest de l'Algérie. Elle est connue par la population sous le nom "Tazira hmeur".

L'objectif principal de notre étude est de faire l'extraction d'huile essentielle de *Micromeria inodora* (Desf.) Benth. et d'évaluer l'activité antifongique par la méthode de diffusion en milieu solide, Les champignons choisis sont (*Alternaria spp.*, *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.*, *Trichoderma spp.*). Nos résultats obtenus montrent que la plante étudiée fournit un faible rendement de 0,2% d'huile essentielle. Nous n'avons pas pu terminer l'étude de l'activité antifongique en raison de la situation qui traverse actuellement le monde à cause du **Covid-19**.

Mots clés : huiles essentielles, *Micromeria inodora*, activité antifongique.

الملخص

تشتهر الجزائر بتنوعها في النباتات الطبية والعطرية، وقد أصبح تعزيز هذه النباتات ومشتقاتها (الزيوت الأساسية والمياه العطرية) عاملاً في التنمية الاقتصادية لعدد كبير من البلدان الناشئة، لذلك من الضروري متابعة هذا التدفق من خلال الاعتماد على الأسس العلمية التي يمكن أن تساهم بشكل كبير في تطوير هذا القطاع في الجزائر.

الزيوت الأساسية هي منتجات طبيعية ذات قيمة مضافة عالية، يتم استخدامها من ناحية لخصائصها العطرية، في قطاع مستحضرات التجميل والعطور، ومن ناحية أخرى لخصائصها الطبية. الزيوت الأساسية لها تركيبة كيميائية معقدة للغاية غنية بالمكونات النشطة؛ تقدم أحياناً ما يصل إلى عدة مئات من الجزيئات العطرية النشطة، والتي توجد بنسب متغيرة والتي تتطلب استخدام أحدث طرق التحضير والتحليل.

Micromeria inodora (Desf.) Benth. هو نبات عديم الرائحة ينتمي إلى عائلة اللاميات التي تمتد على الصخور والحجر الجيري في منطقة غرب البحر الأبيض المتوسط، ولا سيما في بعض مناطق الساحل الغربي للجزائر. وهي معروفة لدى السكان باسم "تازيرة حمر".

الهدف الرئيسي من دراستنا هو استخراج الزيت العطري من *Micromeria inodora* (Desf.) Benth. ولتقييم الفعالية المضادة للفطريات بطريقة انتشار الوسط الصلب، تم اختيار الفطريات التالية (*Alternaria spp.*, *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.*, *Trichoderma spp.*). أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن النبات المدروس يوفر عائداً منخفضاً بنسبة 0,2% من الزيت العطري. لم تتمكن من إكمال دراسة النشاط المضاد للفطريات بسبب الوضع الذي يمر به العالم حالياً بسبب فيروس كورونا.

الكلمات المفتاحية : الزيوت العطرية، *Micromeria inodora*، النشاط المضاد للفطريات.

Abstract

Algeria is recognized for its varietal diversity in medicinal and aromatic plants, the promotion of these plants and their derivatives (essential oils, hydrosols) has become a factor in the economic development of a large number of emerging countries, it is therefore necessary to follow this flow by relying on scientific bases which can make a significant contribution to the development of this sector in Algeria. Essential oils are natural products with high added value, they are used, on the one hand for their scent properties, in the cosmetics and perfumes sector, and on the other hand for their medicinal properties.

Essential oils have a very complex chemical composition rich in active ingredients; they sometimes offer up to several hundred active aromatic molecules, which are found in varying proportions and which require the use of the most modern methods of preparation and analysis.

Micromeria inodora (Desf.) Benth. is an odorless plant belonging to the Lamiaceae family which extends on rocks, limestone in the western Mediterranean region, particularly localized in some areas of the coast of western Algeria. It's known by the population under the name "Tazira hmeur".

The main objective of our study is to extract the essential oil of *Micromeria inodora* (Desf.) Benth. and to evaluate the antifungal activity by the method of diffusion in a solid medium. The fungi chosen are (*Alternaria spp.*, *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.*, *Trichoderma spp.*). Our results obtained show that the plant studied provides a low yield of 0.2% essential oil. We were unable to complete the study of antifungal activity due to the situation currently going through the world due to Covid-19.

Keywords: essential oils, *Micromeria inodora*, antifungal activity.