

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**

**FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES
DE LA NATURE ET DE LA VIE**

N° :



**DOMAINE : SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE
FILIERE : BIOTECHNOLOGIE
OPTION : BIOTECHNOLOGIE
VEGETALE**

**Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique
En Biotechnologie Végétale**

Par :

TAIBI Salsabil

ZEGAAR Radja

Intitulé

**Évaluation de l'activité antibactérienne d'une espèce de la
flore d'Algérie (*Micromeria inodora*)**

Soutenu le 15/06/2025 devant le jury composé de :

SMAILI Tahar	Pr	Université de M'sila	Président
KHALFA Hanane	MCB	Université de M'sila	Encadreur
SAOUDI Ouarda	MCB	Université de M'sila	Examinatrice

Année universitaire :2024 /2025





Remerciement

Nous remercions d'abord Dieu pour le succès qu'il nous a donné dans l'accomplissement de cette œuvre, et pour le courage, la force et la santé qu'il nous a donnés.

Avec une grande gratitude et une grande appréciation, nous adressons nos sincères remerciements et notre gratitude à notre promoteur Dr. KHALFA Hanane, qui a été un véritable soutien et notre principal soutien tout au long des différentes étapes de cette recherche.

Merci pour votre patience, vos précieux conseils et votre confiance qui nous donnent la force de continuer. Votre présence savante et humaine a vraiment fait une différence dans notre expérience.

Nous tenons également à exprimer nos sincères remerciements aux membres du comité de discussion, au Pr. SMAILI Taher en tant que président, et au Dr. SAOUDI Ouarda en tant qu'examinatrice, pour avoir accepté de discuter de ce travail et de fournir leurs précieux commentaires.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude aux ingénieurs du laboratoire pour le soutien technique et l'assistance qu'ils ont apportés tout au long des travaux pratiques. Enfin, un grand merci à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de cet ouvrage, par des conseils, ou un mot de soutien et d'encouragement. ♥♥

Dédicace

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ)

سورة المجادلة، الآية 11

فاللهم كما أنعمت فزد، وكما زدت فبارك، وكما باركت فتّمّم، وكما أتممت فثبّت.

الحمد لله على الوصول، عدد ما أنعمت علينا، وعدد ما زرعت في قلوبنا من أمل، وعدد ما يسّرت لنا من سُبُلٍ لنبلغ.

اليوم... أقف وأنا أحمل بين يديّ ثمار أعوام من السعي، ومشاعر لا تُوصف، وليالٍ سهرتها بين تعبٍ وأمل.

أهدي هذا الإنجاز:

♥ لنفسي، التي صبرت وتحملت، وجاهدت كي تصل، فلم تُقصر، وكانت أهلاً للعبء والبذل.

♥ لأمي أحلام، لحن الطمأنينة، ونبض الحنان، وسند الروح... حبيبي، حفظك الله.

♥ لأبي عبد الله، من علمني الصبر، فكان صمته حافراً، ونظراته دعاءً لا يُرد، وظلاً ثابتاً في وجه رياح الحياة، حفظك الله.

♥ لإخوتي الأعزاء: أنس، سند عبد السلام، وعبد السميع... يا رفاق دربي، حفظكم الله وبارك فيكم.

♥ لأختي الغالية ساجدة، رفيقة الروح، ونبض القلب... حفظك الله يا حبيبي.

♥ لجدي العزيزة زهرة، التي كان دعاؤها سكتاً، وحنانها جبراً، ووجودها نعمة لا تقدر بثمن... أهديك هذا الإنجاز عربون حب

وامتنان.

♥ لكل خالتي، خاصة: حنان، دلال، نزيهة، وزينب. حضوركن دفاءً، وكلماتكن عزاءً في لحظات الوهن، وكنتن دوماً لي ظهرًا

لا يميل.

♥ شكرًا لعائلي الكبيرة، ولكل من قدّم لي كلمة دعم ولكل نظرة تشجيع، ولكل لحظة كانت فيها يدٌ تمدني بالقوة... أنتم جزء

من قصة نجاحي.

♥ إلى رفيقات دربي: إلهام، زليخة و شهيناز، من شاركنني تفاصيل الرحلة، ضحكاتها وتعبها... كنتن السند حين مالت الأيام،

وكنتن النور حين خفت الطريق. شكرًا للرفقة، للمحبة، وللذكريات التي ستظل تسكن القلب مهما ابتعدنا.

♥ إلى من رافقتني في إنجاز هذا العمل، صديقتي رجاء، مصدر دعمي في أصعب اللحظات. أهديك هذه الصفحات التي لم تكن

لنكتمل دون وجودك بجانب. دعمك النفسي ووقوفك العملي بحبٍ ونبُ، وتربيتك الراقية، كانت نعمة أحمد الله عليها.

♥ لأساتذتي الكرام طيلة المسيرة، من منحونا من علمهم وخبراتهم، وزرعوا فينا حب المعرفة. أهديك هذا العمل تقديرًا

وامتنانًا لعطاءكم النبيل وجهودكم اللامحدودة.

♥ لمشرفتي العزيزة الدكتورة خليفة حنان

التي كانت بحكمتها نعم الرفيقة في رحلة البحث،

وبعلمها ضياءً أثار طريقنا. لكِ مني كل التقدير.

الحمد لله أولاً وآخرًا،

ظاهراً وباطناً، سرّاً وعلانية.

سلسبيل



2025



Dédicace

الحمد لله الذي به تطيب الأمنيات، وتُروى خطوات الطامحين بالصبر والإيمان

♥ إلى من كان لهم الفضل بعد الله ...

إلى من كان دعاؤهم سندي، وحبهم زادي، ورضاهم سلاحي في وجه الحياة، إلى والديّ، أمان العمر، ونبع الصبر،
لكما أنحني امتنانًا، وبهذا الإنجاز أهديكما ثمرة تعبكما وحبكما.

♥ إلى أبي عبد الحفيظ، ركني الثابت الذي ما اهتَرَّ يومًا، حفظك الله سنَدًا وذخرًا .

♥ وإلى أمي لويذة، التي من حبها نبت صبري، ومن حنانها تشكّل قلبي حفظك الله نورًا ودعاءً لا يخيب .

♥ إلى إخوتي وأخواتي، رفاق الروح وبهجة الدرب، عائلي الأولى والفرح الذي لا يُستبدل .

خاصة إلى صغيري المدلل، محمد ضياء الدين، نبع البراءة وفرحة البيت .

♥ إلى أنور لعريبي، حب السنين، ورفيق الدعاء والحنين الطويل... إلى من جمع الصبر والحب، وكان الأمان في ضيق

السبل . أهديك هذا الإنجاز... لأنه يشبهك: هادئ، نقي، وعميق.

♥ إلى سلسبيل، رفيقة العناء وصديقة الإنجاز والتي كانت السند حين أثقلني الطريق، كل تفصييلة من هذا العمل

تحمل لمستك، فشكرًا لصدقك ودعمك ومحبتك ووفائك الذي لا ينسى .

♥ إلى السعدية، صديقة الأيام الجميلة، ورفيقة مقاعد الدراسة، دمتِ أثرًا طيبًا لا يُنسى .

♥ إلى صديقاتي من أيام الثانوي، من تركنّ في قلبي ودًا لا يزول.

♥ وإلى صديقات الجامعة والإقامة، ضحكاتكن كانت بلسمي، ورفقتكن عزاءً في الغربة رشا، إلهام

وخاصة عمورية قدح... بك خفّت المتاعب وزادت الذكريات دفتًا.

♥ إلى أقاربي وأحبّتي، لكل كلمة طيبة دعمتني، ولكل من كان أثره الطيب سببًا في الوصول .

♥ إلى أساتذتي الكرام، شكرًا لكل من منحنا من علمه، ومنحنا الثقة لنكمل الطريق. إلى استاذتي المشرفة الدكتورة

خلفة حنان، التي رافقتنا علمًا وصبرًا شكري لك لا يختصر.

♥ وإلى كل من مرّ في طريقي وترك أثرًا، شكرًا... فبهذا الأثر اكتمل مشواري.

أسأل الله لي ولكم التوفيق والسداد.

2025

مرجاء



Sommair

Sommaire

Liste des abréviations	i
Liste des figures	ii
Liste des tableaux	iii
Introduction	1

Chapitre I:Partie bibliographique

I.1. Description et composition de <i>Micromeria inodora</i>	3
I .1.1 Généralité sur la famille des Lamiacées	3
I .1.2. Généralité sur <i>Micromeria inodora</i>	3
I .1.3. Description botanique	4
I .1.4. Taxonomie et systématique	5
I .1.5. Répartition géographique	5
I.1.6. Usage de <i>Micromeria inodora</i>	6
I.1.6.1. Utilisation traditionnelle	6
I.1.6.2. Utilisation contre les bactéries	6
I.1.7. Composition phytochimique et application pharmacologique de <i>Micromeria inodora</i>	7
I.2. Les substances actives : Huiles essentielles	8
I.2.1. Historique	8
I.2.2. Définition	9
I.2.3. Répartition et localisation.....	9
I.2.3.1. Répartition.....	9
I.2.3.2. Localisation	9
I.2.4. Composition chimique	10
I.2.4.1. Les composés terpéniques	10
I.2.4.2. Les composés aromatiques dérivés du phényl-propane	11
I.2.4.3. Les composés d'origines diverses	12
I.2.5. Propriétés et caractéristique des huiles essentielles	13
I.2.5.1. Propriétés physicochimiques	13
I.2.5.2. Propriétés pharmacologiques et activités biologiques.....	14

I.2.6. Caractérisation phytochimiques des huiles essentielles	16
I.2.6.1. Procédés d'extraction des huiles essentielles	16
I.2.6.2. Montage L'hydrodistillation.....	17
I.2.6.3. L'entraînement à la vapeur d'eau	17
I.2.6.4. L'hydro diffusion	18
I.2.6.5. L'expression à froid	19
I.2.6.6. L'extraction par solvants	19
I.2.6.7. L'extraction par micro-ondes.....	19
I.2.7. Toxicité des huiles essentielles	20
I.3. Activité antibactérienne.....	20
I.3.1. Généralités sur les bactéries	20
I.3.2. Caractéristiques des souches bactériennes testées.....	21
I.3.2.1. <i>Escherichia coli</i>.....	21
I.3.2.2. <i>Staphylococcus aureus</i>	22
I.3.2.3. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	24
I.3.2.4. <i>Bacillus cereus</i>	26
I.3.2.5. <i>Salmonella entrica</i>	27

Chapitre II:Matériels et méthode

II.1.Matériel	31
II.1.1. Matériel biologique	31
II.1.1.1. Matériel végétal	31
II.1.1.2. Matériel microbiologique	31
II.1.2. Matériel non biologique.....	31
II.2.Méthodes d'étude.....	31
II.2.1. Séchage, Broyage et conservation de la poudre.....	33
II.2.2. Tests phytochimiques (Screening phytochimique).....	33
II.2.2.1. Préparation de l'infusé à 5%	33
II.2.3.Préparation des extraits.....	35
II.2.3.1. Extraction des huiles essentielles.....	35
II.2.3.1.1. Détermination du rendement de huiles essentielles	36
II.2.3.2. Extraction par macération dans l'eau distillée (extraction solide/liquide)	36

II.2.3.3. Extraction par macération d'hexane (extraction solide/liquide)	37
II.2.3.4. Détermination du rendement de l'extraction	38
II.2.4. Evaluation de l'activité antibactérienne.....	38
II.2.4.1. Les souches bactériennes testées	38
II.2.4.2. Méthodes	39
II.2.4.3. Revivification et repiquage des espèces bactériennes.....	39
II.2.4.4. Préparation de l'inoculum	40
II.2.4.5. Ensemencement	40

Chapitre III:Résultats et Discussion

III.1. Screening phytochimique	43
III.2. Rendement en huiles essentielles	47
III.3. Rendement des extraits :	47
III.4. Evaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de <i>Micromeria inodora</i>	50

Conclusion et perspective

Références bibliographiques	56
Annexes	68
Résumé	71

Liste des abréviations

ATCC: American Type Culture Collection.

Aq : Aqueux.

Hex : Hexanique.

ED : l'eau distilles.

HE : Huile essentielle.

Ex : extrait.

DMSO: Diméthyl sulfoxyde.

***S. aureus* :** *Staphylococcus aureus*.

***B. cereus* :** *Bacillus cereus*.

***E. coli* :** *Escherichia coli*.

***S. entrica* :** *Salmonella entrica*

***P. aeruginosa* :** *Pseudomonas aeruginosa*

Liste des figures

Figure 1: Les parties végétatives et florales de *Micromeria inodora* (Desf) Benth.(Ivorra et al.,2017 ; Bouriah et al., 2021)5

Figure 2: Aire de distribution des taxons du genre *Micromeria* Benth. (Bräuchler et al.,2006)..6

Figure 3: Structure chimique de certains composés identifiés dans les extraits de la partie aérienne de *M. inodora* (Bouriah et al., 2021).8

Figure 4: Structures chimiques des quelques composés terpènes (Bakkali et al., 2008).12

Figure 5: Structures chimiques de quelques composés phénolique (Bakkali et al., 2008).13

Figure 6:Montage d'hydrodistillation17

Figure 7:Distillation par entraînement à la vapeur d'eau (Couic-Marinier, 2017).....18

Figure 8:Schéma du procédé d'hydro diffusion (Bousbia, 2011).18

Figure 9:Extraction sans solvant assistée par micro-ondes (Mnayer, 2014)19

Figure 10:Coloration de Gram de bactéries à Gram. négatif (A) et à Gram20

Figure 11: *Escherichia Coli* Macroscopique(A) ; microscopique(B)21

Figure 12: *Staphylococcus aureus* macroscopique(A) ; microscopique(B) (Murray et al., 2003)23

Figure 13: *Pseudomonas aeruginosa* macroscopique(A) (Schachter et al., 1999) microscopique(B) (Jyoti et al., 2011).....24

Figure 14: *Bacillus cereus* macroscopique(Granum et Baird-Parker 2000).26

Figure 15: *Salmonella* macroscopique(Tabo, 2013).28

Figure 16:Plan général de la partie expérimentale.32

Figure 17: Séchage de la plante *Micromeria inodora*33

Figure 18: Préparation de l'infusé à 5%34

Figure 19::Extraction des HEs par cleverger.....36

Figure 20: Extraction aqueux37

Figure 21: Extraction hexanique38

Figure 22:des extraits A : hexaniques B : d'extrait aqueux40

Figure 23: La méthode d'ensemencement des boites.....41

Figure 24: Extraction d'HE47

Figure 25: Rendement des extraits.48

Figure 26:Photos montrant des zones d'inhibition de la croissance bactérienne51

Liste des tableaux

Tableau 1: Classification systématique de *Micromeria inodora* (Desf.) Benth5

Tableau 2: Structure chimique de certains composés identifiés dans les huiles essentielles de la partie aérienne de *M. inodora* (Benomari et al., 2016).7

Tableau 3: Classification de *Staphylococcus aureus*.....23

Tableau 4: Classification de *Pseudomonas aeruginosa*.25

Tableau 5: Classification de *Bacillus cereus*.....27

Tableau 6: Classification du *Salmonella entrica*.....29

Tableau 7: Les souches bactériennes testées39

Tableau 8: Les résultats des tests phytochimiques.43

Tableau 9: Valeur rendement des extraits Rendement des extraits.....48

Tableau 10: Résumé les résultats des travaux antérieurs déjà faite sur *Micromeria inodora*.....49

Tableau 11: Diamètre de zone d'inhibition des extraits51

Introduction

Introduction

Depuis des milliers d'années, l'homme a utilisé diverses plantes trouvées dans son environnement, afin de traiter et soigner toutes sortes de maladies. Ces plantes représentent un réservoir immense de composés potentiels attribués aux métabolites secondaires qui ont l'avantage d'être d'une grande diversité de structure chimique et ils possèdent un très large éventail d'activités biologiques. Cependant l'évaluation de ces activités demeure une tâche très intéressante qui peut faire l'intérêt de nombreuses études. **(Alessalra,2008)**.

De nos jours entre 20000 et 25000 plantes sont utilisées dans la pharmacopée internationale, l'avantage d'être d'une grande diversité de structure chimique et ils possèdent un très large réservoir immense de composés potentiels attribués aux métabolites secondaires qui ont plantes dont 15% sont endémiques et appartiennent à plusieurs familles botaniques **(Lekehal et al.,2016)**, a poussé les chercheurs algériens à les étudier et les analyser sur le plan phytochimique ainsi que sur le plan pharmacologique, pour explorer la grande Flore algérienne.

La famille des lamiacées ou labiées aussi nommée labiacée, est considérée comme l'une des principales familles méditerranéennes à essences **(Guignard, 1996)**. Les espèces évoluant dans ce milieu tels que *Micromeria*. Ces espèces contiennent un large éventail de phyto-constituants tels que les terpénoïdes, les phénols et les flavonoïdes comme l'acide rosmarinique, l'acide chlorogénique, l'apigénine et la thymonine **(Šamec et al., 2015 ; Azab, 2016 ; Kordkolaei et al., 2019)**.

Ce mémoire est consacré à évaluer l'activité antimicrobienne de l'extrait d'une plante médicinale *Micromeria inodora* (Desf) Benth. Sur les bactéries pathogènes .

La stratégie expérimentale de notre travail sera présentée comme suit :

- ✓ Une partie théorique citant des généralités sur la plante étudiée, les huiles essentielles et les bactéries pathogènes.
- ✓ Partie pratique comportant le matériel, les méthodes et les techniques utilisées pour la réalisation de ce travail avec les résultats obtenus et leur discussion.
- ✓ Une conclusion générale et perspectives.

Chapitre I

Partie bibliographique

I.1. Description et composition de *Micromeria inodora*

I.1.1 Généralité sur la famille des Lamiacées

La famille des Lamiacées, qui porte différents noms avec la famille des Labiées et Labiacées, et dont les noms scientifiques latins de Labiateae ou Lamiaceae qui est une famille assez nombreuse (Touhami, 2017), ont une distribution à travers le monde, y compris plus de 7 200 espèces dans environ 240 genres sont organisées en sept sous-familles : Ajugoideae Kostel, Lamioideae Harley, Nepetoideae (Dumort.) Luerss, Prostantheroideae Luerss, Scutellarioideae (Dumort.) Caruel (Bräuchler et al., 2010). Elle est connue sous le nom de la famille de la Menthe se caractérise par des espèces de plantes aromatiques d'importance économique (Abo el-kasem bosly, 2022), telles que herbes médicinales et culinaires par exemple *Lavandula* (lavande) et *Mentha* (menthe), plantes ornementales cultivées par exemple *Salvia* (sauge) (Miller et al., 2006). Une famille importante appartenant à des angiospermes dicotylédones. Les plantes de cette famille sont des arbustes, des sous-arbrisseaux ou des plantes herbacées (Bendif, 2017). C'est une importante unité taxonomique de plantes, cette famille est unique formellement divisée en deux groupes selon la composition phytochimique spécifique : le premier groupe produit les huiles essentielles, tandis que le deuxième groupe produit essentiellement les composants de la partie polaire (di et triterpénoïde, iridoïde et polyphénols) (Shanaida et al., 2021). Les Lamiacées sont connues pour leur abondance d'espèces aux vertus médicinales dont l'utilisation remonte à des temps très anciens. Ils sont également connus pour sa teneur en HEs et sa richesse en composés polyphénoliques et terpénoïdes. Toutes ces classes de composés ont suscité un grand intérêt en raison de leurs activités biologiques (Abeer Abdelhalim et Hanrahan, 2021), comme exemple L'HE de lavande de la partie fleurie de *Lavandula angustifolia* L, cette espèce présente des propriétés anti-inflammatoires, antibactériennes, antivirales et antifongiques ainsi qu'une activité anticancéreuse (Abo el-kasem bosly, 2022).

I.1.2. Généralité sur *Micromeria inodora*

Micromeria Benth. Tel qu'il est actuellement compris, appartient à la famille des Lamiacées et comprend environ 70 espèces. Ces espèces ont une répartition géographique étendue, allant de la région himalayenne à l'archipel Macaronésien, qui inclut Madère, le Cap-Vert et les îles Canaries, et s'étend également de la région méditerranéenne jusqu'à l'Afrique du Sud et Madagascar. (Meimberg et al., 2006).

Micromeria est détecté pour la première fois par Bentham en 1829 ; le nom est tiré du grec mikros (petit) et meris (partie), allusion à la taille des feuilles. (Ferrari, 1984). Parmi leur Synonymes : *M. inodora* (Desf.) Benth. (= *Satureja fontanesii* Briq. = *Micromeria barceloi* Willk.

= *Satureja barceloi* (Willk. Pau) = *Thymus inodorus* (Desf.) ». D'autre part, une étude récente fondé par Jean-Paul Peltier (Šavikin K. P. et al., 2010).

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* (Deaf.) Benth., est une plante inodore qui s'étend sur les rochers calcinés, elle est connue par la population ancienne sous le nom de « Tazir ahmeur » en berbère ou « Zaeter el Hamir » en arabe. (Medbouhi, 2014).

I.1.3. Description botanique

Description morphologique du genre *Micromeria* selon Bräuchler et al., 2006

Plantes pérennes, arbrisseaux ou sous arbrisseaux rarement herbacées plus ou moins aromatiques. Feuilles opposées, à pétiole distinct mais court, limbe plus ou moins coriace, de plus de 2-30×1-11 mm souvent révolutes, marge épaissies, entière ou légèrement dentées. Inflorescence thyroïde ou parfois à racème lâche ou dense et sous forme d'épis ; bractées similaires aux feuilles (parfois moins large) se rétrécissant de la base au sommet dans l'inflorescence ; Cymes de 1 à plusieurs fleurs, souvent 2 ou rarement 3 dans le même nœud pédoncule de minuscule à 12 mm long, parfois plat, bractéoles présents (dans les cymes uniflore), petits, même étroit. Calice à 5 lobes, à peine accrescent, presque actinomorphe à bilabié, 2-11 mm de long ; tube (12) 13-15 stries marquées, avec ou sans carpostège à l'ouverture de la gorge ; la lèvre supérieure à 3 dents, la lèvre inférieure à deux dents séparées à la base plus longues et plus étroites que les supérieures. La corolle fortement bilabiée est pourpre, rose violet, ou blanche, 3-20 mm de long. parfois plus courte cleistogame, rarement femelle. Les lèvres postérieures émarginées, les antérieurs presque plates, trilobées avec le lobe médian plus large. Les étamines, ascendantes sous la lèvre postérieure de la corolle, thèque divariquée, séparés par un court connectif. Style a lobes égales, subégales ou parfois avec la branche inférieure plus longue. Disque petit à peine lobé. Nucules bruns et glabre de 0.6-1.5× 0.3-0.8 mm. 1.15-4 fois plus long que large, apex acuminé, aigu, subaigu ou rond à obtus, avec une aréole plus ou moins produisant du mucilage au contact de l'eau.



Figure 1: Les parties végétatives et florales de *Micromeria inodora* (Desf) Benth. (Ivorra et al., 2017 ; Bouriah et al., 2021) .

I.1.4. Taxonomie et systématique

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

Tableau 1: Classification systématique de *Micromeria inodora* (Desf.) Benth .

Règne	Plantae (végétale)
Embranchement	Spermaphytes (phanérogames)
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Métachlamydées (gamopétales)
Ordre	Tubiflorales
Sous ordre	Verbeninées
Famille	Lamiaceae (labiae)
Genre	<i>Micromeria</i>
Espèce	<i>Micromeria inodora</i>

I.1.5. Répartition géographique

Micromeria inodora (Desf.) Benth., est une espèce optimale dans la région méditerranéenne occidentale, répartie le long de la côte de l'Afrique du Nord, du Maroc à la Tunisie et aux îles Baléares, avec des populations isolées en Espagne et Italie (Morales, 2010).

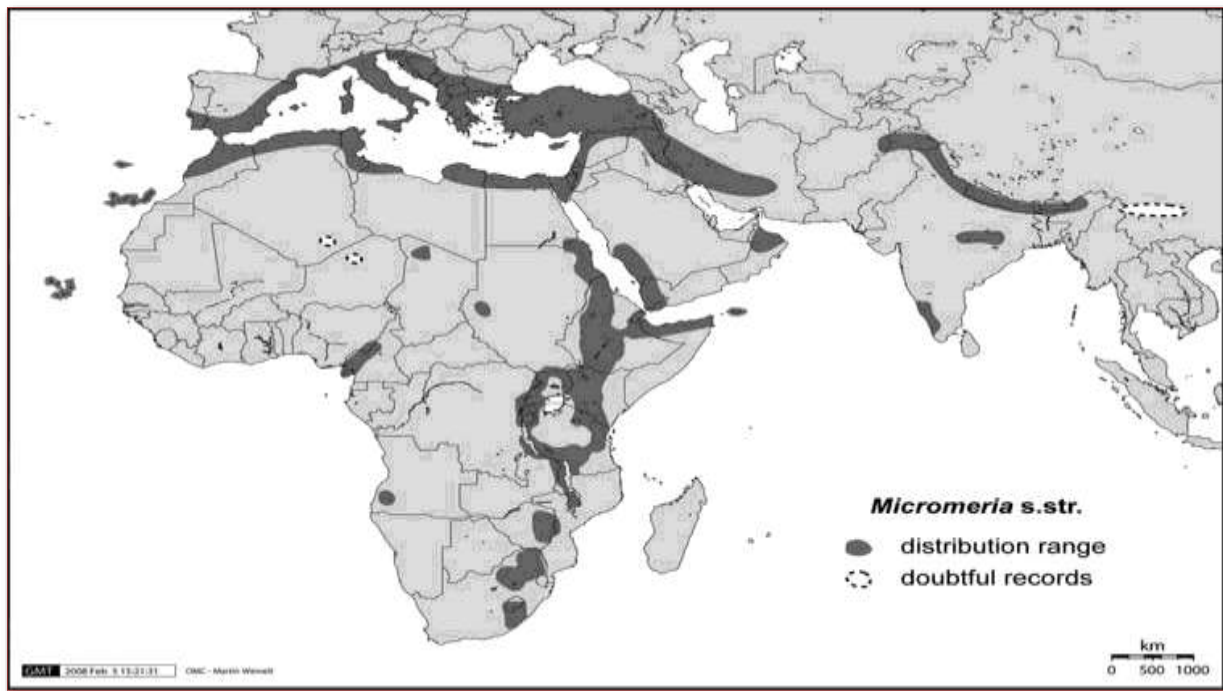


Figure 2: Aire de distribution des taxons du genre *Micromeria* Benth. (Bräuchler et al.,2006)

I.1.6. Usage de *Micromeria inodora*

De nombreuses populations mondiales utilisent contre les rhumes et fièvre . Les espèces de cette famille, possèdent des propriétés anti-cicatrisantes, antibactériennes, antifongiques, anti-inflammatoires, anti-tumorale et antivirale (Abdelwahab et al.,2015 ; Brahmi et al.,2017., Azab, 2016).

I.1.6.1. Utilisation traditionnelle

Utilisé en médecine populaire contre les troubles cardiaques, les maux de tête, la peau des plaies, les infections, et comme antispasmodique, stimulant, expectorant, et pour traiter les rhumes. (Abdelwahab et al.,2015). Le genre *Micromeria* pousse naturellement en Algérie, où sa décoction de feuilles a été généralement utilisée en médecine populaire comme substitut de la menthe, notamment dans le traitement des plaies, des maux d'estomac, des rhumes et des fièvres et comme condiment. (Benomari et al.,2016). *M. biflora* Benth. Est fortement recommandée pour les dysfonctionnements et douleurs gastriques, ainsi que pour les troubles digestifs. Les autres membres du genre *Micromeria*, à savoir *M. herpyllomorpha* Webb et Berth et *M. varia* Bentham, sont également utilisés comme toniques capillaires aux îles Canaries, en Espagne (Rivera et Obón, 1992).

I.1.6.2. Utilisation contre les bactéries

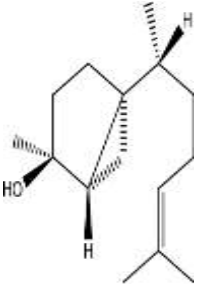
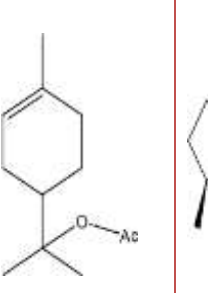
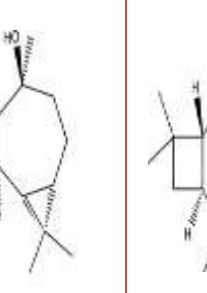
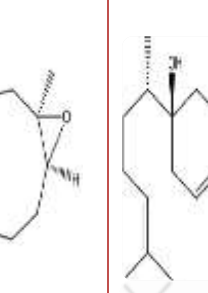
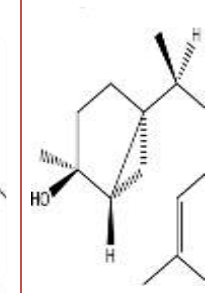
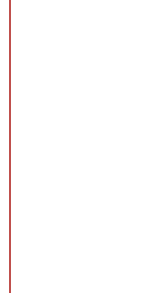
À la suite d'études récentes, il a été démontré que l'huile essentielle des espèces de *Micromeria* présente une activité biologique telle qu'antimicrobienne, (Duru et al.,2007 ; Formisano et al.,2007 ; Stojanovic et al.,2006) antibactérienne, et antioxydante. (Marinkovic et al.,2002 ;

Mastelic et al.,2005).

I.1.7.Composition phytochimique et application pharmacologique de *Micromeria inodora*

Elles contiennent une large gamme de phyto-composés 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) Les principaux composés déterminés dans les HES sont (**tableau 02**) trans- sesquisabinène hydraté (**1** ; 20,9 %), α -acétate terpinyle (**2** ; 19,8 %), le globulol (**3** ; 4,9 %), l'oxyde de caryophyllène (**4** ; 4,3 %), le β -bisabolol (**5** ; 2,9 %) et trans-7-épi-sesquisabinène hydraté (**6** ; 2,6 %) (Benomari et al., 2016) .

Tableau 2:Structure chimique de certains composés identifiés dans les huiles essentielles de la partie aérienne de *M. inodora* (Benomari et al., 2016).

Structure						
Le nom	1)trans-sesquisabinène hydraté	2) α -acétate terpinyle	3)Le globulol	4)L'oxyde caryophyllène	5)Le β -bisabolol	6) trans-7-épi-sesquisabinène hydraté

Dans les extraits de la partie aérienne de *M. inodora* récoltée dans la région montagneuse à Oran, l'analyse chimique réalisée par Bouriah et al., (2021) a déterminé la présence de flavonoïdes aglycones et glycosylés, des dérivés de phénylpropanoïdes et des acides triterpéniques,

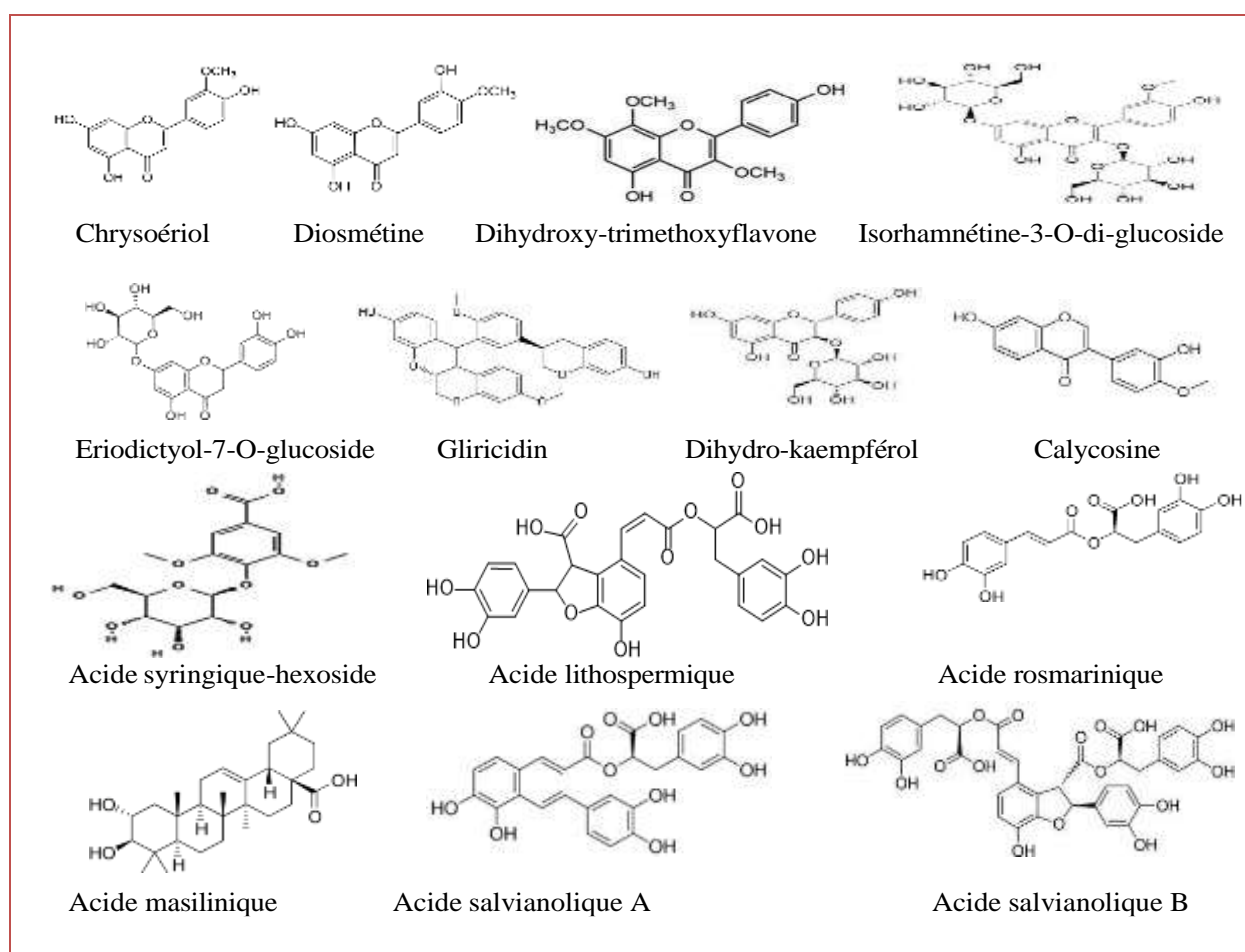


Figure 3: Structure chimique de certains composés identifiés dans les extraits de la partie aérienne de *M. inodora* (Bouriah et al., 2021).

I.2. Les substances actives : Huiles essentielles

I.2.1. Historique

Les premières preuves de fabrication et d'utilisation des HEs datent de l'an 3000 avant J.C. (Baser et Buchbauer, 2010). Les HEs semblent donc avoir accompagné la civilisation humaine depuis ses premières genèses. Les égyptiens puis les grecs et les romains ont employé diverses matières premières végétales ainsi que les produits qui en découlent, notamment les HEs. L'étape byzantine de la civilisation a permis l'instauration des bases de la distillation et, avec l'ère arabe de la civilisation, l'HE devient un des principaux produits de commercialisation internationale. Ainsi, vers l'an mille, Avicenne, médecin et scientifique persan, a défini précisément le procédé d'entraînement à la vapeur. L'Iran et la Syrie deviennent les principaux centres de production de divers types d'extraits aromatiques. Par la suite, les HEs ont bénéficié des avancées scientifiques, au niveau des techniques d'obtention et de l'analyse de leur composition chimique.

Parallèlement, leur utilisation a aussi tiré profit de l'avènement de l'aromathérapie. René-

Maurice GATTEFOSSE a créé, en 1928, le terme de l'aromathérapie et il a mené de nombreux travaux concernant les HEs, notamment leurs propriétés ; ces résultats seront à l'origine de nombreuses autres recherches (**Besombes, 2008**).

I.2.2.Définition

Les HEs sont des produits de composition généralement complexe (**Goetz et Ghedira, 2012**). Les huiles essentielles encore appelées essences ou huiles volatils, sont des substances huileuses.

Les HEs encore appelées essences ou huiles volatils, sont des substances huileuses, volatiles, d'odeur et de saveur généralement fortes, extraites à partir des différentes parties de certaines plantes aromatiques, par des méthodes de distillation, d'enfleurage, d'expression par solvant ou par d'autres méthodes (**Belaiche, 1979 ; Valnet, 1984 ; Wichtel et al., 1999**). D'après **Bruneton a (1999)**, les essences sont « des produits de compositions généralement assez complexes renfermant des principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation ». La norme française AFNOR NF T75-006 définit l'HE comme : « un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, et qui sont séparés de la phase aqueuse par procédés physiques » (**Garnero, 1996**).

I.2.3.Répartition et localisation

On rencontre les HEs dans diverses familles botaniques elles se localisent dans toutes les parties vivantes de la plante et se forment dans le cytoplasme des cellules spécialisées (**Degryse et al., 2008**).

I.2.3.1.Répartition

Les HEs n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs ; il y aurait, 17500 espèces aromatiques. Les genres capables d'élaborer les constituants qui composent les HEs sont répartis dans un nombre limité de familles. Ex : Myrtacées, Lauracées, Rutacées, Lamiacées, Astéracées, Apiacées, Cupressacées, Poacées, Zingibéracées, Pipéracées, les HEs peuvent avoir une origine animale annonce Frant et Damelio et donnent l'exemple de celle rencontrée dans le foie de poisson (**Franchomme, et Pénoël,1990**) Les HEs peuvent être stockées dans tous les organes de la plante, tels que : dans les sommités fleuries (la carotte sauvage, menthe, lavande), les feuilles (eucalyptus, laurier), les rhizomes (gingembre), les fruits (agrumes, badiane, anis), les racines (Vétiver), les graines (muscades), bien que cela soit moins habituel dans des écorces (Cannelier) (**Bellakhdar, 1997;Gonzalez et al., 2007**).

I.2.3.2.Localisation

Les HEs sont produites par des glandes sécrétrices présentes sur les cellules où elles s'agencent

en petites gouttelettes, semblable à la majorité des structures histologiques spécialisées, fréquemment localisées à la surface ou aux abords de presque toutes les parties de la plante. L'accumulation et la production d'HEs sont généralement liées à la présence de la plante. Ces structures peuvent inclure des cellules productrices d'HEs (Lauraceae), des poils sécréteurs (Lamiaceae), des capsules sécrétant (Myrtaceae, Rutaceae, Lamiaceae) et des canaux sécréteurs présents dans plusieurs familles. Il convient de noter que les parties d'une même espèce peuvent contenir des HEs ayant des compositions variées selon leur emplacement dans la plante. (Degryseet *al.*, 2008). (Gonzalez-Trujanoet *al.*, 2007).

I.2.4. Composition chimique

La composition chimique d'une HE est très complexe. Elle est soumise à de très nombreuses variables. Connaître avec exactitude les constituants d'une HE est fondamental, à la fois pour vérifier sa qualité, expliquer ses propriétés et prévoir sa toxicité potentielle (Couic-Marinier et Lobstein., 2013). Une HE renferme majoritairement des terpènes volatils, issus de la condensation des unités isopréniques, et des dérivés aromatiques dérivés du phénylpropane (Couic-Marinier et Lobstein., 2013).

I.2.4.1. Les composés terpéniques

Les terpènes constituent une famille de composés largement répandus dans le règne végétal. Leur particularité structurale la plus importante est la présence dans leur squelette d'une unité isoprénique à cinq atomes de carbone (C₅H₈) reconnue par Wallach dès 1887 (Lamarti et *al.*, 1994). Cet isoprène est à la base du concept de la « règle isoprénique » énoncée en 1953 par Ruzicka (Lamarti et *al.*, 1994). Cette règle considère le diphosphate d'isopentényle (IPP), désigné sous le nom d'isoprène actif comme le véritable précurseur de la molécule terpénique. Les systèmes enzymatiques responsables de cette conversion (IPP en composés terpéniques dans les trois compartiments : cytoplasmes, mitochondries et plastes) sont hydrosolubles ou membranaires. Ces derniers permettent l'élongation de la chaîne isoprénique conduisant à tout l'éventail des composés terpéniques à 10, 15, 20 et 30 atomes de carbones (Lamarti et *al.*, 1994).

Seuls les terpènes dont la masse moléculaire est relativement faible (mono – et sesquiterpènes) sont rencontrés dans les HEs (Bruneton b, 1999) représentant la base de leurs propriétés olfactives, en leur conférant un caractère volatil (Pibiri, 2006). Il convient de souligner que la synthèse des terpènes n'est pas propre aux végétaux. Le squalène, est un terpène abondant chez les requins.

Des sesquiterpènes et des diterpènes se rencontrent également chez les spongiaires et les cœlentérés (Guignard, 2000). Les terpènes sont constitués d'un mélange d'hydrocarbures et de composés oxygénés dérivés de ces hydrocarbures. Dans certaines HEs, les hydrocarbures

Prédominant (comme l'essence de Térébenthine), dans d'autres, la majeure partie de l'essence est constituée de composés oxygénés. Il est à noter que l'odeur et le goût des HEs sont donnés par ces composés oxygénés. Parmi ces composés, on note les alcools (géraniol, linalol), les esters (acétate de linalyle), les aldéhydes (menthone, camphre, thuyone), les cétones, les éthers, les phénols et les peroxydes (**Paris et al., 1981 ; Svoboda et al., 1999**).

I.2.4.1.1. Les monoterpènes

Les composés mono-terpéniques sont constitués de deux unités d'isoprène, leur formule chimique brute est $C_{10}H_{16}$ (**Rahal, 2004**). Ces composés peuvent être : des monoterpènes acycliques (myrcène, ocimènes), monoterpènes monocycliques (α - et γ -terpinène, p-cymène) et des monoterpènes bicycliques (pinènes, Δ^3 -carène, camphène, sabinène). Selon **Bruneton b, (1999)**, la réactivité des cations intermédiaires justifie l'existence de nombreuses molécules caractérisées par différentes fonctions : alcools, cétones, esters, aldéhydes, éthers, peroxydes et phénols.

I.2.4.1.2. Les sesquiterpènes

Ils comportent trois unités d'isoprène, leur formule est $C_{15}H_{24}$ soit une fois et demie (sesqui) la molécule des terpènes (**Belaiche, 1979**). Ils présentent une grande variété dans les structures conduisant à un nombre élevé de possibilités, ce qui a retardé l'élucidation de leurs structures (**Rahal, 2004**). Les sesquiterpènes peuvent être également, comme les monoterpènes, acycliques (farnésol), monocycliques (humulène, α -zingibèrene) ou polycycliques (matricine, artéannuine, β , artémisinine). Ils renferment aussi des fonctions comme les alcools (farnésyl, carotol, β -santalol, patchoulol), les cétones (nootkatone, cis- longipinane-2.7-dione, β -vétivone), les aldéhydes (sinensals), et les esters (acétate de cédryle) (**Bruneton b, 1999 ; Laouer, 2004**).

I.2.4.2. Les composés aromatiques dérivés du phényl-propane

Les composés aromatiques des HEs sont principalement des dérivés du Phényl-propane (C_6-C_3), parmi lesquels se trouvent des aldéhydes (cinnamaldéhyde), des alcools (alcool cinnamique), des phénols (chavicol, eugénol), des dérivés méthoxy (anéthol, estragol) ou méthylène dioxy (myristicine, safrol) (**Abdelli, 2017**). Ces composés aromatiques constituent un ensemble important car ils sont généralement responsables des caractères organoleptiques des HEs (**Kunle et al., 2003**).

I.2.4.3. Les composés d'origines diverses

Ces sont des produits résultant de la transformation de molécules non volatiles entraînaibles à la vapeur d'eau. Il s'agit de composés issus de la dégradation d'acides gras et de terpènes. D'autres composés azotés ou soufrés peuvent subsister mais sont rares. Enfin, il n'est pas rare de trouver dans les concrètes, des produits de masses moléculaires plus importantes non entraînaibles à la vapeur d'eau, mais extractibles par les solvants tels que les homologues des phénylpropanes, diterpènes, etc... (Bruneton c,1999). Abou Zeid (1988) signale que le composé soufré le plus rencontré est l'allyl-isothiocyanate issu de la dégradation d'un glucoside sinigraside qui se trouve dans les graines de moutarde noire. Ce composé est incolore, fluide et de saveur piquante. Certaines plantes aromatiques produisent des HEs dont les composés terpéniques renfermant l'élément nitrogène. Parmi ces composés on cite l'indole, qui se trouve dans l'HEs du citron et des fleurs de jasmin.

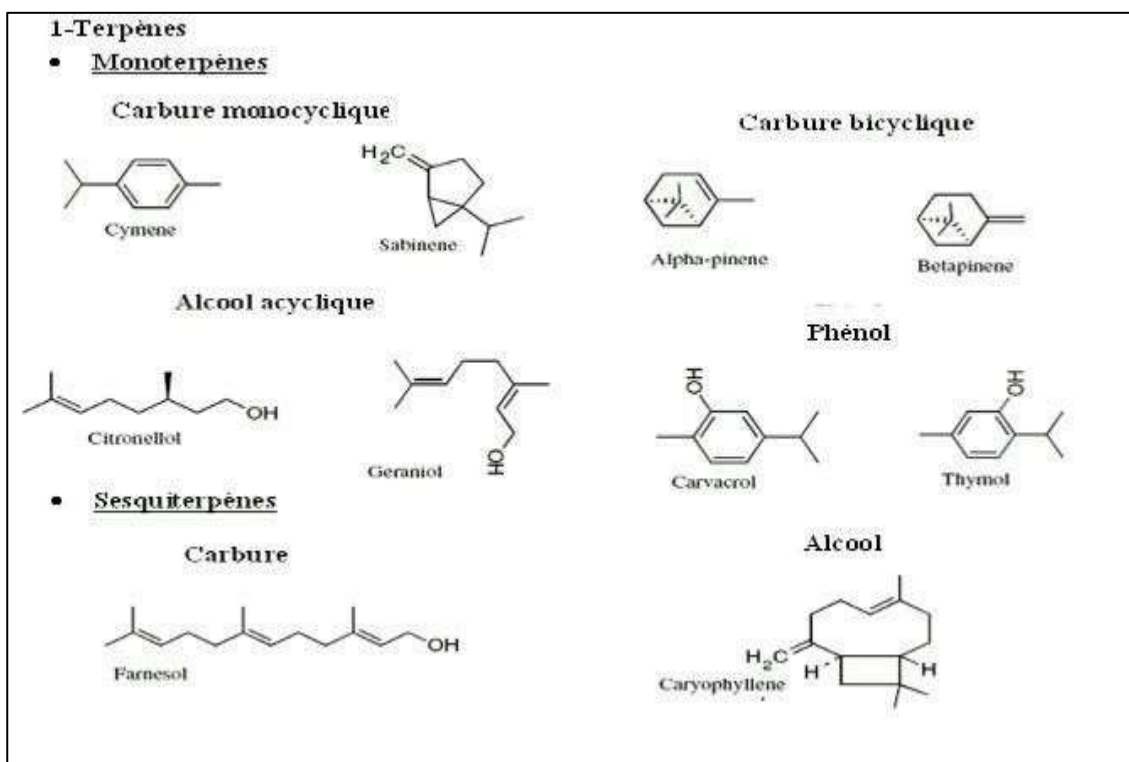


Figure 4: Structures chimiques des quelques composés terpènes (Bakkali et al., 2008).

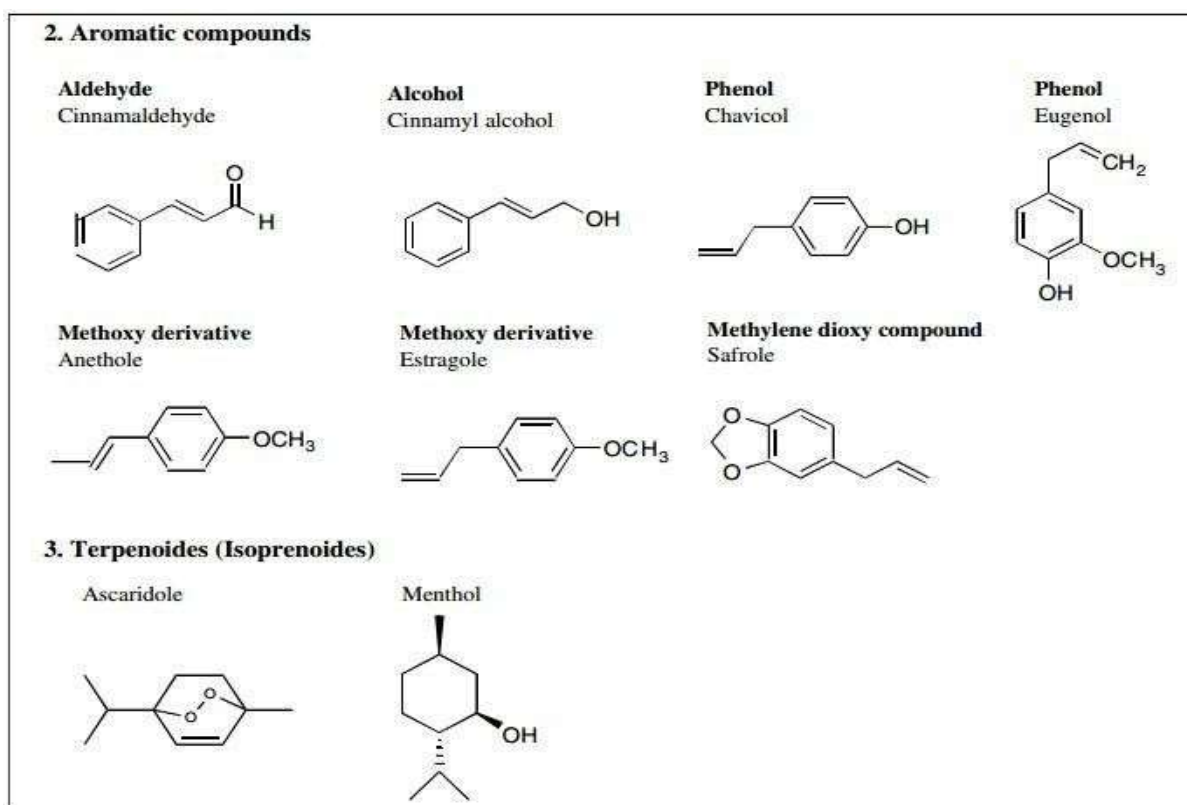


Figure 5: Structures chimiques de quelques composés phénoliques (Bakkali *et al.*, 2008).

I.2.5. Propriétés et caractéristique des huiles essentielles

I.2.5.1. Propriétés physicochimiques

Les principales caractéristiques physicochimiques communes des HEs sont (Bruneton *a*, 1999).

- Liquides à température ambiante.
- Elles n'ont pas le toucher gras et onctueux des huiles fixes.
- Elles sont volatiles et très rarement colorées.
- Les HEs à forte teneur en monoterpènes ont une densité faible.
- Leur indice de réfraction varie essentiellement en fonction de la teneur en monoterpènes et en dérivés oxygénés. Une forte teneur en monoterpènes donnera un indice élevé, cependant une teneur élevée en dérivés oxygénés produira l'effet inverse.
- Elles sont solubles dans les alcools à titre alcoométrique élevé et dans la plupart des solvants organiques mais peu solubles dans l'eau.
- Elles sont dotées d'un pouvoir rotatoire puisqu'elles sont formées principalement de composés asymétriques.
- Elles sont très altérables, sensibles à l'oxydation et ont tendance à se polymériser donnant lieu à la formation de produits résineux, il convient alors de les conserver à l'abri de la

Lumière et de l'humidité (Zabeirou et al., 2005).

I.2.5.2. Propriétés pharmacologiques et activités biologiques

I.2.5.2.1. Pouvoir Antibactérien

De nombreuses études ont été réalisées en vue de l'estimation du pouvoir antiseptique des HEs depuis très longtemps, par exemple en 2000, Dorman et Deans ont étudié l'activité de l'HE du poivre (*Piper nigrum*), du géranium (*Pelargonium graveolens*), d'origan (*Origanum vulgare*) et du thym (*Thymus vulgaris*) sur 25 genres différents de bactéries. Les huiles volatiles ont montré des effets inhibiteurs considérables contre tous les micro-organismes testés, alors que leurs constituants majeurs ont montré des degrés différents au niveau de la culture bactérienne. **Hammer et al. (1999)** ont conduit une étude qui portait sur l'activité antimicrobienne de 47 HEs contre 10 microorganismes dont une levure (*Candida albicans*), tous les microorganismes sont inhibés par les HEs de *Cymbopogon citratus*, *Origanum vulgare* et de *Pimenta racemosa* à des concentrations inférieures ou égales à 2% par contre ces microorganismes ne sont pas inhibés par l'HE de *Salvia officinalis* à la concentration de 2%. **Ohno et al. (2003)**, ont trouvé que les huiles essentielles de la citronnelle et du citronnier, empêchent la croissance de *Helicobacter pylori* (même les souches résistantes) et réagissent même dans des conditions d'acidité. D'après **Mohammedi (2006)**, l'essence des feuilles de *Lavandula. stoechas* est un agent antibactérien efficace contre *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis* et *E. coli*. Tandis que, l'huile de *Cistus ladaniferus* s'est avérée efficace contre *Listeria monocytogenes*. Il a été montré également que certaines HEs ne manifestent aucun pouvoir antimicrobien, citons celle de *Cupressus dupreziana*, testée par **Ramdani et al. (2007)** qui s'est montrée complètement inactive contre trois souches bactériennes : *E. coli*, *S. aureus* et *P. aeruginosa*. De même l'huile de *Marrubium deserti* étudiée par **Benalia (2008)** a été inactive vis-à-vis plusieurs bactéries et deux champignons. L'activité antibactérienne d'un HE est attribuée à la nature chimique des molécules la structure bactérienne (**Bouhdid et al.,2012**). Aromatiques, leur proportion ainsi que la combinaison entre eux envers plusieurs niveaux de On distingue deux sortes d'effets des HEs sur ces microorganismes :

- ☒ Effet bactéricide : exerçant une activité létale.
- ☒ Effet bactériostatique : entraînant une inhibition de la croissance (**Lakhdar,2015**).

I.2.5.2.2. Pouvoir antivirale

Les HEs détruisent les agents pathogènes responsables de l'infection (microbes, champignons, virus, toxines infectieuses). Elles sont donc utilisées dans le traitement des affections virales, telles que la grippe, l'herpès, le zona, le sida et la poliomyélite. Elles parviennent à chasser les déchets accumulés dans le corps et qui n'ont pu être évacués par les voies naturelles d'élimination, tout en

respectant la flore. Elles renforcent également les défenses immunitaires du corps. Les molécules aromatiques qui agissent dans ce sens sont, les monoterpènes (sans effet secondaire) (Sylvie, 2001). Plusieurs HEs possèdent des propriétés antivirales. Nous pouvons citer l'HE de *Ravintsara*, l'HE de Bois de Hô, et l'HE de Cannelle de Ceylan (Purchon, 2001 ; Willem, 2002).

I.2.5.2.3. Pouvoir antifongique

En général, les HEs agissent sur la biomasse et la production du pseudo mycélium chez les levures et inhibent la germination des spores, l'élongation du mycélium et la toxicogènes chez les moisissures. L'activité antifongique des HEs peut se faire selon deux mécanismes différents ; certains constituants peuvent provoquer une augmentation de la perméabilité de la membrane plasmique suivie de sa rupture entraînant ainsi, une fuite des électrolytes et l'épuisement des acides aminés et des sucres, d'autres peuvent s'insérer dans les lipides membranaires et par conséquent, induire la perte des fonctions membranaires (Abdelli, 2017). Les HEs les plus étudiées dans la littérature pour leurs propriétés antifongiques appartiennent à la famille des Lamiaceae comme l'HE de *Thymus vulgaris* testée contre *Candida albicans* (Giordani et al., 2008), *Lavandula stoechas* contre *Rhizopus stolonifer* et *Mucor* spp (Mohammedi et Atik, 2012), et *Thymus schimperi* contre *Rhizopus officinalis* (Mekonnen et al., 2016).

I.2.5.2.4. Pouvoir antiparasitaires

Les HEs du thym à linalol, et de la sarriette des montagnes sont d'excellentes antiparasitaires (Purchon, 2001 ; Willem, 2002).

I.2.5.2.5. Pouvoir antiseptiques

Le pouvoir antiseptique Les concentrations élevées d'aldéhydes et des terpénoïdes confèrent des propriétés antiseptiques aux HEs, (Filomena Nazzaro et al, 2013).

I.2.5.2.6. Pouvoir insecticides

Certaines HEs sont insectifuges ou insecticides telles que celles possédant des fonctions aldéhydes comme le citronnellal contenu dans l'Eucalyptus citronné ou la citronnelle (Purchon, 2001 ; Willem, 2002).

I.2.5.2.7. Pouvoir anti-inflammatoire

Les HEs possédant des aldéhydes ont des propriétés actives contre l'inflammation par voie interne comme l'HE du Gingembre (Purchon, 2001 ; Willem, 2002).

I.2.5.2.8. Pouvoir antispasmodique

Les HEs possédant des esters ou des éthers possèdent une action sur les spasmes des muscles lisses ou striés comme l'HE de l'Hélichryse (Purchon, 2001 ; Willem, 2002).

I.2.5.2.9. Pouvoir calmant, anxiolytique

Les aldéhydes de type citrals contenu par exemple dans l'HE de Mélisse ou celle de la Verveine citronnée favorisent la détente et le sommeil (**Purchon, 2001 ; Willem, 2002**).

I.2.5.2.10. Pouvoir cicatrisant

Les HEs cicatrisantes sont les HEs de Ciste (*Cistus ladaniferus*), de Lavande vraie (*Lavandula vera*), d'Immortelle (*Helichrysum italicum*), et de Myrrhe (*Commiphora myrrha*). On utilise souvent un mélange de plusieurs HEs cicatrisantes avec une huile végétale comme l'huile d'amande douce (**Purchon, 2001 ; Willem, 2002**).

I.2.6. Caractérisation phytochimiques des huiles essentielles

L'instrumentation moderne est progressivement confrontée à des analyses de plus en plus complexes, liées au nombre important de constituant présents et aux quantités extrêmement faibles à détecter. En effet l'analyse d'une huile est complexe, de par son très grand nombre de constituants chimiques volatils mais aussi, souvent, de par l'importance des composés à l'état de traces qui font le caractère spécifique de l'HE (**France-Ida, 1998**).

La technique incontournable pour individualiser les constituants d'un mélange reste la chromatographie en phase gazeuse (CPG). Son couplage à un détecteur à ionisation de flamme (DIF) permet la quantification des constituants et le calcul de leur indice de rétention. La CPG est souvent combinée avec une technique d'identification spectrale. Généralement la spectrométrie de masse (SM) ou la spectrométrie infrarouge par transformée de Fourier (IRTF). Une nouvelle voie d'analyse est le recours à la RMN du carbone-13 décrite par Formacek et Kubeczka et développée par Casanova et coll (**Julien, 2005**). Elle permet d'identifier les constituants d'un mélange complexe sans individualisation et sans séparation préalable.

I.2.6.1. Procédés d'extraction des huiles essentielles

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales. En général le choix de la méthode d'extraction dépendra de la nature du matériel végétal à traiter (graines, feuilles, ...), de la nature des composés (par exemple, les l'HEs, huiles lourdes...), du rendement en huile et de la fragilité de certains constituants des huiles aux températures élevées (**Marie Elisabeth et al., 2005**).

Les étapes de l'extraction des HEs d'origine végétale restent identiques quel que soit le type d'extraction utilisé. Il est nécessaire dans un premier temps d'extraire de la matière végétale les molécules aromatiques constituant l'HE, puis dans un second temps de séparer ces molécules du milieu par distillation (**Marie, 2005**).

Parmi les méthodes d'extraction, nous citons :

I.2.6.2. Montage L'hydrodistillation

L'hydrodistillation est la méthode la plus couramment employée pour l'extraction d'une HE. Le principe consiste à immerger directement la matière végétale à traiter dans un ballon rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition, les vapeurs hétérogènes vont se condenser sur une surface froide et l'HE sera alors séparée par différence de densité. A la fin, on aura une phase aqueuse (hydrolat) et une phase organique surnageante (HEs)(**Figure 06**). La durée d'hydrodistillation est de trois à six heures en fonction de la matière végétale à traiter. Elle peut avoir une influence sur le rendement en HE et sur sa composition chimique (**Meyer,1984 ; Brunetonet al .,1993 ; Unido,2008**).



Figure 6:Montage d'hydrodistillation.

I.2.6.3. L'entraînement à la vapeur d'eau

Distillation à vapeur saturée (entraînement à la vapeur d'eau) Le principe de la distillation à vapeur saturée est analogue à l'hydrodistillation. Toutefois, le matériel végétal n'est pas en contact direct avec l'eau ; il est placé sur une grille perforée au-dessus de la base de l'alambic. La vapeur va détruire les cellules végétales et libérer les molécules aromatiques. Ces composés volatils sont entraînés par la vapeur d'eau qui traverse le végétal ; ils sont ensuite entraînés dans un serpentin de refroidissement. Là, les vapeurs refroidies retournent à l'état liquide formant un mélange « eau+huile essentielle» appelé distillat. Recueillies dans un essencier, l'HE et l'eau florale se séparent par simple différence de densité (**Figure 07**). L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile (**Unido, 2008 ; Neffati, 2010**).

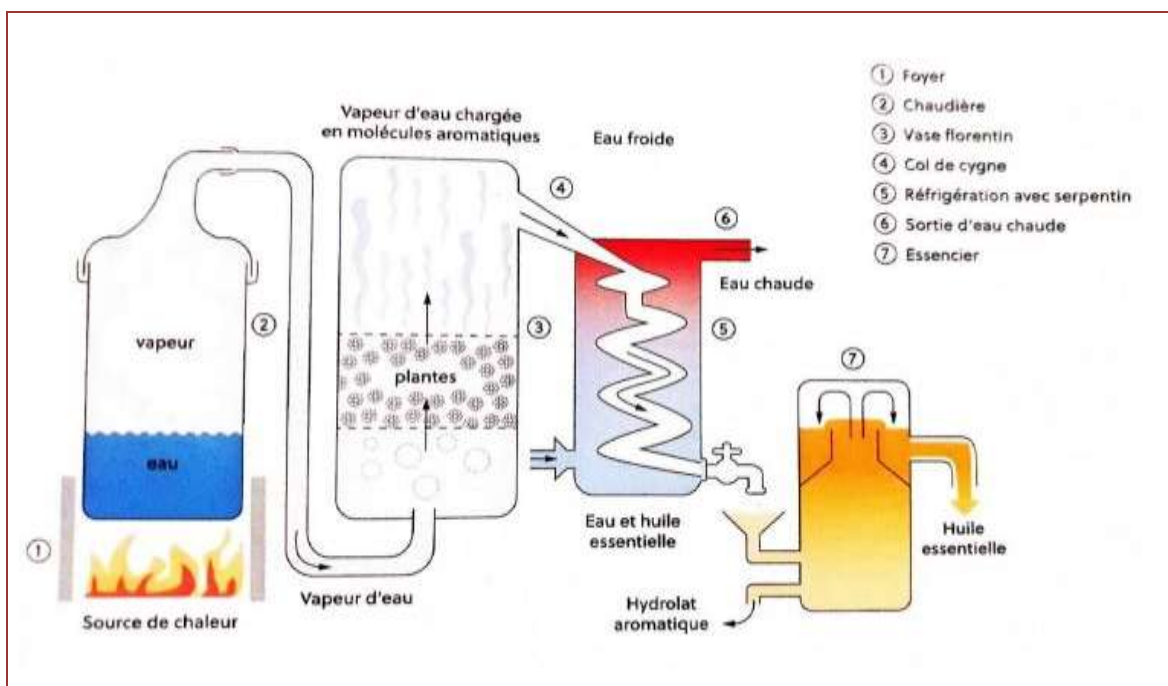


Figure 7: Distillation par entraînement à la vapeur d'eau (Couic-Marinié, 2017).

I.2.6.4. L'hydro diffusion

Consiste à pulser de la vapeur d'eau à travers la masse végétale, du haut vers le bas. Ainsi le flux de vapeur traversant la biomasse végétale est descendant contrairement aux techniques classiques de distillation dont le flux de vapeur est ascendant. L'avantage de cette technique est traduit par l'amélioration quantitative de l'huile récoltée, l'économie du temps, de vapeur et d'énergie (Roux, 2008).

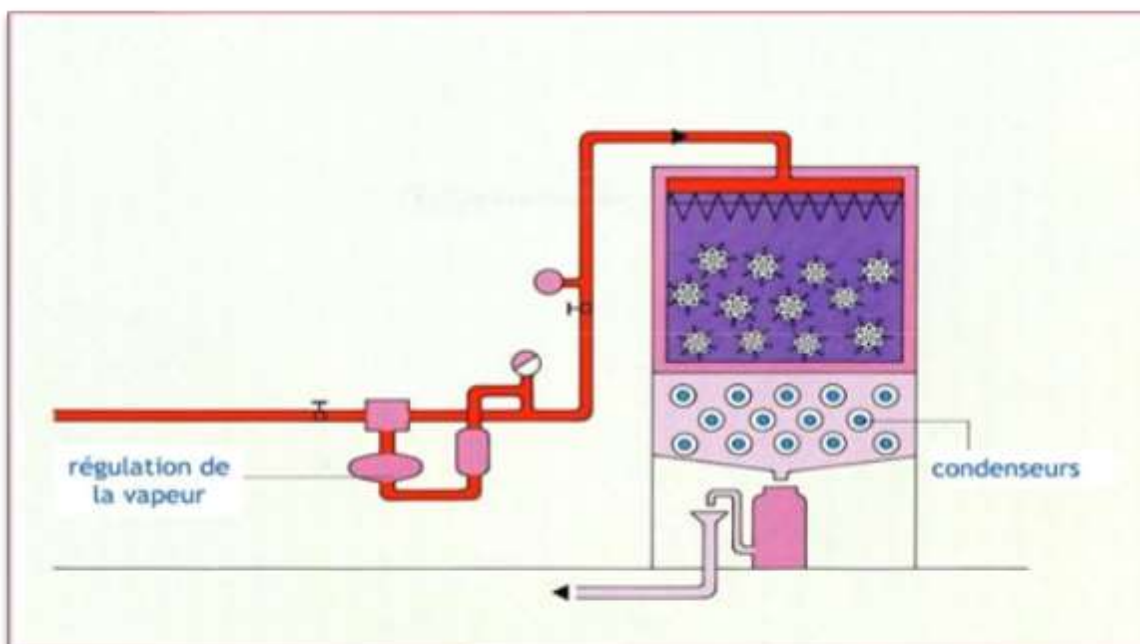


Figure 8: Schéma du procédé d'hydro diffusion (Bousbia, 2011).

I.2.6.5. L'expression à froid

Elle constitue le plus simple des procédés, mais ne s'applique qu'aux agrumes dont l'encore des fruits comporte des poches sécrétrices d'essences. Ce procédé consiste à broyer, à l'aide de presses, les zestes frais pour détruire les poches afin de libérer l'essence. Le produit ainsi obtenu porte le nom d'essence, car il n'a subi aucune modification chimique (Roux, 2008).

I.2.6.6. L'extraction par solvants

Cette technique aussi utilisée avec des fleurs ne supportant pas la chaleur, la distillation ne convient qu'aux végétaux dont le rendement en huile essentielle est suffisamment important, les solvants très volatils par exemple l'éther, et L'hexane qui s'évaporent rapidement sont employées. Le solvant lave la matière première qui subira après décantation et concentration.

Une distillation partielle. Ce solvant volatil est alors séparé de la "concrète" par filtrage, puis glaçage de -12°C à -15°C . La précieuse substance ainsi obtenue est à nouveau filtrée et concentrée à faible pression. (Mohammedi, 2006).

I.2.6.7. L'extraction par micro-ondes

Les micro-ondes constituent, par ailleurs, une méthode d'extraction en plein développement (Figure 09). 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 azéotrope 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 clewenger 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).

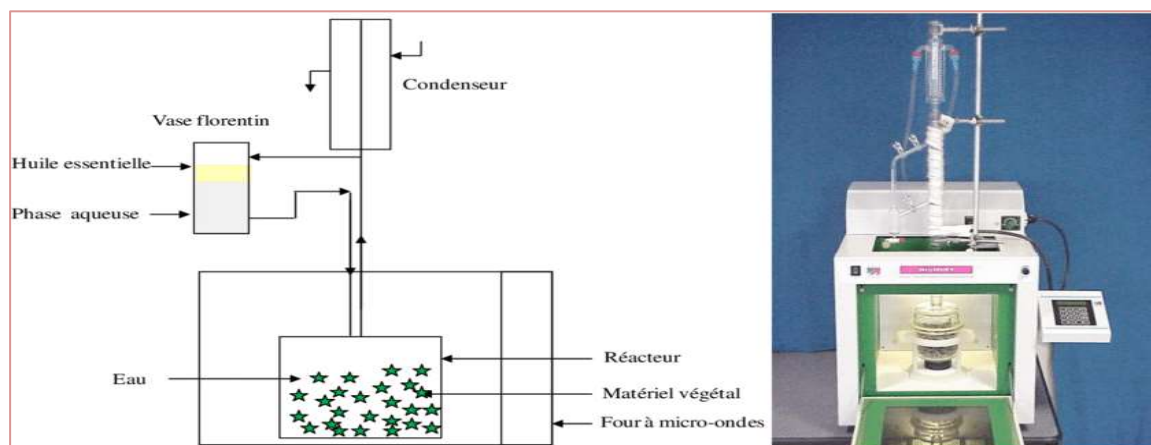


Figure 9:Extraction sans solvant assistée par micro-ondes (Mnayer, 2014)

I.2.7. Toxicité des huiles essentielles

Les HEs ne sont pas des produits inoffensifs. Comme tous les produits naturels : "ce n'est pas parce que c'est naturel que ce soit sans danger pour l'organisme". Cet aspect des HEs est d'autant plus important car leur utilisation, est de plus en plus populaire. Certaines HEs sont dangereuses lorsqu'elles sont appliquées sur la peau en raison de leur pouvoir irritant (huiles riches en thymol ou en carvacrol), allergène (huiles riches en cinnamaldéhyde, ou phototoxique (huiles de *citrus* contenant des fur coumarines) et d'autres HEs ont un effet neurotoxique (les cétones comme l'athujone). Il existe aussi quelques HEs dont certains composés sont capables d'induire la formation de cancers (Piochon, 2008).

I.3. Activité antibactérienne

I.3.1. Généralités sur les bactéries

Les bactéries sont des procaryotes unicellulaires présentes dans tous les environnements. La plupart d'entre eux ont des parois cellulaires glucidiques. Leur taille moyenne est de 0,5 à 2 μm de large et 2 à 6 μm de long, parfois même plus grande. Elles présentent sous plusieurs formes : coquilles (diplocoques, amas, streptocoques) bacilles (droits, incurvés spiralés). Ces formes sont dues à la structure de la paroi du peptidoglycane et au mode de division propre à chaque espèce bactérienne (Hahn *et al.*, 2003).

Les bactéries sont classées comme Gram-positives ou Gram-négatives sur la base des caractéristiques de leur paroi cellulaire, telle qu'elle est observée au microscope après administration de colorants, une procédure appelée coloration de Gram, mise au point en 1882 par Hans Christian Gram (figure 10). La plupart des bactéries, mais pas toutes, appartiennent à l'une de ces deux catégories. Sur le plan clinique, l'une des principales différences entre les organismes à Gram positif et à Gram négatif est que les bactéries à Gram négatif ont tendance à produire une endotoxine qui peut entraîner la destruction des tissus, un choc et la mort. Les deux classes de bactéries diffèrent également par leur sensibilité aux antibiotiques (Doron et Gorbach, 2008).

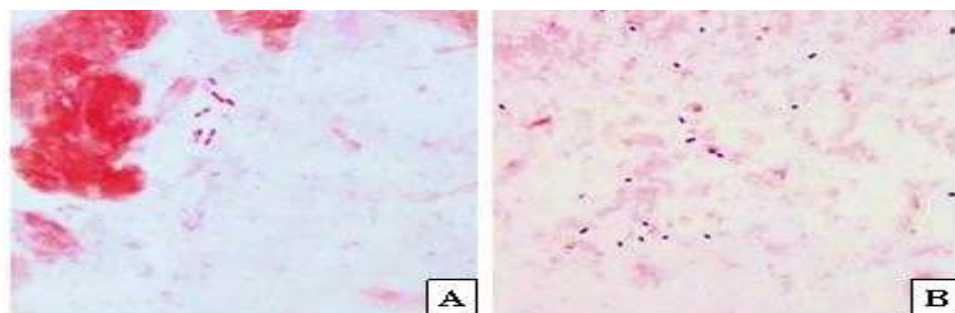


Figure 10:Coloration de Gram de bactéries à Gram). négatif (A) et à Gram positif (B) (Doron et Gorbach. 2008) .

I.3.2. Caractéristiques des souches bactériennes testées

Les souches bactériennes qui feront l'objet de cette partie sont : *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus* et *salmonella enterica*.

I.3.2.1. *Escherichia coli*

✚ Caractère bactériologique

Escherichia coli est un bacille à gram négatif, radio résistant de la famille des Enterobacteriaceae, asporulé. Sa taille varie en fonction des conditions de croissance (entre 0,5 à 3 μm), pesant de 0,5 à 5 picogrammes. Il peut se déplacer au moyen de flagelles péritriches comme il peut être immobile (**Figure 11**). Les bactéries se développent sur gélose Mac Conkey (les colonies, rouges ou incolores, atteignent un diamètre de 2 à 3 mm). Elles peuvent croître dans des conditions aérobies ou anaérobies (**Allocati et al., 2013**).

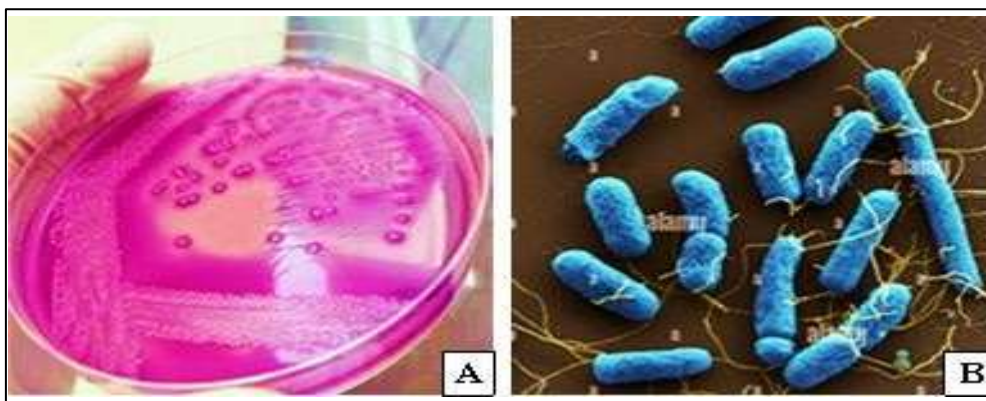


Figure 11: *Escherichia Coli* Macroscopique(A) ; microscopique(B)

(**Farmer et al., 2007**)

✚ Habitat

Les *E. coli* ou *colibacilles* sont des hôtes normaux de l'intestin : ils représentent près de 80% de la flore intestinale aérobie de l'adulte (flore sous dominante, car la flore dominante est à 99% anaérobie). On peut les retrouver également au niveau de diverses muqueuses chez l'Homme et chez les animaux (**Basavaraju et Gunashree, 2022**).

✚ Classification

Selon (**Basavaraju, et Gunashree, 2022**), *E. coli* est classé comme suit :

✚ Pouvoir pathogène

E. coli peut provoquer plusieurs types d'infections, il se manifeste par une gastroentérite, mais peut également provoquer des infections de plaies péritonites et des voies urinaires, des méningites et l'insuffisance rénale. *E. coli* est aussi la cause fréquente de diarrhée du voyageur, qui peut se

produire après avoir ingéré ou bu des aliments et de l'eau contaminés (Flandrois, 1997).

✚ Diagnostic

C'est un diagnostic bactériologique direct avec recherche du germe dans le sang, les urines et le liquide céphalo-rachidien. Après l'isolement initial du germe, une identification précise est effectuée, suivie d'une étude de sa sensibilité aux antibiotiques.

Dans le cas des selles, où la flore aérobie est principalement composée de colibacilles, la recherche de souches pathogènes spécifiques repose sur la détection d'antigènes particuliers chez les colibacilles entéro-pathogènes ou la recherche des colibacilles entéro-toxinogènes. Ces recherches sont basées sur des méthodes phénotypiques (caractérisation des adhésines et les toxines), ou sur des méthodes génotypiques, telles que la détection des gènes d'intérêt par hybridation avec des sondes spécifiques ou par PCR.

Dans le contexte des infections urinaires, il a été proposé de mettre en évidence des anti-corps sériques et de rechercher des anticorps fixés sur les bactéries urinaires afin de distinguer les infections localisées dans les voies urinaires supérieures ou inférieures. Cependant, ces techniques nécessitent une interprétation délicate (Donnenberg et Kaper, 1992 ; Nauciel et Vildé, 2005).

✚ Traitement

Les maladies causées par les *E. coli* sont souvent liées à une hygiène insuffisante, mais des mesures préventives efficaces peuvent aider à les éviter. Le diagnostic bactériologique est rarement nécessaire car le typage des *E. coli* prend trop de temps par rapport à la durée courte des diarrhées aiguës. Pour les infections en dehors de l'intestin, les cultures peuvent être utiles. Le traitement antibiotique n'est recommandé que dans les cas graves, en particulier pour les infections extra-intestinale (FERRON, 1984).

I.3.2.2. *Staphylococcus aureus*

✚ Caractère bactériologique

Staphylococcus aureus est une cocci bactérie Gram positif, aéro-anaérobies facultatifs appartenant à la famille des Staphylococcaceae (Kayser et al., 2005 ; Becker 2005). Elle a un diamètre d'environ 0,5 à 1,5 μm , immobile, asporulé ; et habituellement disposé en grappes (Figure 12).

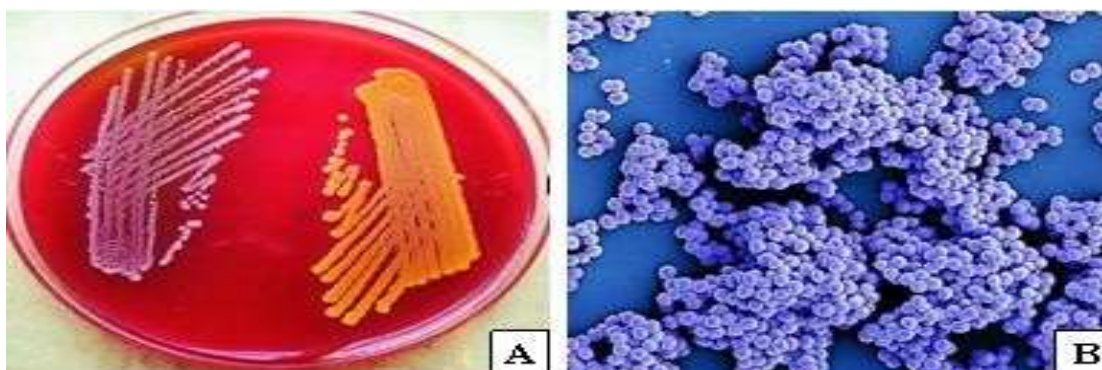


Figure 12: *Staphylococcus aureus* macroscopique(A) ; microscopique(B) (Murray et al., 2003)

✚ Habitat

Chez l'humain, on peut retrouver *S. aureus* au niveau du nez, des aisselles ou en encore dans le système gastro-intestinal. Le nez est la principale région anatomique colonisée chez l'humain (Rit, 2014).

✚ Classification

La position systématique de *S. aureus* est comme suivant (Wertheim, 2005).

Tableau 3: Classification de *Staphylococcus aureus*.

Règne	Bacteria ou Eubacteria.
Embranchement	Firmicutes.
Classe	Bacilli.
Ordre	Bacillales.
Famille	Staphylococcaceae
Genre	<i>Staphylococcus</i> .
Espèce	<i>Staphylococcus aureus</i>

✚ Pouvoir pathogène

S. aureus est un pathogène opportuniste qui peut causer diverses maladies chez les humains, allant des affections qui évoluent spontanément vers la guérison à des pathologies mortelles (Wertheim, 2005). Cette bactérie est une des principales causes de toxi-infections alimentaires, résultant de la consommation d'aliments contaminés par des entérotoxines (Prescott et al., 2010). L'intoxication alimentaire par les staphylocoques se caractérise par une apparition brutale de nausées, vomissements, douleurs abdominales, crampes et de diarrhée (Becker et al., 2004 ; Prescott et al., 2010). Les symptômes disparaissent habituellement après 24 heures.

✚ Diagnostic

Pour ce faire, il est nécessaire d'identifier les pathogènes au microscope et par culture. La

détection de la coagulase plasmatique et/ou du facteur d'agglutination permet de différencier *S. aureus* des espèces à coagulase négative. Les entérotoxines et le TSST-1 (toxic shock syndrome toxin-1) peuvent être détectés au moyen de méthodes immunologiques et de biologie moléculaire (laboratoires spécialisés) (Reynolds et Kollef, 2021).

✚ Traitement

S. aureus est une bactérie qui peut causer des infections graves chez l'homme. Le traitement de ces infections dépend de plusieurs facteurs, notamment la localisation de l'infection, la gravité de la maladie, et la sensibilité de la bactérie aux antibiotiques. Pour les infections cutanées mineures telles que les boutons, les furoncles et des abcès peuvent souvent être traitées avec des antibiotiques topiques. Des antibiotiques oraux ou intraveineux peuvent être nécessaires pour les infections plus graves telles que la pneumonie ou les septicémies. Dû à la résistance de la majorité des souches de *S. aureus* à la pénicilline, sa recommandation est devenue restreint. Suivant sont présentés quelque antibiotique à usage efficace : la clindamycine et la doxycycline pour des Infections de la peau et des tissus mous et la vancomycine et la daptomycine en cas d'infections profondes (Bactériémie, pneumonie) (Prescott et al., 2010).

I.3.2.3. *Pseudomonas aeruginosa*

✚ Caractère bactériologique

Pseudomonas aeruginosa est une bactérie Gram-négative du genre *Pseudomonas*. Les souches de cette espèce sont constituées de bacilles de 0,5 à 0,8 μm de diamètre sur 1,5 à 3,0 μm de longueur, se présentant de manière isolée ou groupée par deux ou en courtes chaînes, très mobiles grâce à une flagelle polaire : ciliature monotriche, dépourvue de spores et de capsules (Figure 13). Elles apparaissent la plupart du temps isolées ou en diplobacilles (Carip, 2008).

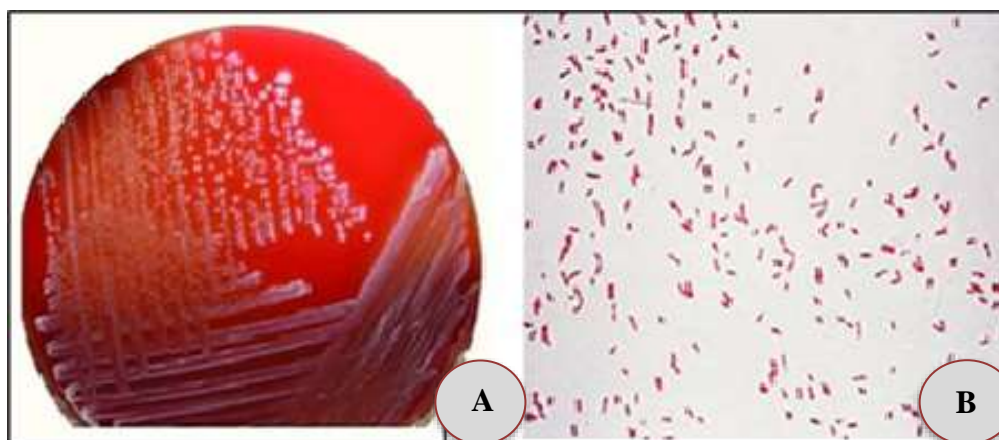


Figure 13: *Pseudomonas aeruginosa* macroscopique(A) (Schachter et al., 1999)
microscopique(B) (Jyoti et al., 2011)

✚ Habitat

P. aeruginosa est un germe ubiquitaire très répandu dans l'environnement. C'est un saprophyte du sol et des milieux humides ; elle peut survivre dans l'eau distillée ou salée. Elle peut vivre sur les végétaux qui sont la source de contamination humaine et animale. En milieu hospitalier *P. aeruginosa* peut être rencontré dans l'environnement proche du malade. Cette bactérie peut faire partie de la flore transitoire de l'homme : flore digestive, cutanée, pharyngée ; il est montré que le portage augmente avec la durée d'hospitalisation (Ali et al., 2021).

✚ Classification

La classification du *P. aeruginosa* est comme suivant (Patrick et al., 1989) :

Tableau 4: Classification de *Pseudomonas aeruginosa*.

Règne	Bacteri
Embranchement	Proteobacteria
Classe	Gammaproteobacteria
Ordre	Pseudomonadales
Famille	Pseudomonadaceae
Genre	<i>Pseudomonas</i>
Espèce	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>

✚ Pouvoir pathogène

Les formes de pathologie qu'elle engendre sont diverses : infection de l'œil, des plaies telles que les brûlures et les plaies opératoires, des infections urinaires gastro-intestinales et des poumons (Delzrras, 2007).

✚ Diagnostic

Le diagnostic des infections à *Pseudomonas* repose sur l'isolement du microorganisme à partir du siège de l'infection : du sang, des lésions cutanées, des liquides de drainage, de l'urine, du liquide céphalorachidien ou de l'œil. Des antibiogrammes sont également pratiqués (Tortora et al., 2012).

✚ Traitement

Les antibiotiques qui peuvent être utilisés pour traiter les infections à *P. aeruginosa* sont les suivants les aminosides, les acyluréidopénicillines, les carboxylpénicillines, les céphalosporines du groupe 3b et les carbapénèmes. L'association d'un aminoglycoside et d'une bétalactamine est indiquée dans les infections graves. Des tests de sensibilité sont nécessaires en raison de la résistance fréquente (Reynolds et Kollef, 2021).

I.3.2.4. *Bacillus cereus*

+ Caractère bactériologique

Bacillus cereus est une bactérie Gram positive, aérobie, anaérobie facultative, sporulée et présente dans les aliments d'origine végétale et animale, notamment les produits laitiers

La capacité de cette espèce à se développer grâce à la nourriture peut poser de sérieux problèmes bactérie peut provoquer des modifications de la texture des aliments ou le développement de vomissements et (ou) de la diarrhée. Ces symptômes peuvent apparaître quelques heures après mauvais goûts en raison de la multiplication de cellules végétatives ou de la production de à l'industrie alimentaire, en particulier dans le secteur des produits laitiers. La présence de cette 28 et 35 °C. C'est une espèce omniprésente, vivant comme saprophyte du sol mais également croissance de cellules dans l'aliment) ou diarrhéique (produit lors de la croissance végétative de l'ingestion d'aliments contaminés, selon que le type de toxine est émétique (produit par la toxine. Le résultat final de ce processus est une intoxication alimentaire, pouvant provoquer des mésophile, avec des températures de croissance de 10 à 48 °C avec une croissance optimale entre *B. cereus* dans l'intestin grêle) (**Granum et Baird-Parker 2000**).



Figure 14: *Bacillus cereus* macroscopique(**Granum et Baird-Parker 2000**).

+ Habitat

Les *B. cereus* sont des germes ubiquitaires de l'environnement car leurs spores leur confèrent une grande résistance. On en trouve dans le sol qui constituent le principal réservoir, dans l'eau de mer et sur les plantes, insectes, animaux, et de l'air (**Rang et al.,2023**).

+ Classification

La position systématique *B. cereus* est comme suivant (**Yilmaz et al., 2006**) :

Tableau 5: Classification de *Bacillus cereus*.

Règne	Bacteria
Phylum	Firmicutes
Classe	Bacilli
Ordre	Bacillales
Famille	Bacillaceae
Genre	<i>Bacillus</i>
Espèce	<i>Bacillus cereus</i>

✚ Pouvoir pathogène

Le genre *Bacillus* regroupe des bactéries responsables de pathologies variées chez les animaux et les humains. *B. anthracis* est l'espèce la plus pathogène, responsable du "charbon" qui atteint les animaux, mammifères (ovins, caprins), certains oiseaux (autruches, canards), des insectes et leurs larves et occasionnellement l'homme. *Bacillus cereus* occasionne des intoxications alimentaires chez l'homme, mais aussi chez l'animal, ce sont les avortements et les mammites qui dominent. *B.cereus*, *licheniformis*, *sphaericus* sont également impliqués au cours d'intoxications alimentaires (Delarras,2007) .

✚ Diagnostic

Le diagnostic de *Bacillus* peut être réalisé à l'aide de diverses méthodes microbiologiques et moléculaires, telles que l'observation microscopique, les tests biochimiques, la PCR (réaction de polymérisation en chaîne), et le séquençage de l'ADN (Bousena,2021).

✚ Traitement

Le traitement d'une infection à *B.cereus* dépend de la gravité de l'infection et du site infecté. Les infections bénignes peuvent ne nécessiter aucun traitement et guérir d'elles-mêmes. Les infections plus graves, en revanche, peuvent nécessiter un traitement antibiotique comme pénicilline, ampicilline, céphalosporines, vancomycine et tétracyclines. Le choix de l'antibiotique et la durée du traitement seront déterminés par le médecin en fonction de la gravité de l'infection et de l'état de santé du patient (Turnbull et al., 1996).

1.3.2.5.Salmonella entrica

✚ Caractère bactériologique:

Salmonelles sont des *bacilles* à Gram-négatif(-), hôtes facultatifs du tractus digestif, généralement mobiles grâce à des flagelles péritriche. Ils ont un diamètre de 3 à 4 μm et mesurent en moyenne 0,8 μm de large sur 3,5 μm de long. La membrane cytoplasmique de la bactérie entoure le cytoplasme et possède la structure classique avec deux feuilletts phospholipidiques contenant des protéines. À l'extérieur de la membrane cytoplasmique on trouve très généralement la paroi qui forme une enveloppe rigide constituée de polymères de surface, des structures protéiques externes tels que le glycocalyx, des appendices comme les flagelles et les pili. Ces structures ont des rôles importants pour la survie de la bactérie, et interviennent souvent comme facteurs de virulence (Tabo, 2013).

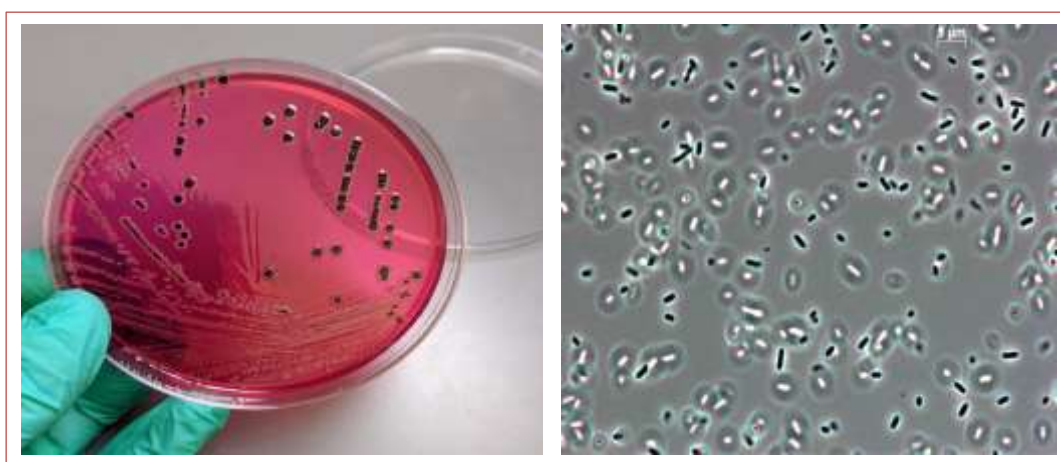


Figure 15: *Salmonella enterica* macroscopique (Tabo, 2013).

Habitat

Le réservoir des *salmonelles* est très vaste. Elles sont présentes aussi bien chez les animaux à sang chaud, malades ou porteurs sains (oiseaux, mammifères dont l'homme et les rongeurs), que chez les animaux à sang froid (reptiles, poissons et insectes) (Humbert, 1992). Les *salmonelles* possèdent deux caractéristiques majeures, qui sont :

- La diversité des animaux susceptibles de les héberger.
- La capacité de survie des *salmonelles* dans leur environnement (Bouvet, 1995).

Elles peuvent se retrouver dans le milieu extérieur (sols, eaux, aliments pour animaux) ou dans les aliments destinés à l'homme. Dans ce cas, elles proviennent en très grande majorité d'une contamination d'origine fécale (tabo, 2013). Les *salmonelles* peuvent survivre pendant plusieurs mois dans l'environnement (korsak, 2004), de quelques jours à 9 mois dans les sols et en surface des matériaux de construction des bâtiments agricoles (bois, béton, acier et brique) (haeghebaert et al., 2003). Ces bactéries peuvent se fixer également sur de nombreux supports, comme les bottes, les brosses, les pelles les roues et les vêtements (letellier et al., 1991).

✚ Classification

La position systématique *Salmonella* est comme (Perkins, 2009) :

Tableau 6: Classification du *Salmonella enterica*.

Règne	Bacteria
Phylum	Pseudomonadota
Classe	Gammaproterales
Ordre	Enterobacterales
Famille	Enterobacteriaceae
Genre	<i>Salmonella</i>
Espèce	<i>Salmonella enterica</i>

✚ Pouvoir pathogène

Toutes les *salmonelles* sont potentiellement pathogènes, mais la gravité de l'affection provoquée est fonction de la souche et de la quantité de bactéries ingérées. L'apparition d'une infection salmonellique dépend donc de la virulence de la souche (Van Asten et Van Dijk, 2005) et de la physiologie de l'hôte. Les différences de virulence peuvent être observées selon le sérotype et les espèces animales, en particulier avec l'existence d'une spécificité d'hôte et de sérotypes adaptés aux hôtes: *S. gallinarum-pullorum* chez les volailles, *S. abortusovis* chez les moutons, *S. dublin* chez les bovins, etc. (Baumler, 1997).

✚ Traitement

Pour contrôler l'évolution des *salmonelles*, l'utilisation des antibiotiques a montré une grande efficacité mais si cette utilisation est anarchique, elle devient une source de graves problèmes de résistance bactérienne et d'une plus grande dissémination pendant des temps plus allongés de la part des volailles (Romane et al., 2012).

Chapitre II

Matériels et méthode

Notre travail consiste en une étude phytochimique, suivi d'une évaluation de l'activité antibactérienne des substances bioactives d'une plante médicinale de la famille des Lamiacées et du genre *Micromeria* sur des bactéries pathogènes.

Ce travail a duré environ quatre mois (04), de février à Mai. Il a été mis en œuvre au niveau du laboratoire de biologie de la Faculté de Sciences nature et de la vie, Université Mohamed Boudiaf de M'sila.

II.1.Matériel

II.1.1. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé est constitué d'un matériel végétal représenté par la plante du genre *Micromeria* et d'un matériel microbiologique constitué d'une quelque de souches bactériennes.

II.1.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de toutes les parties de la plante *Micromeria inodora* dont la récolte a été faite en 2020 dans la région de Mostaganem qui a identifié par Pr. RABBAS K. de l'université de M'sila-Algérie et déposer dans l'herbier de Pr. RABBAS K.

II.1.1.2. Matériel microbiologique

Le support microbien utilisé est composé de cinq (05) souches microbiennes disponibles au niveau du laboratoire Conservé à 4°C.

II.1.2. Matériel non biologique

Pour mener à bien cette étude, on a utilisé un ensemble d'équipements conventionnels composés d'appareils, de réactifs, de produits chimiques et de verrerie, qui est décrit à l'**Annexe 1**.

II.2.Méthodes d'étude

Notre travail a été réalisé en quatre (04) étapes :

- Un screening phytochimique de la poudre végétale de la plante.
- Une extraction des huiles essentielles.
- Une extraction par macération.
- Une Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits sur les bactéries.

- ✚ L'ensemble des étapes de ce travail est résumé dans le diagramme ci-dessous
(Figure 16):

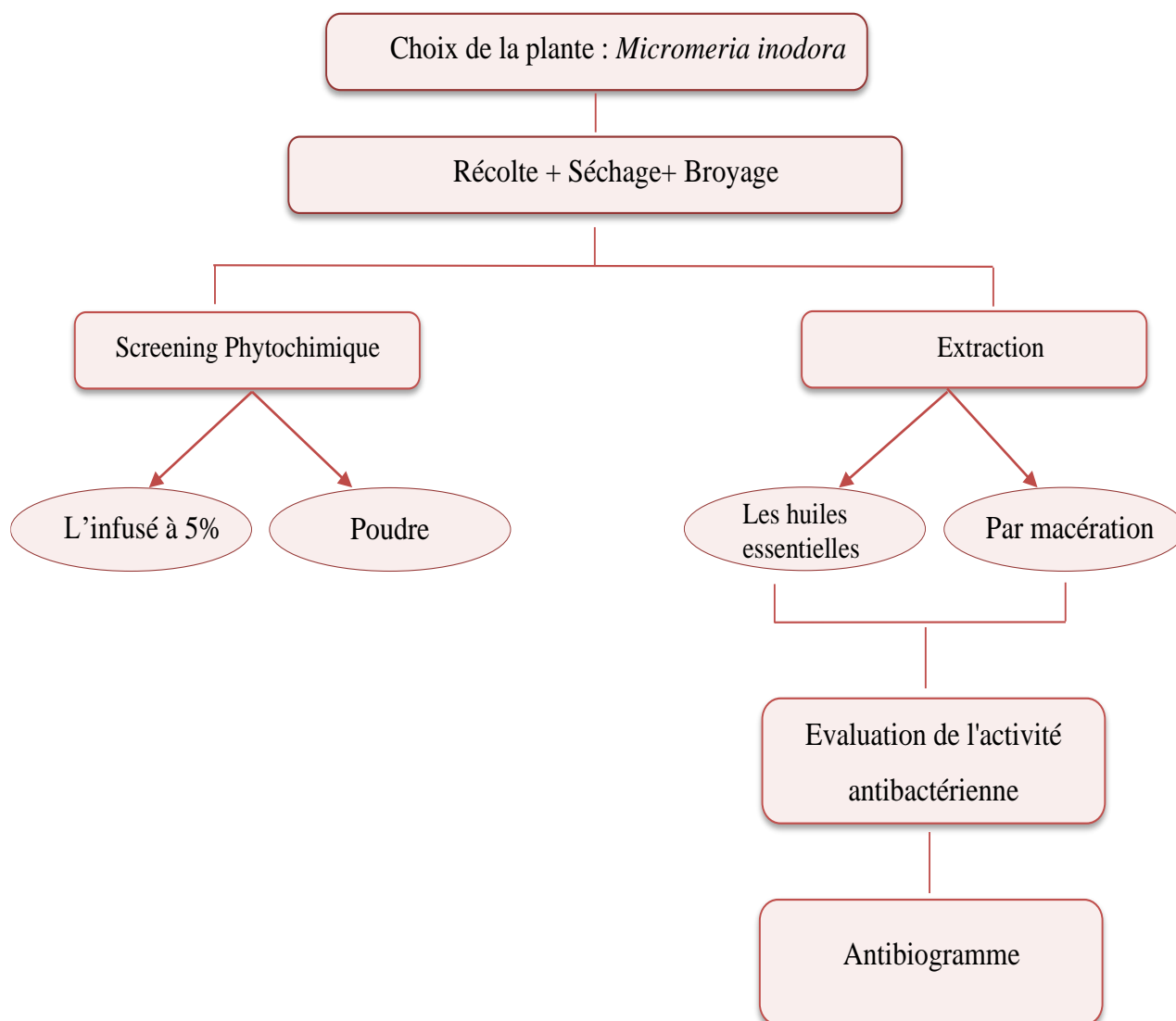


Figure 16: Plan général de la partie expérimentale.

II.2.1. Séchage, Broyage et conservation de la poudre

Cette étape est réalisée dans l'objectif d'abaisser la teneur en eau des feuilles de la plante et d'empêcher ainsi les réactions d'altération qui peuvent se produire. La plante est séchée à température ambiante et à l'abri des rayons solaire pendant deux semaines .

Le matériel végétal séché est réduit en poudre fine à l'aide d'un broyeur électrique. La poudre obtenue est conservée à l'abri de l'air et de l'humidité, dans des bocaux en verre hermétiquement fermés. Le broyat va constituer la matière sèche qui sera utilisée pour les tests phytochimiques.

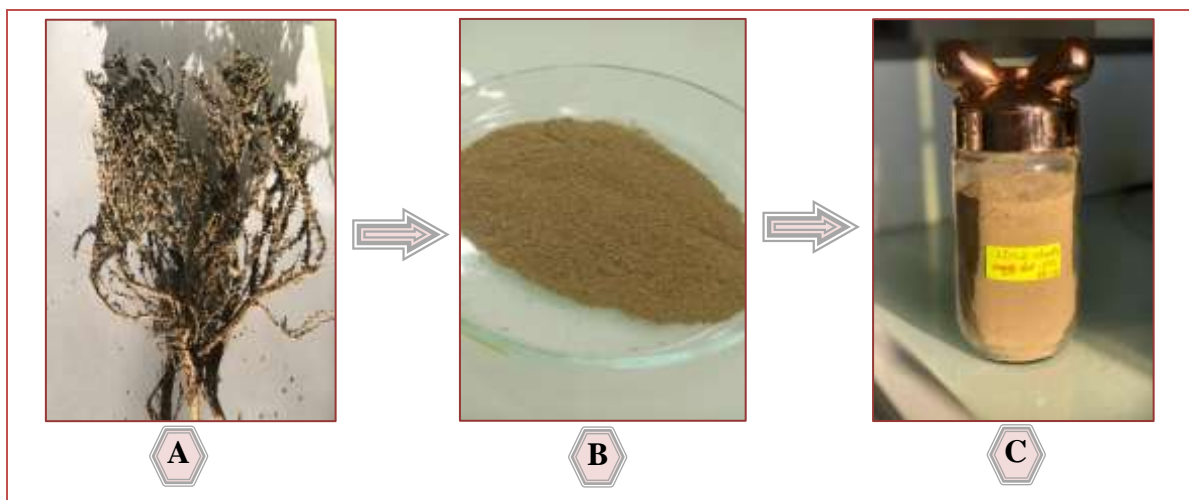


Figure 17: Séchage de la plante *Micromeria inodora*

II.2.2. Tests phytochimiques (Screening phytochimique)

Les tests phytochimiques réalisés sur la plante ont pour objectif de rechercher les substances bioactives existantes chez cette dernière. Ils sont effectués soit sur la poudre de la plante, soit sur son infusé à 5 %. Les méthodes de caractérisation utilisées dérivent de celle décrites par Paris et Nothis (1978) ; Tona et al., (1998) et LONGANGA et al. (2000).

II.2.2.1. Préparation de l'infusé à 5%

L'infusé à 5% de la poudre végétale est préparé par l'ajout de 5g de cette dernière à 100 ml d'eau distillée chaude. Après 15 à 20 min de contact, la solution est filtrée à l'aide d'un papier filtre, puis le filtrat obtenu est ajusté à 100ml d'eau distillée.

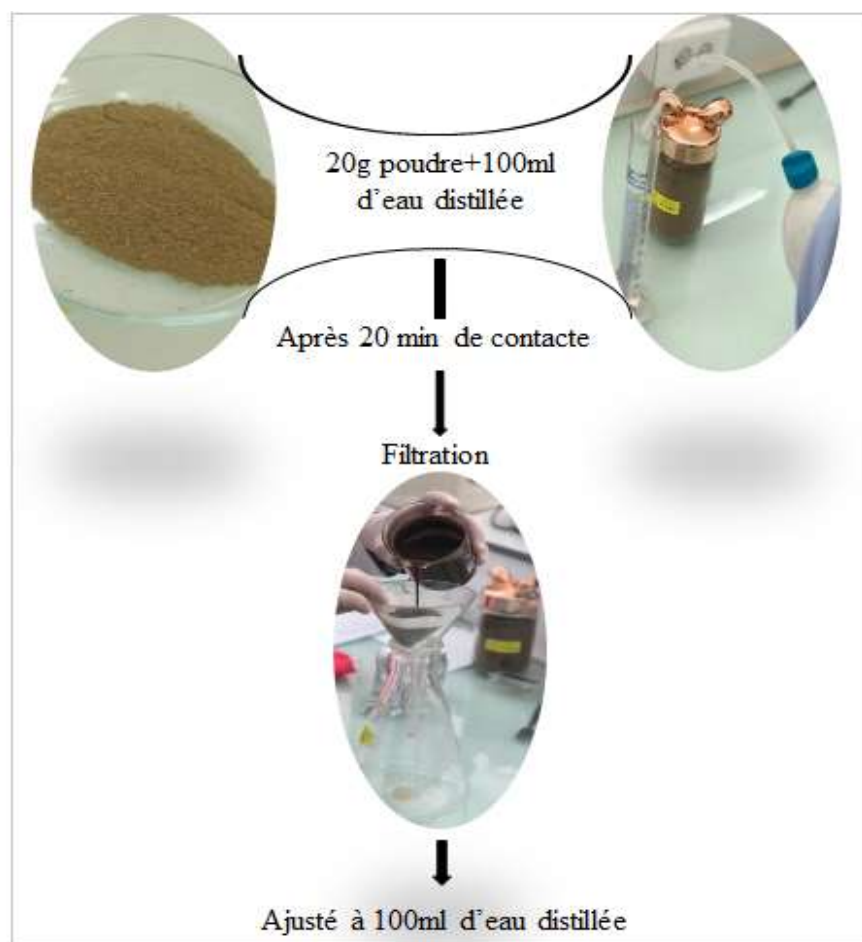


Figure 18: Préparation de l'infusé à 5%

II.2.2.2. Identification des anthocyanes

Cette identification est réalisée par l'addition quelques gouttes d'HCl à 5 ml de l'infusé. L'apparition d'une coloration rouge est signe de la présence de ces métabolites dans la plante.

II.2.2.3. Identification des leuco-anthocyanes

Pour ce métabolite, 2 g de la poudre végétale sont additionnés à 20 ml d'un mélange de Propanol /Acide chlorhydrique (v/v). Le mélange est porté à ébullition dans un bain marie pendant 15 min. Le développement d'une coloration rouge indiquera la présence des leuco-anthocyanes.

II.2.2.4. Identification des tanins

À 5 ml de l'infusé, on ajoute quelques gouttes d'une solution de FeCl_3 à 5 % (**Annexe 03**).

La coloration bleuâtre ou bleue noire indique la présence des tanins.

II.2.2.5. Identification des flavonoïdes

5 ml d'HCL, un copeau de Mg et 1 ml d'alcool iso-amylique sont ajoutés à 5 ml d'infusé. La présence de flavonoïdes se manifeste par une coloration rouge.

II.2.2.6. Identification des tanins galliques

2 g d'acétate de sodium et quelques gouttes de FeCl_3 sont ajoutés à 5 ml de l'infusé. En présence de tanins gallique la réaction donne une coloration bleu foncé.

II.2.2.7. Identification de l'amidon

À 2 g de poudre végétale, on rajoute quelques gouttes d'iode (I_2). Une coloration bleue violette indique la présence d'amidon.

II.2.2.8. Identification des mucilages

Ajouter 5 ml d'alcool absolu à 1 ml d'infusé. La présence de mucilage se traduit par l'apparition d'un précipité floconneux.

II.2.2.9. Recherche des Sucres réducteurs

5 ml de réactif de Fehling sont ajoutés à 5ml de l'infusé. La formation d'un précipité rouge brique après 3 min de chauffage au bain-marie indique une réaction positive.

II.2.2.10. Identification des coumarines

2 g de poudre sont bouillis dans 20 ml d'alcool éthylique pendant 15 mn puis filtrer. 10 gouttes de la solution alcoolique de KOH à 10% (**Annexe 03**) plus quelques gouttes d'HCl à 10% (**Annexe 03**) sont rajoutées à 5 ml du filtrat. La formation d'un trouble indique l'existence des coumarines.

II.2.2.11. Identification des irridoides

À 2 ml de l'infusé, on rajoute quelques gouttes de l'acide chlorhydrique et on chauffe le mélange sur une plaque chauffante. L'existence des irridoides se manifeste par l'apparition d'une coloration bleue.

II.2.2.12. Recherche des Protéines

1g de poudre végétale est dissoute dans 2 ml d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 20% (**Annexe 03**), Rajouter quelques gouttes de CuSO_4 à 2% (**Annexe 03**). La réaction donne une coloration violette avec une teinte rougeâtre en présence des protéines.

II.2.3. Préparation des extraits

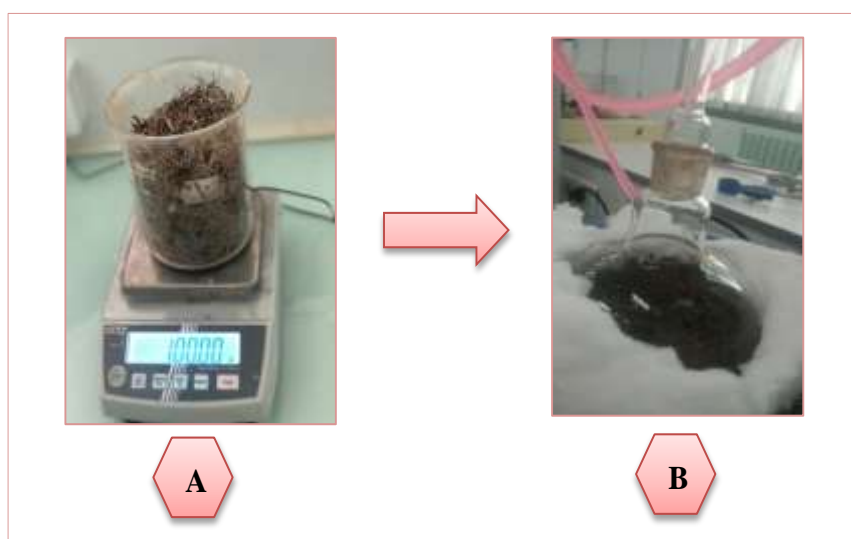
II.2.3.1. Extraction des huiles essentielles

La distillation aqueuse est la méthode la plus couramment utilisée pour extraire les HEs. En principe, il consiste à immerger 100 g de matière végétale dans 1 litre d'eau distillée (bain-marie), puis à faire bouillir le tout pendant 3 heures. Sous l'influence de la chaleur, des molécules végétales odorantes sont libérées et emportées par la vapeur d'eau qui se condense ensuite, bien que la plupart des composants de températures d'ébullition supérieures à 100°C soient propulsés

mécaniquement par la vapeur d'eau. Le refroidissement par condensation sépare le mélange eau-huiles essentielles par drainage. Puis les deux phases, la phase aqueuse et la phase organique flottante (huile essentielle) sont séparées par leur différence de densité. (**Figure 19**). Enfin, l'HE est récupérée dans un flacon en verre stérile enveloppée avec papier aluminium et conservée au réfrigérateur à une température comprise entre 4 et 6°C pour éviter toute dégradation des HEs.

Figure 19:Extraction des HEs par clevenger

II.2.3.1.1. Détermination du rendement de huiles essentielles



Le rendement en HE est exprimé en pourcentage par rapport au poids sec de la plante et est calculé par la formule suivante (**Bachiri et al., 2016**) :

$$R (\%) = \frac{MHE}{Mmv} \times 100$$

R : Rendement de l'HE en %.

MHE : Masse des HEs obtenue en g.

Mmv : Masse de la matière végétale sèche en g.

II.2.3.2. Extraction par macération dans l'eau distillée (extraction solide/liquide)

20 g de poudre ont été trempés dans 200 ml d'eau distillée pré-bouillie pendant 15 minutes. L'infusion a ensuite été filtrée et le volume de l'extrait obtenu a été ajusté à 100 ml. L'extrait aqueux brut résultant a été transféré dans une boîte de Petri et placé dans un incubateur à 37°C pour évaporer le solvant et récupérer l'extrait sec.

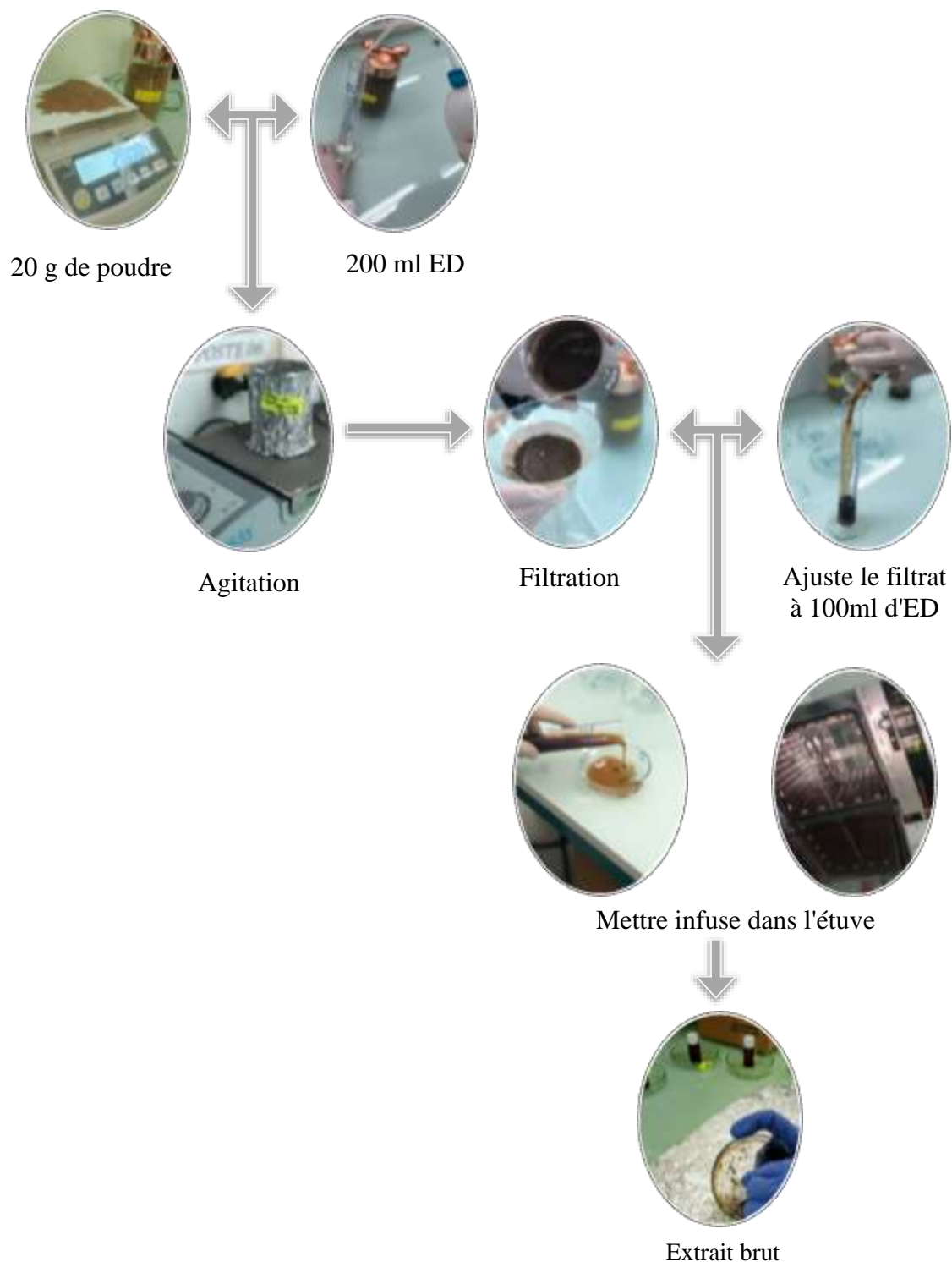


Figure 20: Extraction aqueux

II.2.3.3. Extraction par macération d'hexane (extraction solide/liquide)

20 g de poudre ont été infusés dans 200 ml d'Hexane bouillé pendant 24 h, filtré puis l'ajusté à 100 ml. L'extrait aqueux brut obtenu est mis à la boîte pétrie, passé à l'étuve à une

température de 40°C, afin d'évaporer et récupérer l'extrait infusé.

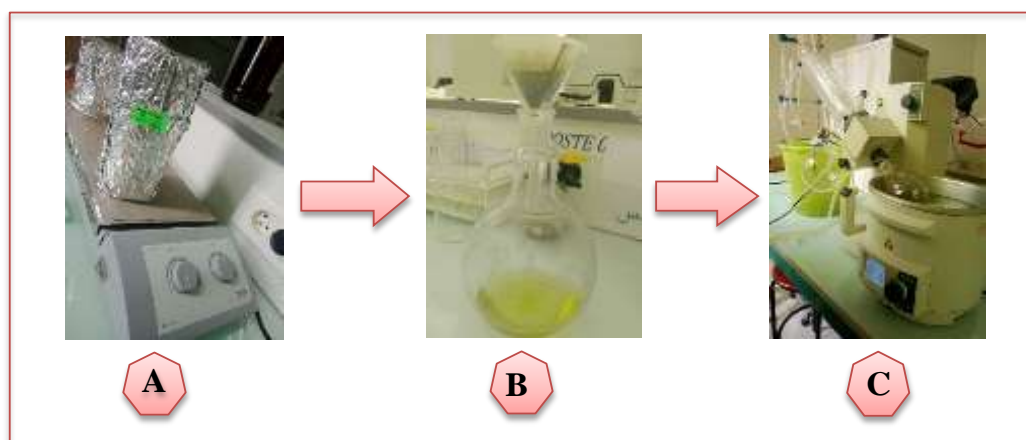


Figure 21: Extraction hexanique

II.2.3.4. Détermination du rendement de l'extraction

On définit le rendement des extraits comme le rapport entre la quantité d'essence extraite et la masse de la matière végétale utilisée. Les données obtenues permettent de déterminer les rendements à chaque période en utilisant la formule suivante. (Abada et Meslou, 2019).

$$\text{Rendement [R (\%)]} = \left(\frac{M_{\text{ext}}}{M_{\text{mv}}} \right) \times 100$$

R% : rendement d'extraction (%).

M_{ext} : masse de l'extrait en g.

M_{mv} : masse de la matière végétale sèche en g.

II.2.4. Evaluation de l'activité antibactérienne

Le but de cette manipulation est la détermination l'effet antibactérienne de l'échantillon (extrait aqueux et extrait hexanique) par la méthode de diffusion en milieu solide à partir d'un disque de papier Wattman Cette méthode permet de déterminer l'activité inhibitrice de l'agent antibactérien, par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition autour du disque imprégné de l'extrait à tester.

II.2.4.1. Les souches bactériennes testées

Nous avons sélectionné deux groupes de bactéries : les bactéries Gram positif et les bactéries Gram négatif.

Tableau 7: Les souches bactériennes testées .

NOM DE BACTERIES	GRAM	CODE
<i>Escherichia coli</i>	Gram -	ATCC 25922
<i>Staphylococcus aureus</i>	Gram +	ATCC 25923
<i>Bacillus cereus</i>	Gram +	ATCC 14579
<i>Salmonella enterica</i>	Gram -	ATCC 13311
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Gram -	ATCC 27823

II.2.4.2. Méthodes

Les principales étapes sont :

II.2.4.2.1. Stérilisation du matériel

Dans la partie microbiologique, nous avons besoin non-seulement de la propreté, mais aussi de respecter les conditions d'asepsie et de stérilisation. C'est pour cette raison nous avons enrobé le matériel utilisé suivant, dans un papier aluminium, et le stérilisé dans un autoclave à 121 °C.

II.2.4.2.2. Préparation des disques

Le papier filtre approprié à cette étude est papier Wattman. Il est découpé en disques circulaires mesurant environ 6 mm de diamètre, ce qui permet d'obtenir une zone d'inhibition facilement mesurable. Après avoir préparé les disques, ils sont placés dans un tube à essai et stérilisés dans un autoclave. (Stérilisation à 120°C pendant 15 min).

II.2.4.2.3. Préparation des milieux de culture

Le contexte culturel adapté à cette étude est celui de Muller-Hinton. Dans un bain Marie, la gélose doit être bouillie jusqu'à ce qu'elle soit complètement dissoute. Il est essentiel de procéder à une stérilisation à l'autoclave avant d'être utilisé. Finalement, verser l'intérieur des boîtes de pétri et laisser refroidir et se solidifier à température ambiante pendant 10 à 15 minutes.

II.2.4.3. Revivification et repiquage des espèces bactériennes

Avant leur utilisation, il est indispensable de revitaliser les souches bactériennes, étant donné que leur activité est inexistante dans leur état préservé. Elle vise à acquérir une culture jeune et pure ainsi que des colonies soigneusement isolées qui seront utilisées pour la préparation de l'inoculum. Pour ce faire, on ensemence les souches avec des stries dans des boîtes de pétri et on les incube à une température de 37°C pendant une durée de 24 heures.

Les souches bactériennes récupérées sont transférées dans des boîtes de pétri contenant le milieu Muller-Hinton par la technique des stries, puis placées dans l'incubateur à 37°C pendant une journée.

II.2.4.4. Préparation de l'inoculum

Les souches bactériennes sont repiquées par la méthode des stries sur gélose MH, puis incubées à l'étuve à 37°C pendant 18 à 24 heures. A partir de ces cultures jeunes, des colonies pures sont isolées pour préparer l'inoculum bactérien. Chaque colonie est mise en suspension dans 2.5 ml d'eau physiologies (Adida, 2014).

Il faut noter que pour l'obtention de la suspension 10^8 germes par ml, l'absorbance à 620nm doit être comprise entre 0,2 et 0,3.

✚ Préparation des solutions d'extrait de plante de *Micromeria inodora*

L'extrait aqueux et hexanique diluée dans diméthyl sulfoxyde (DMSO). un solvant organique puissant utilisé notamment dans les tests d'activité biologique comme contrôle négatif lors du test d'activité antibactérienne, pour garantir que l'effet est dû à l'extrait et non au solvant.

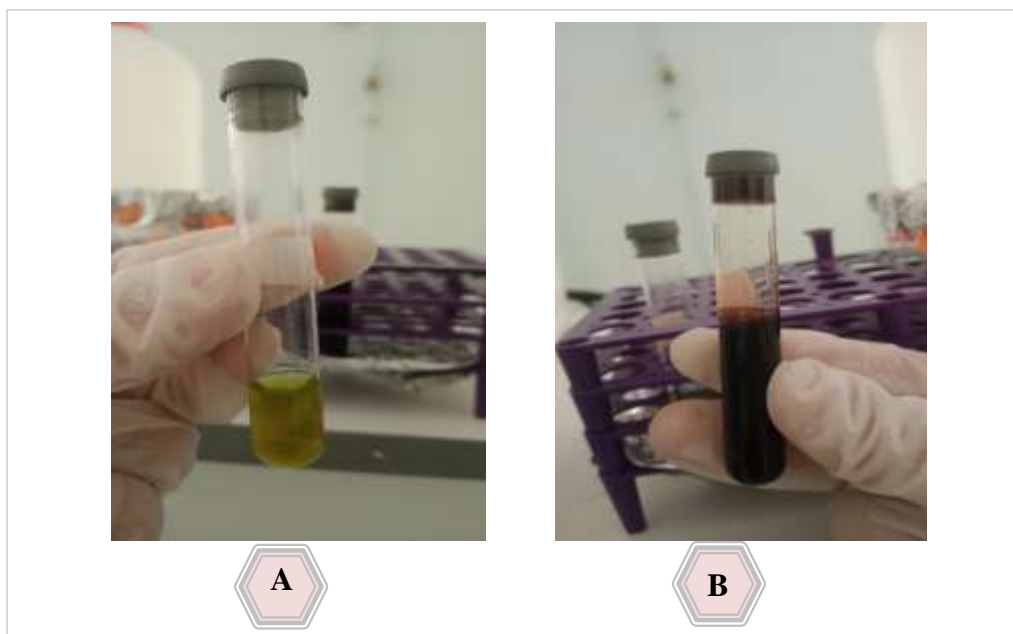


Figure 22: Des extraits A : hexaniques B : d'extrait aqueux

II.2.4.5. Ensemencement

- ✓ La culture se fait dans un milieu stérile en présence de bec Benzène.
- ✓ Tremper un écouvillon stérile dans la suspension bactérienne (il évite la contamination du manipulateur et de la paillasse).
- ✓ L'essorer en le pressant fermement, en tournant sur la paroi interne du tube, afin de le décharger au maximum.
- ✓ Frotter l'écouvillon sur la totalité de la surface gélosée, sèche, de haut en bas.
- ✓ Répéter l'opération deux fois, en tournant la boîte de Pétrie de 60° à chaque fois, sans oublier de faire pivoter l'écouvillon sur lui-même. Finir l'ensemencement en passant

l'écouvillon sur la périphérie de la gélose (**Figure 23**).

- ✓ Les disques stériles imprégnés dans concentrations élevées d'extrait de la plante de 10 μ l par disque, ont été déposés à l'aide d'une pince stérile sur la surface de gélose au bec Benzène (2 disques de l'extrait et 1 disque témoin) (**Figure 23**).
- ✓ Finalement, les boîtes de Pétri ont été incubées 24h à 37°C (**Athamna.,2009**).

✚ Le plan d'ensemencement des boîtes

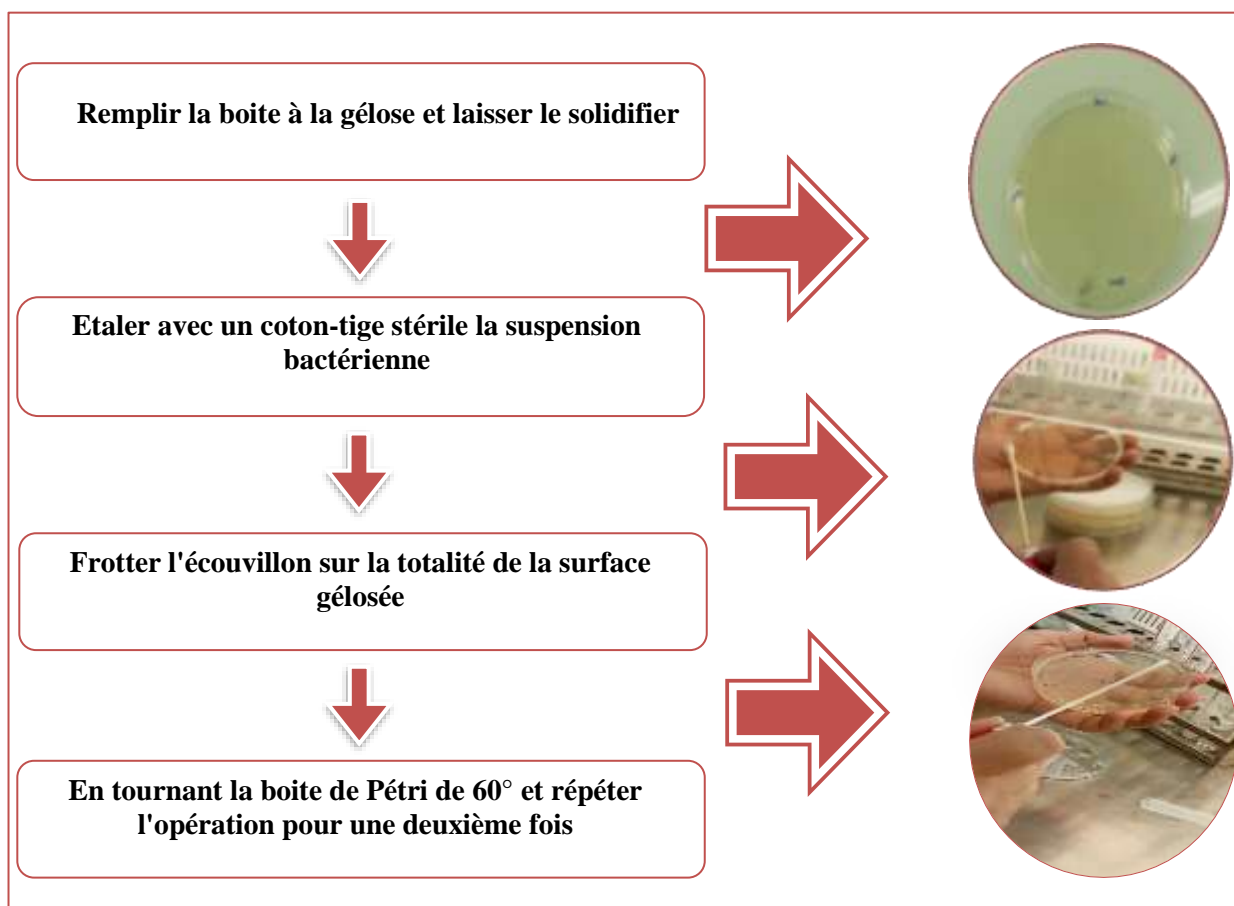


Figure 23: La méthode d'ensemencement des boîtes.

II.2.4.6. Lecture des résultats

A la sortie de l'incubateur l'absence de la croissance bactérienne se traduit par un halo translucide autours du disque Les diamètres des zones d'inhibition sont mesure à l'aide d'une règle et appréciés comme suit :

Non sensible (-) de diamètre inférieur ou égal à 6 mm .

Sensible (+) pour un diamètre compris entre 6 et 14 mm .

Très sensible (++) pour un diamètre compris entre 14 et 20 mm .

Et extrêmement sensible (+++) pour un diamètre égal ou supérieur à 20 mm (**Pibirl ;2005**).



Chapitre III
Résultats et Discussion




Dans ce chapitre, nous avons exposé les résultats obtenus. Ces derniers sont subdivisés en quatre parties. La première traite les résultats des tests phytochimiques, la deuxième comprend ceux concernant l'extraction des HEs, la troisième traite les résultats des Rendement des extraits. Enfin, les résultats de l'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits sont mentionnés dans la quatrième partie.




III.1. Screening phytochimique




Les résultats des tests phytochimiques réalisés sur la poudre végétale de la plante *Micromeria inodora* sont mentionnés dans le tableau suivant (**Tableau 8**).

Tableau 8: Les résultats des tests phytochimiques.

Composés chimiques	Résultats positifs	Résultats obtenus
Anthocyanes	Coloration rouge	 + + +
Leuco-anthocyanes	Coloration rouge	 +

<p>Tannins totaux</p>	<p>Coloration bleue noire</p>	 <p>+</p>
<p>Flavonoïdes</p>	<p>Coloration rouge</p>	 <p>++</p>
<p>Tannins galliques</p>	<p>Coloration bleu foncé</p>	 <p>+</p>

<p>L'amidon</p>	<p>Coloration bleue violette</p>	 <p>---</p>
<p>Mucilages</p>	<p>Précipité floconneux</p>	 <p>++</p>
<p>Sucres réducteurs</p>	<p>Précipité rouge brique</p>	 <p>---</p>

<p>Coumarines</p>	<p>La formation d'un trouble</p>	 <p style="text-align: center;">++</p>
<p>Irridoïdes</p>	<p>Coloration bleue</p>	 <p style="text-align: center;">+</p>
<p>Protéines</p>	<p>Coloration violette avec une teinte rougeâtre</p>	 <p style="text-align: center;">--</p>

- (-) : Absence de substance active
- (+) : présence de substance active

Un examen photochimique de la poudre végétale de toutes les parties de la plante *Micromeria inodora* a été effectué, révélant la présence et l'absence de diverses substances.

Dans les résultats des tests présentés dans le tableau, la présence d'anthocyanes, des mucilages et des flavonoïdes a été observée en grande quantité, ainsi que la présence des coumarines, des leuco-anthocyanes, des tanins totaux et de tanins galliques en quantités variables, tandis que l'absence totale de sucres réducteurs, de protéines et d'amidon a été observée.

Étude phytochimique des plantes *Micromeria* couramment consommées sous forme de thé et à des fins médicinales possèdent des composés chimiques de mucilage qui ont des propriétés apaisantes sur les muqueuses et sont utilisés en phytothérapie pour traiter les maux de gorge et la toux (Ali Shteyeh et al., 1998). On utilise également des flavonoïdes, des tanins totaux, des tanins galliques et des anthocyanes avec ses propriétés antivirales (Bessong et al., 2006 ; Liu et al., 1999) polyphénols aux propriétés antitumorales (Yu et al., 2005) et antioxydantes (Yang et al., 1999), antimutagéniques (Rossi et al., 2003) et antifongiques (Hwang et al., 2001), et antibactérienne et antioxydantes (Benomari et al. 2016) et enfin les coumarines (Aynehchi et al., 1978).

III.2. Rendement en huiles essentielles

L'extraction de la partie aérienne de *Micromeria inodora* par hydro distillation nous a donné une HE transparente, avec un rendement de 0.1 %.

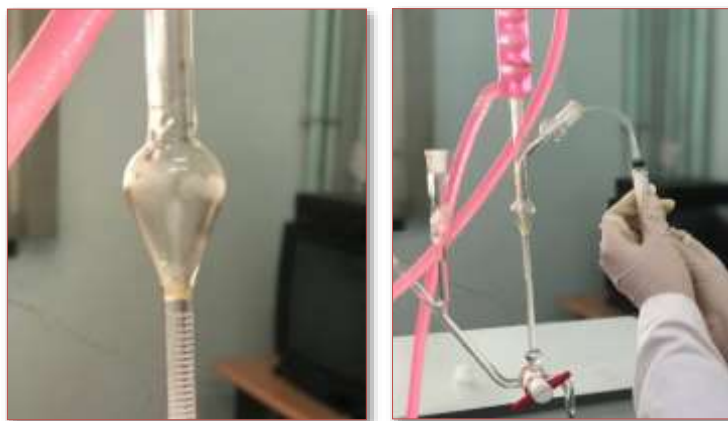


Figure 24: Extraction d'HE

III.3. Rendement des extraits :

Les extraits de plantes *Micromeria inodora* sont obtenus à partir d'une fine poudre de toutes les parties de cette plante, suivant une méthode spécifique.

Les résultats de cette étude indiquent qu'en trempant la poudre en utilisant 20 grammes de poudre dans 200 ml d'eau distillée pour obtenir un extrait aqueux brut brun, et nous avons obtenu le deuxième extrait en utilisant 20 grammes de poudre de plante et 200 ml d'hexane de la plante pendant 24 heures, suivi d'une évaporation, un extrait d'hexane brut vert est

obtenu. Les rendements sont calculés en fonction du poids total de poudre de cette plante, et les extraits montrent les rendements suivants dans le **tableau (9)** et la **figure (25)** :

Tableau 9: Valeur rendement des extraits Rendement des extraits.

Extrait	Couleur	Aspect	Poids de l'extrait (g)	Pourcentage de l'extrait (%)
Extrait de aqueux	Marron	Aqueuse	20	3.7
Extrait Hexanique	Vert	Gel	20	0.31

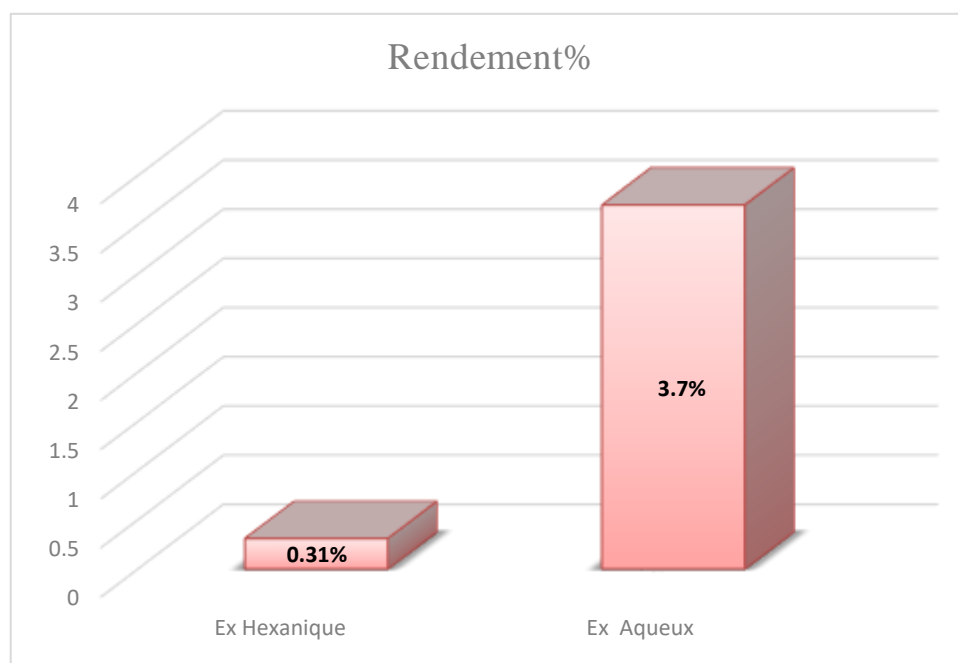


Figure 25: Rendement des extraits.

Les résultats du **tableau (9)** et de la **figure (25)** obtenus à partir de nos travaux ont indiqué que les extraits aqueux et hexaniques, exprimés en pourcentage de la masse d'extrait par rapport à la masse de la plante, avaient le rendement le plus élevé a été observé avec l'extrait aqueux à 3,7 %, qui celui de celle avec l'extrait hexanique 0,31%

Le tableau n°10 résume les résultats des travaux antérieurs déjà faite sur *Micromeria inodora*, et montre les différentes valeurs de rendement en HE et des extraits de *Micromeria inodora* dans trois régions (Mostaganem, Tlemcen, Oran).

Tableau 10: Résume les résultats des travaux antérieurs déjà faite sur *Micromeria inodora*

Plante	Extrait	Station	Rendement (%)	Références
<i>Micromeria inodora</i> (sèche)	Huiles essentielle	Mostaganem	0.1	Notre travail
<i>Micromeria inodora</i> (fraîche)	Huiles essentielle	Tlemcen	[0.15-0.8]	Benomari et <i>al.</i> , 2016
<i>Micromeria inodora</i> (sèche)	Extrait méthanolique	Oran	8.90	Benlecheheb, 2017
<i>Micromeria inodora</i> (sèche)	Extrait aqueux	Mostaganem	3.7	Notre travail
<i>Micromeria inodora</i> (sèche)	Extrait hexanique	Mostaganem	0.31	Notre travail

- ✚ Nous avons remarqué que les rendements de l'extraction varient considérablement entre des extraits méthanolique, hexanique et aqueux de 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 HEs 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.

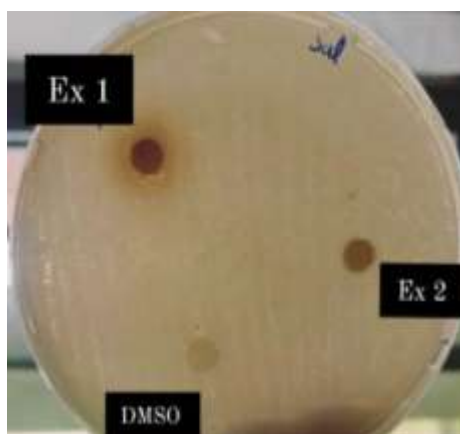
III.4. Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits de *Micromeria inodora*

Nous avons étudié le pouvoir antibactérien des extraits bruts de *Micromeria inodora* par la méthode de diffusion des disques sur un milieu gélosé (Muller Hinton). L'activité antibactérienne de nos produits est estimée en termes de diamètre de la zone d'inhibition autour des disques contenant les produits extraits bruts à tester vis-à-vis de cinq (05) germes pathogènes d'origine *Escherichia coli* ATCC 25922 et *Salmonella enterica* ATCC 13311 et *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Bacillus cereus* ATCC 14579 *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27823. Après 24 heures d'incubation à une température adéquate de 37 °C. Ces résultats nous ont permis de déterminer l'efficacité des extraits de cette plante contre les bactéries testées. Les résultats ont montré que l'extrait aqueux possédait une activité sensible sur les bactéries à Gram positif comparativement aux bactéries à Gram négatif qui présentaient une activité très faible, tandis que l'extrait hexanique n'a eu aucun effet inhibiteur sur les souches bactériennes résultats de l'activité antibactérienne des extraits.

Tableau 11: Diamètre de zone d'inhibition des extraits .

Dimensions des zones d'inhibition en mm			
Les souches bactériennes	Ex.aq	Ex. Hex	DMSO
<i>Escherichia coli</i>	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	-	-
<i>Salmonella enterica</i>	-	-	-
<i>Bacillus cereus</i>	+	-	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	-

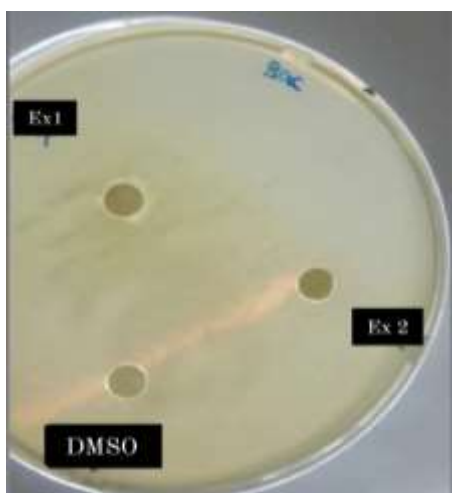
L'extrait aqueux de *Micromeria inodora* a montré une activité antibactérienne significative contre *cereus*, avec une zone d'inhibition de 9 mm. Il a également montré une activité antibactérienne contre *S. aureus* avec une zone d'inhibition de 8 mm. En revanche, une faible activité a été observée contre les souches Gram-négatives, indiquant une efficacité limitée contre ce type de bactéries. Quant à l'extrait d'hexane, il a montré une absence totale d'effet antibactérien dans toutes les souches testées.



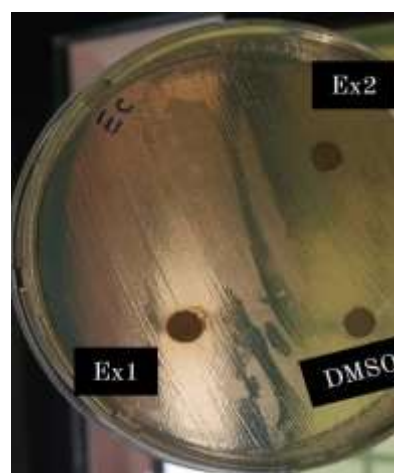
S. entrica



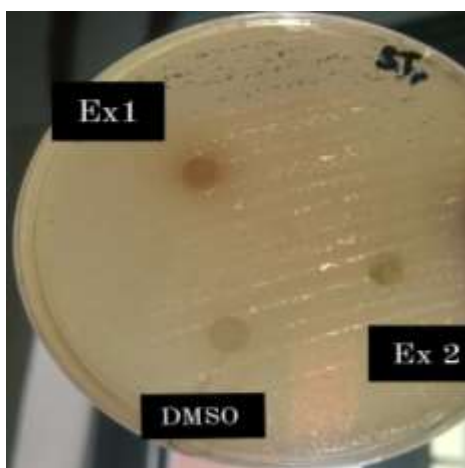
P. aeruginos



B. cereus



E. coli



S. aureus

Figure 26:Photos montrant des zones d'inhibition de la croissance bactérienne

L'activité antibactérienne démontrée par l'extrait aqueux de *Micromeria inodora* est attribuée à la présence de composés phénoliques actifs, tels que les flavonoïdes et les

coumarines, connus pour leurs propriétés antimicrobiennes. Des études indiquent que ces composés présentent une plus grande efficacité contre les bactéries Gram-positives (Benomari et al., 2016), telles que *Bacillus cereus* et *Staphylococcus aureus*, par rapport aux bactéries Gram-négatives. La différence d'efficacité est attribuée à la composition de la paroi cellulaire des bactéries ; Les bactéries Gram-négatives, possèdent une membrane externe contenant des lipopolysaccharides, qui forment une barrière à l'entrée des composés actifs et réduisent leur effet antibactérien (Zhang et al., 2013). L'extrait d'hexane n'a montré aucune activité antibactérienne, ce qui est attribué au fait que les solvants non polaires, tels que l'hexane, extraient des composés non polaires qui peuvent manquer d'activité biologique contre les bactéries. Par conséquent, l'extrait aqueux est plus efficace pour extraire les composés bioactifs de la plante *Micromeria inodora*.

Ces résultats soutiennent l'utilisation potentielle d'extraits aqueux de *Micromeria inodora* comme source naturelle de composés antibactériens, notamment contre les souches Gram-positives. Cependant, des études recommandent des recherches supplémentaires pour identifier précisément les composés actifs, comprendre leurs mécanismes d'action et évaluer leur efficacité dans les applications clinique .

Conclusion
et perspective

Cette étude a donné des résultats préliminaires importants sur la composition chimique et l'activité antibactérienne de la plante *Micromeria inodora*.

L'analyse phytochimique a révélé la présence de composés biologiquement actifs tels que les flavonoïdes, les anthocyanes, les coumarines et les leuco anthocyanes, en l'absence d'amidon, de protéines et de sucres réducteurs.

En termes de rendement d'extraction, l'extrait aqueux a enregistré le pourcentage le plus élevé (3,7 %), tandis que le rendement de l'extrait d'hexane était le plus faible (0,31 %). Quant aux huiles essentielles extraites par distillation à la vapeur d'eau, leur rendement était très faible (environ 0,1%). Ces différences sont attribuées à des facteurs climatiques et géographiques, en plus de la nature de la plante et du type de solvant utilisé.

Concernant l'activité antibactérienne, l'extrait aqueux a montré une efficacité remarquable contre les souches Gram-positives, avec une zone d'inhibition de 9 mm contre *Bacillus cereus* et de 8 mm contre *Staphylococcus aureus*. En revanche, l'activité était faible contre les bactéries Gram-négatives. L'extrait d'hexane n'a cependant montré aucune activité inhibitrice sur les souches bactériennes testées. Ces résultats indiquent que *Micromeria inodora* est une source prometteuse de composés ayant une activité antibactérienne, en particulier contre les bactéries Gram-positives. Toutefois, ces résultats sont préliminaires et nécessitent des études plus complètes, incluant l'identification précise des composés actifs, l'évaluation de leurs mécanismes d'action et l'étude de leurs effets dans des modèles vivants, dans le but d'améliorer leur potentiel d'utilisation dans de futures applications médicales et pharmaceutiques.

*Références
bibliographiques*

.A.

- Abada, H., et Meslou, S. Y. (2019, June 26). Contribution à l'étude phytochimique et l'évaluation de l'activité . Aïn-Témouchent, Algérie.
- Abdelli, W. (2017). Caractérisation chimique et étude de quelques activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et de *Thymus vulgaris* [Doctoral dissertation, Université Abdelhamid Ibn Badis].
- Abdelwahab, M. F., Hussein, M. H., & Kadry, H. H. (2015). Cytotoxicity and antioxidant activity of new biologically active constituents from *Micromeria nervosa* grown in Egypt. Bulletin of Faculty of Pharmacy, Cairo University, 53(2), 185–194. <https://doi.org/10.1016/j.bfopcu.2015.11.001>
- Al-Bayati, A. F., & Khudir, D. S. (2007). In vitro antimicrobial activity of *Salvadora persica* L. University of Mosul.
- Ali-Shtayeh, M., Al-Nuri, M., Yaghmour, M. R., & Faidi, Y. (1997). Antimicrobial activity of *Micromeria nervosa* from the Palestinian area. Journal of Ethnopharmacology, 58(2), 143–147. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(97\)00088-2](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(97)00088-2)
- Alessandra M.B. (2008.). Grande Guide Des Huiles Essentielles Santé Beauté BienEtre. Hachette pratique. France. 205.-10-23p
- Allocati N., Masulli M., Alexeyev M. et Di Ilio, C. (2013). Escherichia coli in Europe: An Overview. International Journal of Environmental Research and Public Health, 10(12),
- Azab, A. (2016). *Micromeria*: Chemistry and medicinal activities. European Chemical Bulletin, 5(7), 299–307.

.B.

- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils: A review. Food and Chemical Toxicology, 46(2), 446–475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
- Baser, K. H. C., & Buchbauer, G. (2010). Handbook of essential oils: Science, technology, and applications. CRC Press.
- Belaiche, P. (1979). Traité de phytothérapie et d'aromathérapie : Tome 1 – L'aromatogramme. Maloine.
- Belakhdar, J. (1997). La pharmacopée marocaine traditionnelle. Ibis Press.
- Belkhiri, F., & Baghiani, A. (2017). Plantes médicinales : Activités antioxydantes et

- antibactériennes. Éditions Universitaires Européennes.
- Benomari, F. Z., Djabou, N., Medbouhi, A., Khadir, A., Bendahou, M., Selles, C., Desjobert, J. M., Costa, J., & Muselli, A. (2016). Chemical variability and biological activities of essential oils of *Micromeria inodora* (Desf.) Benth. from Algeria. *Chemistry and Biodiversity*, 13(11), 1559–1572.
<https://doi.org/10.1002/cbdv.201600098>
 - Brahmi, F., Guendouze, N., Hauchard, D., Okusa, P. N., Kamagaju, L., Madani, K., & Duez, P. (2017). Phenolic profile and biological activities of *Micromeria graeca* (L.) Benth. ex Rchb. *International Journal of Food Properties*, 20(sup2), 2070–2083.
<https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1369103>
 - Bräuchler, C., Meimberg, H., & Heubl, G. (2006). New names in Old World Clinopodium: The transfer of the species of *Micromeria* sect. *Pseudomelissa* to *Clinopodium*. *Taxon*, 55(4), 977–981. <https://doi.org/10.2307/25065696>
 - Bruneton, J. (1999a). *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales* (3rd ed.). Tec & Doc.
 - Bruneton, J. (1999b). *Plantes toxiques : Végétaux dangereux pour l’homme et les animaux* (3rd ed., pp. 290–303). Tec & Doc.
 - Bessong, P. O., Rojas, L. B., Obi, C. L., Tshisikawe, P. M., & Igunbor, E. O. (2006). Further screening of Venda medicinal plants for activity against HIV type 1 reverse transcriptase and integrase. *African Journal of Biotechnology*, 5(6), 526–528.
 - Besombes, C. (2008). *Contribution à l’étude des phénomènes d’extraction hydro thermomécanique d’herbes aromatiques : Applications généralisées* [Doctoral dissertation, Université de La Rochelle].
 - Bouhdid, S., Abrini, J., Baudoux, D., Manresa, A., & Zhiri, A. (2012). Les huiles essentielles de l’origan compact et de la cannelle de Ceylan : pouvoir antibactérien et mécanisme d’action. *Journal de Pharmacie Clinique*, 31(3), 141–148.
 - Bourguignon, L. C. (2008). *Le sol la terre et les champignons pour retrouver une agriculture saine* [Soil, earth and mushrooms to restore healthy agriculture] (pp. 68–83).
 - Bousena. (2021). Cours en ligne : chapitre 3 : bacilles Gram positif sporulés. Microbiologie université de Constantine.
 - Bousbia, N. (2011). *Extraction des huiles essentielles riches en antioxydants à partir de produits naturels et de coproduits agroalimentaires* [Doctoral dissertation, Ecole Nationale Supérieure Agronomique].

- Bouriah, S., et al. (2021). Étude phytochimique et activité biologique de *Micromeria inodora*.

.C.

- Couic-Marinier, F., & Lobstein, A. (2013). Composition chimique des huiles essentielles [Chemical composition of essential oils]. *Actualités Pharmaceutiques*, 52(525), 22-25.
- Couic-Marinier, F., & Touboul, A. (2017). Le guide terre vivante des huiles essentielles [The Terre Vivante guide to essential oils]. Terre Vivante.
- Croteau, F. (1986). Biochemistry of monoterpenes and sesquiterpenes of the essential herbs: spices and medicinal plants. In *Recent advances in botany, horticulture and pharmacology* (Vol. 1). Oryx Press.

.D.

- Degryse, A., Delpla, I., & Voinier, M. (2008). Risque et bénéfices possibles des huiles essentielles [Potential risks and benefits of essential oils]. *Ingénieurs du Génie Sanitaire, atelier santé environnement*.
- Delarras C. (2007). *Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire : Aliments, produits cosmétiques, eaux, produits pharmaceutiques*. Éditions Médicales Internationales, Lavoisier.
- Dobignard, A., & Chatelain, C. (2010). Etat des lieux et perspectives de recherche sur la flore méditerranéenne d'Algérie et de Tunisie [Current status and research perspectives on Mediterranean flora in Algeria and Tunisia]. Université de Montpellier.
- Duru, M. E., Ozturk, M., Ugur, A., & Ceylan, O. (2004). *Journal of Ethnopharmacology*, 94, 43.

.F.

- Ferhat, M., Kadi, I., & Lahouaou. (2009). Recherche de substances bioactives de l'espèce *Centaurea microcarpa* Con et Dus [Research on bioactive substances of the species *Centaurea microcarpa* Con et Dus] (Diplôme des études supérieures en biologie). Université Mohamed Boudiaf - M'sila, Faculté des sciences et des sciences de l'ingénierie, Département de biologie.

- Ferrari, J. P. (1984). Dictionnaire et étymologie de la flore française [Dictionary and etymology of French flora]. Le Chevalier.
- Filomena, N., Florinda, F., De Martino, L., Coppola, R., & De Feo, V. (2013). Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals*, 6(12), 1451-1474. <https://doi.org/10.3390/ph6121451>
- Formisano, C., Mignola, E., Rigano, D., Senatore, F., Bellone, G., Bruno, M., & Rosselli, S. (2007). *Flavour and Fragrance Journal*, 22(3), 289-293.
- Formisano, C., Oliviero, F., Rigano, D., Saab, A. M., & Senatore, F. (2014). Chemical composition of essential oils and in vitro antioxidant properties of extracts and essential oils of *Calamintha organifolia* and *Micromeria myrtifolia*, two Lamiaceae from the Lebanon flora. *Industrial – Crops and Products*, 62, 405-411. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.08.043>
- Franchomme, P., & Péroël, D. (1990). *L'Aromathérapie exactement : Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles* [Precise aromatherapy: Encyclopedia of therapeutic use of essential oils]. Roger Jollois Éditeur.
- France-Ida, J. (1998). Comment s'assurer de la pureté d'une huile essentielle ? [How to ensure the purity of an essential oil?]. *Info Essences*, 7, 1-2.



- Garnero, J. (1996). *Huiles essentielles* [Essential oils] (Dossier K345). Base Documentaire : Constantes Physico-Chimiques (Vol. K2).
- Ghazghazi, H., Chedia, A., Abdererazak, M., & Brahim, H. (2013). Comparaison des contenus en polyphénols et de l'activité antioxydant des extraits méthanolique des quatre plantes collectées du nord de Tunisie. *Microbial Hygiene Alimentaire*, 73(25), 37–41.
- Giordani, R., Hadeif, Y., & Kaloustian, J. (2008). Compositions and antifungal activities of essential oils of some Algerian aromatic plants. *Fitoterapia*, 79(3), 199–203.
- Gonzalez-Trujano, M. E., Pena, E. I., Martínez, A. L., Moreno, J., Guevara-Fefer, P., Deciga-Campos, M., & Lopez-Munoz, F. J. (2007). Evaluation of the antinociceptive effect of *Rosmarinus officinalis* L. using three different experimental models in rodents. *Journal of Ethnopharmacology*, 111(3), 476–482.
- Goetz, P., & Ghedira, K. (2012). Mécanisme d'action antibactérienne des huiles

essentielles. In *Phytothérapie anti-infectieuse* (pp. 193–208). Springer.

- Guignard, J. L. (2000). *Biochimie végétale [Plant biochemistry]* (2nd ed.). Dunod.
- Guignard, J. L. (1996). *Biochimie végétale [Plant biochemistry]*. Masson.

.H.

- Hahn M., Lünsdorf H., Wu Q., Schauer M., Höfle M., Boenigk J et Stadler P. (2003). Isolation of novel ultramicrobacteria classified as Actinobacteria from five freshwater habitats in Europe and Asia. *Applied and Environmental Microbiology*, 69, p:1442-1451.
- Hammer, K. A., Carson, C. F., & Riley, T. V. (1999). Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *Journal of Applied Microbiology*, 86(6), 985-990.
- Hwang, E. I., Ahn, B. T., Lee, H. B., Kim, Y. K., Lee, K. S., Bok, S. H., Kim, Y. T., & Kim, S. U. (2001). Inhibitory activity for chitin synthase II from *Saccharomyces cerevisiae* by tannins and related compounds. *Planta Medica*, 67(6), 501-504

.I.

- Ivorra, A., & Fuentes, J. Julien, P. (2005). Caractérisation des huiles essentielles par CPG/IR, CPG/SM- (IE et IC) et RMN du carbone-13 de *Cistus albidus* et de deux Asteraceae endémiques de Corse : *Eupatorium cannabinum* subsp. *Corsicum* et *Doronicum corsicum* [Doctoral dissertation, Université de Corse].

.K.

- Kalaki Kordkolaei, S., Kanani, M. R., Tabefam, M., Namazi Sarvestani, N., Hamburger, M., & Moridi Farimani, M. (2019). Terpenoids and phenolics of *Micromeria persica*. *Natural Product Research*. Advance online publication. (2016). Sobre la presencia de *Micromeria inodora* (Desf.) Benth. en la provincia de Almería (Sureste de España) [On the presence of *Micromeria inodora* (Desf.) Benth. in the province of Almería (Southeast of Spain)]. *Acta Botanica Malacitana*, 41.
- Kunle, O. F., Okogun, J. I., Egamana, E. U., Emojevwe, E. V., & Shok, M. (2003). Antimicrobial activity of various extracts and carvacrol from *Lippia multiflora* leaf extract. *Phytomedicine*, 10(1), 59-61. <https://doi.org/10.1078/094471103321648674>

.L.

- Lakhdar, L. (2015). Évaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles marocaines sur *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*: Étude in vitro [Evaluation of the antibacterial activity of Moroccan essential oils on *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*: In vitro study] [Doctoral dissertation, Université Mohammed V de Rabat].
- Lakehal S., Meliani A., Benmimoune S., Bensouna S.N., Benrebiha F.Z et Chaouia C. (2016). Essential Oil Composition and Antimicrobial Activity of *Artemisia herba alba* Asso Grown in Algeria. *Medicinal chemistry*, 6, p: 435439
- Lamarti, A., Badoc, A., Deffieux, G., & Carde, J. (1994). Biogénèse des monoterpènes : Localisation et sécrétion [Biogenesis of monoterpenes : Localization and secretion]. *Bulletin de la Société de Pharmacie de Bordeaux*, 133, 69-78.
- Laouer, H. (2004). Inventaire de la flore médicinale utilisée dans les régions de Sétif, de Bejaia, de Msila et de Djelfa, composition et activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Ammoides pusilla* et de *Magydaris pastinacea* [Inventory of medicinal flora used in the regions of Sétif, Bejaia, Msila and Djelfa, composition and antimicrobial activity of essential oils of *Ammoides pusilla* and *Magydaris pastinacea*] [State doctoral thesis, Université Ferhat Abbas Sétif 1].

. M.

- Marie, E. (2005). Extraction sans solvant assistée par micro-ondes : Conception et application à l'extraction des huiles essentielles [Solvent-free microwave extraction : Design and application to essential oil extraction] (pp. 17, 23, 52). [Unpublished doctoral dissertation]. [University name missing].
- Marinkovic, V., Marin, P. D., Knezevic-Vukcevic, J., Sokovic, M. D., & Brkic, D. (2002). *Phytotherapy Research*, 16, 336.
- Mastelic, J., Jerkovic, I., & Kustrak, D. (2005). *Journal of Essential Oil Research*, 17, 516.
- Medbouhi, A. (2014). Caractérisation morphologique, variabilité chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Micromeria inodora* L. de l'ouest algérien (Tazir Ahmeur) [Morphological characterization, chemical variability and biological activities of essential oil from *Micromeria inodora* L. of western Algeria (Tazir Ahmeur)] [Doctoral dissertation]. [University name missing].
- Meimberg, H., Abele, T. C., Bräuchler, J. K., McKay, J. K., Pérez de Paz, P. L., & 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. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 41(3).
- Mekonnen, A., Yitayew, B., Tesema, A., & Taddese, S. (2016). In vitro antimicrobial activity of essential oil of *Thymus schimperi*, *Matricaria chamomilla*, *Eucalyptus globulus*, and *Rosmarinus officinalis*. *International Journal of Microbiology*, 2016.
 - Meyer, W. B. (1984). Natural essential oils: Extraction processes and application to some major oils. *Perfumer & Flavorist*, 9, 93-104.
 - Mohammedi, Z. (2006). Étude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen [Study of antimicrobial and antioxidant power of essential oils and flavonoids from some plants of the Tlemcen region] [Master's thesis, University of Tlemcen].
 - Mohammedi, Z., & Atik, F. (2012). Pouvoir antifongique et antioxydant de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. [Antifungal and antioxidant power of essential oil from *Lavandula stoechas* L.]. *Nature & Technologie*, 6, 34-39.
 - Mnayer, D. (2014). Eco-extraction des huiles essentielles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agents antioxydants et antimicrobiens [Eco-extraction of essential oils and food flavors for application as antioxidant and antimicrobial agents] [Doctoral dissertation, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse].

.N.

- Neffati, A. (2010). Étude de la composition chimique et évaluation d'activités biologiques de l'huile essentielle d'une Apiaceae de Tunisie : *Pituranthos chloranthus* [Study of the chemical composition and evaluation of biological activities of essential oil from a Tunisian Apiaceae: *Pituranthos chloranthus*] [Doctoral dissertation, Université de Caen].

.O.

- Ohno, T., Kita, M., Yamaoka, Y., Imamura, S., Yamamoto, T., Mitsufuji, S., Kodama, T., Kashima, K., & Imanishi, J. (2003). Antimicrobial activity of essential oils against *Helicobacter pylori*. *Helicobacter*, 8(3), 207-215.

.P.

- Paris, R., & Nothis, A. (1978). *Plantes médicinales, phytothérapie* [Medicinal plants,

phytotherapy]. Masson.

- Paris, M., & Hurabielle, M. (1981). Abrégé de matière médicale (pharmacognosie): Tome 1 [Summary of medical matter (pharmacognosy): Volume 1] (p. 339). Masson.
- Piochon, M. (2008). Étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne : Composition chimique, activités pharmacologiques et hémisynthèse [Study of essential oils from plant species of the Laurentian flora : Chemical composition, pharmacological activities and hemisynthesis] [Master's thesis, Université du Québec à Chicoutimi].
- Pibiri, M. (2006). Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles [Microbiological sanitation of air and ventilation systems using essential oils] [Doctoral dissertation, École Polytechnique Fédérale de Lausanne].
- Purchon, N. (2001). La bible de l'aromathérapie [The bible of aromatherapy]. Éditions Marabout.

. Q.

- Quezel, P., & Santa, S. (1962-1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (Vols. 1-2) [New flora of Algeria and southern desert regions]. Centre National de la Recherche Scientifique.

. R.

- Rahal, S. (2004). Chimie des produits naturels et des êtres vivants [Chemistry of natural products and living beings]. OPU Editions. (Original work published p. 162)
- Ren J., Yu D., Li N., Liu S., Xu H., Li J., He F., Zou L., Cao Z et Wen J. (2023). Biological Characterization and Whole Genome Analysis of *Bacillus subtilis* MG11 Isolated from Mink Fecal Samples. *Microorganisms*, 11(2821).
- Rivera, D., & Obón, C. (1992). The ethnobotany of Old World Labiatae. In R. M. Harley & T. Reynolds (Eds.), *Advances in Labiatae science* (pp. 437-454). Royal Botanic Gardens, Kew.
- 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.). *Journal of Stored Products Research*, 31(4), 291-299.
- Rossi, D., Bruni, R., Bianchi, N., Chiarabelli, C., Gambari, R., Medici, A., Lista, A., & Paganetto, G. (2003). Evaluation of mutagenic, antimutagenic and antiproliferative

potential of *Croton lechleri* (Muell. Arg.) latex. *Phytomedicine*, 10(2-3), 139-144.

- Roux, R. (2008). *Conseil en aromathérapie* (2nd ed.) [Aromatherapy counseling]. Pro-Officia. (Original work published p. 187)

.S.

- 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. *Journal of Essential Oil Research*, 22(1), 91-96.
- Stojanović, G., Palić, I., & Ursić-Janković, J. (2006). *Flavour and Fragrance Journal*, 21(1), 77.
- Svoboda, K., & Hampson, J. (1999). Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants: Antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory and other related pharmacological activities. *Journal of Essential Oil Research*, 11(5), [page range missing].
- Sylvie, V. (2001). *Huiles essentielles et parfums qui guérissent et qui relaxent : La voie de l'Ayurveda* [Essential oils and perfumes that heal and relax : The path of Ayurveda]. Éditions Trajectoire.

.T.

- Telci, I., & Ceylan, M. (2007). Essential oil composition of *Micromeria fruticosa* Druce from Turkey. *Chemistry of Natural Compounds*, 43(5), 629-631.
- Turnbull P., Kramer J et Melling, J. (1996). *Bacille.Microbiologie médicale*,4, p:233.
- Tona, L., Kambu, K., Ngimbi, N., Cimanga, K., & Vlietinck, A. J. (1998). Antiamoebic and phytochemical screening of some Congolese medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 61(1), 57-65.

.U.

- UNIDO & ICS. (2008). Extraction technologies for medicinal and aromatic plants. United Nations Industrial Development Organization and International Centre for Science and High Technology.

.V.

- Valnet, J. (1984). Aromathérapie : Traitement des maladies par les essences des plantes [Aromatherapy: Treatment of diseases with plant essenes]. Maloine.

.W.

- Wansi, J. D., Sewald, N., Nahar, L., Martin, C., & Sarker, S. D. (2018). Bioactive essential oils from the Cameroonian rainforest: A review - Part I. Trends in Phytochemical Research, 2(4), 187-234.
- Wansi, J. D., Sewald, N., Nahar, L., Martin, C., & Sarker, S. D. (2019). Bioactive essential oils from the Cameroonian rainforest: A review - Part II. Trends in Phytochemical Research, 3(1), 3-52.
- Wichtel, M., & Anton, R. (1999). Plantes thérapeutiques : Tradition, pratiques officinales, science et thérapeutiques [Therapeutic plants : Tradition, officinal practices, science and therapeutics]. Tec & Doc.
- Willem, J. (2002). Le guide des huiles essentielles pour vaincre vos problèmes de santé [The essential oils guide to overcome your health problems]. Éditions LMV.

.Y.

- Yang, X., Wang, J., Ma, Y., Xiao, H., Zuo, Q., Lin, H., He, H., Li, L., & Hao, X. (2007). Bioactive phenols from the leaves of *Baccaurea ramiflora*. *Planta Medica*, 73(14), 1415-1417.
- Yilmaz M., Soran, H et Beyatli Y. (2006). Antimicrobial activities of some *Bacillus* spp. strains isolated from the soil. *Microbiological Research*, 161, p:127131 .

.Z.

- Zabeirou, H. (2005). Étude comparative entre les huiles essentielles de la menthe verte (*Mentha spicata* L.) et de la poivrée (*Mentha piperita* L.) dans la région d'Ouargla [Comparative study of essential oils from spearmint (*Mentha spicata* L.) and

peppermint (*Mentha piperita* L.) in the Ouargla region] (Mémoire de DES Biochimie, Université Kasdi Merbah).

- Zhang, G., Meredith, T. C., & Kahne, D. (2013). On the essentiality of lipopolysaccharide to Gram-negative bacteria. *Current Opinion in Microbiology*, 16(6), 779–785.

Annexes

Annexe 01 : appareillage et matériel utilisé au laboratoire

Equipements et appareils	Verreries et petits matériels
Agitateur magnétique	Béchers
Autoclave	Boîte de Pétri Ciseau
Balance de précision	Eprouvettes graduées
Bain marie	Erlenmeyer
Bec benzène	Flacon en verre
Broyeur Etuve	Micropipettes
Plaque chauffante	Pipettes Pasteur
Réfrigérateur	Pince
Spectrophotomètre	Papier filtre
	Portoir Tubes à essai
	Tubes secs
	Spatule

Annexe 02 : Ecouvillon+ Eau Physiologique**Annexe 03:** Fiches techniques des réactifs et solutions utilisés.

Fiche technique 01 : chlorure de fer anhydre à 5%	
$FeCl_3$	10g.
L'eau distillée.....	200ml.
Fiche technique 02 : Sulfate de cuivre à 2%	
$CuSO_4$	0.2g
L'eau distillée.....	10ml.
Fiche technique 03 : Hydroxyde de potassium à 10%	
KOH.....	1g
L'eau distillée.....	10ml
Fiche technique 04 : Acide chlorhydrique à 10%	
HCl.....	3.7%
L'eau distillée.....	10ml
Fiche technique 05 : Hydroxyde de sodium 20%	
NaOH	0.4g
L'eau distillée.....	2ml

Résumé

Cette étude vise à évaluer les propriétés chimiques et biologiques de la plante *Micromeria inodora*, connue pour ses utilisations traditionnelles dans les domaines pharmaceutique et aromatique. Les composants chimiques de la plante ont été analysés et un examen qualitatif a révélé la présence de composés actifs tels que des flavonoïdes, des coumarines, du mucilage et des anthocyanes. Concernant le rendement, l'extrait aqueux a enregistré le pourcentage le plus élevé, tandis que l'extrait hexanique a eu le rendement le plus faible. En termes d'activité antibactérienne, l'extrait aqueux a montré une efficacité remarquable contre les souches Gram-positives telles que *Bacillus cereus* (zone d'inhibition de 9 mm) et *Staphylococcus aureus* (8 mm), tandis que l'efficacité était faible contre les bactéries Gram-négatives. En revanche, l'extrait d'hexane n'a montré aucune activité contre les souches testées. Les résultats indiquent que *Micromeria inodora* représente une source prometteuse de composés à activité antibactérienne, notamment contre les bactéries Gram-positives, ouvrant des voies de recherche pour leur utilisation dans des applications médicinales naturelles.

Mots clés : *Micromeria inodora*, extrait, huiles essentielles, activité antibactérienne.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الخصائص الكيميائية والبيولوجية لنباتة *Micromeria inodora*، المعروفة باستعمالاتها التقليدية في المجال الصيدلاني والعطري. تم تحليل المكونات الكيميائية للنباتة، حيث أظهر الفحص النوعي وجود مركبات نشطة مثل flavonoïdes، coumarines، anthocyanes و mucilage. فيما يخص المردودية، سجل المستخلص المائي أعلى نسبة، بينما كان المردود الأدنى للمستخلص الهكساني. أما من حيث النشاط المضاد للبكتيريا، فقد أظهر المستخلص المائي فعالية ملحوظة ضد السلالات موجبة الغرام مثل *Bacillus cereus* (منطقة تثبيط 9 مم) و *Staphylococcus aureus* (8 مم)، بينما كانت الفعالية ضعيفة ضد البكتيريا سالبة الغرام. في المقابل، لم يُظهر المستخلص الهكساني أي نشاط ضد السلالات المختبرة.

تشير النتائج إلى أن *Micromeria inodora* يمثل مصدرًا واعدًا لمركبات ذات نشاط مضاد للبكتيريا، خصوصًا ضد البكتيريا موجبة الغرام، ما يفتح آفاقًا للبحث في استخدامها ضمن التطبيقات الطبية الطبيعية.

الكلمات المفتاحية: *Micromeria inodora*، المستخلص، الزيوت الأساسية، النشاط المضاد للبكتيريا.

Abstract

This study aimed to evaluate the chemical and biological properties of the plant *Micromeria inodora*, known for its traditional uses in the pharmaceutical and aromatic fields. The chemical components of the plant were analyzed and a qualitative examination revealed the presence of active compounds such as flavonoids, coumarins, mucilage and anthocyanins. Regarding the yield, the aqueous extract recorded the highest percentage, while the hexane extract had the lowest yield. In terms of antibacterial activity, the aqueous extract showed remarkable efficacy against Gram-positive strains such as *Bacillus cereus* (inhibition zone of 9 mm) and *Staphylococcus aureus* (8 mm), while the efficacy was low against Gram-negative bacteria. On the other hand, the hexane extract showed no activity against the tested strains. The results indicate that *Micromeria inodora* represents a promising source of compounds with antibacterial activity, particularly against Gram-positive bacteria, opening avenues of research for their use in natural medicinal applications.

Keywords: *Micromeria inodora*, extract, essential oils, antibacterial activity.