

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA  
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE  
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf : ...../UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2022

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV      Filière : Science Biologique

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Présenté par :

*HAMLAT Assia et BELHARET Liza*

### *Thème*

**Évaluation des propriétés biologiques des extraits de  
certaines espèces végétales de l'Algérie**

Document déposé auprès du jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>M ARABE A</i>	<i>MCA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>Mme MESSAD S</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>
<i>Mme DJENADI K</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promotrice</i>
<i>Melle SADOUD</i>	<i>Doctorante</i>	<i>Univ. de Bejaia</i>	<i>Co Promotrice</i>
<i>Mme .....</i>	<i>.....</i>	<i>SARL BIOSOURCE</i>	<i>Invité d'honneur</i>

Année Universitaire : 2022/2023

# REMERCIEMENTS

*Tout d'abord, nous tenons à remercier le bon Dieu, le tout Puissant de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail, également nous remercions infiniment nos parents, qui nous ont encouragés et aidés pour arriver à ce stade de notre formation.*

*À notre promotrice **Dr. DJENADI Katia**, vous nous avez fait le grand honneur de nous confier ce travail et d'accepter de le diriger. Ceci est le fruit de vos efforts. Vos encouragements incessants, votre amabilité, votre disponibilité et votre gentillesse méritent toute admiration. Nous saisissons cette occasion pour vous exprimer notre profonde gratitude tout en vous témoignant notre respect.*

*Au monsieur **ARABE A**, président du jury*

*Nous vous remercions d'avoir accepté de présider ce jury et d'apporter votre regard critique à ce travail. Par ce message, nous vous adressons notre profond respect.*

*A madame **MESSAD S**, examinatrice*

*Pour votre expérience et conseils précieux dont nous avons pu bénéficier, nous sommes ravies que vous ayez accepté d'intégrer ce jury. Nous vous adressons nos chaleureux remerciements. Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions et ont accepté de nous rencontrer et de répondre à nos questions durant nos recherches.*

*Nos plus sincères remerciements s'adressent à l'équipe de laboratoire*

***Mme Sadou D, Mme Geunaoui N***

*Nous tenons à remercier également **l'entreprise bio-source**  
Enfin, nous adressons nos remerciements les plus sincères à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail*

# Dédicace

*Je dédie ce mémoire :*

*Aux êtres les plus chers : Mes parents,*

## ***À mon père, Boualem***

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

*J'espère que ce mémoire sera à la hauteur de tes attentes et qu'elle soit l'accomplissement de tous tes efforts.*

## ***À ma mère, Cherifa***

*La femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse,*

*Pour son affection, sa patience, sa compréhension, sa disponibilité, son écoute permanente et son soutien sans égal dans les moments les plus difficiles de ma vie.*

*Là où je suis arrivée aujourd'hui c'est à vous*

*MES CHERS PARENTS que je le dois, que Dieu vous garde.*

## ***À mon frère Tarek et ma sœur Rania,***

*En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès.*

*Que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.*

*À mon binôme **Liza** qui a partagée avec moi les moments difficiles de ce travail et pour les années d'étude passées ensemble à rire, se stresser, et dédicace à sa famille.*

*À ma grande famille maternelles, paternelle et tous ceux et toutes celles que j'ai involontairement omis de citer et qui n'en demeurent pas moins chers.*

***Assia***

# Dédicace

*Je dédie ce mémoire :*

*Aux êtres les plus chers : Mes parents,*

## ***À mon père, Ramdane***

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

*J'espère que ce mémoire sera à la hauteur de tes attentes et qu'elle soit l'accomplissement de tous tes efforts.*

## ***À ma mère, Sekoura***

*La femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse,*

*Pour son affection, sa patience, sa compréhension, sa disponibilité, son écoute permanente et son soutien sans égal dans les moments les plus difficiles de ma vie.*

*Là où je suis arrivée aujourd'hui c'est à vous*

*MES CHERS PARENTS que je le dois, que Dieu vous garde.*

## ***À ma sœur Manel et mon frère Amar***

*En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès.*

*Que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.*

*À mon binôme Assia qui a partagée avec moi les moments difficiles de ce travail et pour les années d'étude passées ensemble à rire, se stresser, et dédicace à sa famille.*

*À ma grande famille maternelles, paternelle et tous ceux et toutes celles que j'ai involontairement omis de citer et qui n'en demeurent pas moins chers.*

***Liza***

# TABLE DES MATIERES

1. Introduction .....	1
-----------------------	---

## Chapitre I : La phytothérapie

1. Généralité sur la phytothérapie.....	3
2. Activités biologiques des plantes médicinales .....	4
2.1. Activité antibactérienne .....	4
2.2. Activité anti-oxydant .....	5
2.3. Activité anti-inflammatoire .....	5
2.4. Activité antidiabétique.....	5

## Chapitre II : Les extraits des plantes

2. Les polyphénols.....	11
3. Les huiles essentielles .....	12
4. Extraction .....	12
4.1. La technique innovante.....	12
4.2. Les techniques classiques .....	13

## Chapitre III : Description botaniques des plantes utilisées

2. <i>Mentha spicata</i> .....	14
2.1. Description botanique .....	14
2.2. Classification botanique .....	14
3. <i>Eucalyptus polybractea</i> .....	15
3.1. Description botanique.....	15
3.2. Classification botanique .....	15
4. <i>Cymbopogon citratus</i> .....	15
4.1. Description botanique.....	15
4.2. Classification botanique .....	15
5. <i>Prunus amygdalus amara</i> .....	16
5.1. Description botanique.....	16
5.2. Classification botanique .....	16

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

6. Matériel biologique .....	17
6.1. Matière végétale .....	17
6.1.1. Recueil des plantes à utiliser .....	17
6.1.2. Extraction et récupération des huiles essentielles utilisées .....	18
6.1.3. Souches bactériennes.....	19
7. Méthodes .....	19
7.1. Préparation de la matière végétale.....	19
7.1.1. Plantes .....	19
7.2. Extraction des principes actifs .....	20
7.2.1. Les composants polyphénoliques.....	20
8. Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles.....	22
8.1. Détermination du potentiel d'hydrogène.....	22
8.2. L'indice d'acidité.....	22
8.3. L'indice de réfraction .....	23
8.3. La densité.....	23
9. Dosage des différents composants phénoliques .....	24
9.1. Détermination de la teneur en polyphénol totaux.....	24
9.2. Flavonoïdes.....	24
10. Criblage des activités biologiques.....	25
10.1. Déterminations de l'activité antibactérienne des extraits de plantes .....	25
10.1.1. Préparation des extraits de plantes.....	25
10.1.2. La diffusion sur milieu solide (méthode des puits) .....	26
10.2. La détermination de l'activité anti-oxydant des extraits de plantes.....	27
10.2.1. Le test de DPPH (radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazil) .....	27
10.3. L'évaluation de l'activité anti-inflammatoire des extraits de plantes .....	28
10.4. L'évaluation de l'activité antidiabétique des extraits de plantes. ....	29
11. Traitement statistique des résultats obtenus .....	30

## Chapitre V : Résultats et discussion

I. Les huiles essentielles.....	31
1. Analyse physicochimique des huiles essentielles .....	31
2. Activité antioxydante .....	32
II. Les extraits des plantes .....	33
1. Teneur en Composés phénoliques ( Polyphénols, flavonoïdes) .....	33
2. Activité antioxydant.....	35

3.	Activité anti-inflammatoire.....	36
4.	Activité anti-diabetique.....	37
5.	Activite anti-bacterienne .....	39
6.	Interprétation de la corrélation et l'ACP.....	41
	<b>Conclusion</b> .....	<b>43</b>
	<b>Références</b> .....	<b>44</b>

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b><i>A.bumanii</i></b>	<i>Acenitobacter bumanii</i>
<b>ACP</b>	Analyse en Composantes Principales
<b>ANOVA</b>	Analyse de la Variance
<b>ATCC</b>	American Type Culture Collection
<b>BSA</b>	Albumine de sérum bovin
<b>C.citratus</b>	<i>Cymbopogan citratus</i>
<b>DMSO</b>	Diméthylsulfoxyde
<b>DNS</b>	Acide dinitrosalicylic
<b>DPPH</b>	1,1 diphényl 2 picryl hydrazyl
<b><i>E.coli</i></b>	<i>Escherichia coli</i>
<b><i>E.faecalis</i></b>	<i>Enterococcus faecalis</i>
<b><i>E.polybractea</i></b>	<i>Eucalyptus polybractea</i>
<b>EAG</b>	Équivalent d'Acide Gallique
<b>EQ</b>	Équivalent Quercétine
<b>GPS</b>	Système de positionnement par satellite
<b><i>M.spicata</i></b>	<i>Mentha spicata</i>
<b><i>P.aeruginosa</i></b>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
<b><i>P.amygdalus amara V1</i></b>	<i>Prunus amygdalus amara</i> variété 1
<b><i>P.amygdalus amara V2</i></b>	<i>Prunus amygdalus amara</i> variété 2

# LISTE DES FIGURES

<b>Figure n°1 :</b> représente les plantes récoltes : 1) <i>E.polybractea</i> , 2) <i>M.spicata</i> , 3) <i>C.citratrus</i> , 4) <i>P. amygdalus amara</i> .....	18
<b>Figure n°2 :</b> les étapes de la préparation de la matière végétale.....	20
<b>Figure n°3 :</b> Macération de la matière végétale.....	21
<b>Figure n°4 :</b> sonication de la matière végétale.....	21
<b>Figure n°5 :</b> détermination du ph des huiles essentielles.....	22
<b>Figure n°6 :</b> mesure de l'indice d'acidité des huiles essentielles.....	23
<b>Figure n°7:</b> mesure de l'indice de réfraction des huiles essentielles.....	23
<b>Figure n°8:</b> représente le dosage des polyphénols des cinq plantes.....	24
<b>Figure n°9:</b> représente le dosage des flavonoïdes des cinq plantes.....	25
<b>Figure n°10:</b> représente l'étape de la préparation de la suspension bactérienne.....	26
<b>Figure n°11:</b> représente la méthode de diffusion sur milieu solide, 1) ensemencement ; 2) application des puits.....	27
<b>Figure n°12:</b> représente le test de DPPH.....	28
<b>Figure n°13:</b> représente l'évaluation de l'activité anti- inflammatoire.....	29
<b>Figure n°14:</b> représente l'évaluation de l'activité antidiabétique.....	30
<b>Figure n°15:</b> activité inhibitrice du radical DPPH de l'huile essentielle d' <i>E.polybractea</i> et <i>M.spicata</i> .....	32
<b>Figure n°16:</b> Teneur en Composes phénoliques des extraits de macération.....	33
<b>Figure n°17:</b> Teneur en Composes phénoliques des extraits de sonication aqueuse.....	33
<b>Figure n°18:</b> Teneur en Composes phénoliques des extraits de sonication éthanolique.....	34
<b>Figure n°19:</b> Activité antioxydant des extraits de macération.....	35
<b>Figure n°20:</b> Activité antioxydant des extraits de sonication aqueuse.....	35
<b>Figure n°21:</b> Activité antioxydant des extraits de sonication éthanolique.....	35
<b>Figure n°22:</b> Activité anti-inflammatoire des extraits de macération.....	36
<b>Figure n°23:</b> Activité anti-inflammatoire des extraits de sonication aqueuse.....	36
<b>Figure n°24:</b> Activité anti-inflammatoire des extraits de sonication éthanolique.....	37
<b>Figure n°25:</b> Activité antidiabétique des extraits de macération de trois plantes.....	38
<b>Figure n°26:</b> Activité antidiabétique des extraits de sonication aqueuse de 3 plantes.....	38
<b>Figure n°27:</b> Activité antidiabétique des extraits des extraits de sonication éthanolique de 3 plantes.....	39

**Figure n°15:** Biplot de l'analyse en composantes principales (ACP) entre la composition d'antioxydant des polyphénols et flavonoïdes et leurs activités biologiques (activité antioxydant, anti-inflammatoire, antidiabétiques).....41

# LISTE DES TABLEAUX

<b>TABLEAU N°I:</b> RECAPITULATIF DES DONNES DES PLANTES ETUDIEES. ....	17
<b>TABLEAU N°II:</b> ORIGINE ET VOLUME DES HUILES ESSENTIELLES DES TROIS PLANTES.....	18
<b>TABLEAU N°III:</b> LES TYPES DES BACTERIES UTILISEES. ....	19
<b>TABLEAU N°IV:</b> LES DILUTIONS PREPAREES DE LA SOLUTION MERE.....	29
<b>TABLEAU N°V:</b> RESULTATS DES PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES HUILES ESSENTIELLES. .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>TABLEAU N°VI :</b> DETERMINATION DES DIAMETRES DES ZONES D'INHIBITION DE LA CROISSANCE DES SOUCHES BACTERIENNES PAR LES EXTRAITS DE MACERATION, SONICATION AQUEUSE ET SONICATION . ....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>TABLEAU N°VII:</b> DIAMÈTRES D'INHIBITION DE LA CROISSANCE DES SOUCHES BACTÉRIENNES PAR LA SYNERGIE ENTRE LES 3 PLANTES (E. POLYBRACTEA, C. CITRATUS, M. SPICATA) DES EXTRAITS DE MACÉRATION, SONICATION AQUEUSE ET SONICATION ÉTHANOLIQUE. .	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>

# Introduction

---

## 1. Introduction

L'utilisation anarchique des médicaments et des conservateurs chimiques est un problème de santé publique qui conduit à l'apparition des différentes pathologies qui menacent la santé publique, à savoir: les infections inflammatoires, les infections microbiennes, les infections nosocomiales et la propagation des germes multirésistants, les syndromes métaboliques et les dysfonctions physiologiques. Face à cette problématique sanitaire majeure, les scientifiques et les cliniciens se sentent engagés dans une quête pour surmonter ces difficultés. Pour cela, ils ont opté pour l'administration de molécules alternatives afin de remédier aux dysfonctionnements physiologiques et de neutraliser ces germes pathogènes. Parmi ces molécules on citera les nanoparticules, les protéines bactériennes et les extraits de plantes.

Parmi les disciplines les plus explorées et appliquées après ces recherches scientifiques, on citera la phytothérapie. Cette dernière se base sur l'utilisation des extraits de plantes et , qui a émergé comme une alternative prometteuse. Les plantes possèdent une diversité de composés bioactifs qui ont démontré des propriétés thérapeutiques, antimicrobiennes, anti-inflammatoires et antioxydantes. Le recours à la phytothérapie offre donc la possibilité de pallier les effets indésirables. ( Tungmunnithum *et al.*, 2018)

Les études des activités biologiques des plantes et de leurs composés phénoliques à travers le monde représentent une avancée prometteuse dans la recherche scientifique et médicale. En utilisant les ressources naturelles que nous offre la nature, nous pourrions développer des thérapies alternatives plus respectueuses de l'équilibre environnemental et potentiellement bénéfiques pour notre santé. Les résultats de ces études contribueront à élargir notre compréhension des applications potentielles de la phytothérapie et à promouvoir une approche holistique de la santé, mettant l'accent sur la prévention et le traitement naturel des maladies ( Boukhatem *et al.*,2014)

Les huiles essentielles, quant à elles, sont bien connues pour leurs nombreuses propriétés biologiques, principalement leurs caractéristiques antibactériennes et antioxydantes. La prévention et le traitement de diverses maladies s'intéressent de plus en plus au rôle de ces essences en tant qu'antioxydants naturels. (Lardry et Haberkorn, 2007)

Notre travail a pour objectif la détermination des propriétés biologiques des extraits de quatre plantes recueillies dans la région Nord de l'Algérie à savoir : *Mentha spicata*, *Eucalyptus polybractea*, *Cymbopogon citratus*, *Prunus amygdalus amara*. Pour élaborer nos

investigations nous avons en premier lieu effectué une récolte de la matière végétale suivit d'une extraction puis une évaluation *in vitro* des activités biologiques à savoir : antioxydant, anti-inflammatoire, antidiabétique et antibactérien des extraits de ces plantes. Notre document comprend deux parties. La première partie concerne l'étude bibliographique qui regroupe des généralités des plantes étudiées. La seconde partie est expérimentale, elle consiste en premier lieu la partie qui présente la méthodologie utilisée pour la réalisation de l'évaluation des activités antimicrobiennes, antioxydants, anti-inflammatoire et antidiabétiques, et enfin la présentation des résultats et leurs discussions. Pour en dégager des conclusions et des perspectives. Leurs discussions. Pour en dégager des conclusions et des perspectives.

# **Chapitre I**

## **La phytothérapie**

---

## 1. Généralité sur la phytothérapie

La médecine par les plantes ou la phytothérapie, a une longue histoire et reste une pratique populaire. De nouvelles découvertes sur les composés des plantes et leurs effets thérapeutiques, ainsi que de nouvelles connaissances sur le fonctionnement de l'organisme, ont relancé et revitalisé la phytothérapie traditionnelle (BOUACHERINE *et al.*, 2017).

La phytothérapie est la technique de soin par les plantes aromatiques et médicinales, dérivée des mots grecs "*phyton*" (végétale) et "*therapein*" (soigner) (Chaachouay, 2020). C'est une alternative à la thérapie médicamenteuse chimique. Ses indications sont basées sur l'usage traditionnel des plantes et de leurs nombreuses formes phyto-thérapeutiques. En général, la plupart des médicaments sont obtenus à partir de plantes en extrayant le ou les principe(s) actif(s) du composant utilisé (racine, feuille, écorce, fruit, etc.) (BOUACHERINE *et al.*, 2017).

Il existe de deux types de phytothérapie, chacun ayant sa propre technique de préparation et d'utilisation des plantes. La pratique traditionnelle de la phytothérapie est très ancienne qui se base sur l'utilisation des plantes à l'état frais ou séché. Elle se distingue de la phytothérapie moderne, qui utilise des phytomédicaments dérivés des principes actifs extraits de ces plantes (Chaachouay, 2020). L'herboristerie correspond à la méthode de phytothérapie la plus classique et la plus ancienne, elle consiste à utiliser la plante entière ou l'un de ses composants, frais ou séché. Pour la préparation se fait généralement dans l'eau en utilisant des procédés simples (décoction, macération). Ces formules se retrouvent également sous des formes plus modernes (gélules, poudre) (Wrida, 2022). On distingue aussi l'aromathérapie qui correspond à une méthode de phytothérapie moderne ; c'est l'utilisation d'huiles essentielles extraites de plantes (fleurs, herbes ou arbres) pour traiter diverses maladies (Cooke *et al.*, 2000). L'expression est dérivée du latin "*aroma*" (odeur) et du grec "*therapia*" (traitement).

## 2. Activités biologiques des plantes médicinales

Les plantes médicinales sont utilisées en médecine traditionnelle depuis des siècles pour leurs propriétés médicinales et thérapeutiques (Li *et al.*, 2020). Par ailleurs, de nombreuses plantes produisent diverses substances chimiques appelées métabolites secondaires (Mangalagiri *et al.*, 2021) tels que les huiles essentielles (Chahomchuen *et al.*, 2020) les alcaloïdes, les terpénoïdes et les phénylpropanoïdes qui ne semblent pas avoir de fonction directe dans leur croissance ainsi que leur développement (Mangalagiri *et al.*, 2021). En effet, les extraits des plantes et les huiles essentielles sont connus pour leurs activités biologiques : antibactérienne, anti-inflammatoires, anti oxydante et anti diabétique (Li *et al.*, 2020).

### 2.1. Activité antibactérienne

De nombreuses plantes médicinales contiennent des molécules actives ayant des propriétés antibactériennes (Ginovyan *et al.*, 2017). C'est-à-dire la capacité d'inhiber la croissance des bactéries [24]. Ces molécules actives sont souvent des métabolites secondaires (Ginovyan *et al.*, 2017) tels que phénols et les polyphénols (flavonoïdes, quinones, tanins), les terpénoïdes, les alcaloïdes (Upadhyay *et al.*, 2014).

L'activité antibactérienne des extraits des plantes est médiée par de nombreux mécanismes différents (Ginovyan *et al.*, 2017). Elles agissent en perturbant la membrane cellulaire, en inhibant la synthèse de l'ADN, et en perturbant le métabolisme cellulaire (Nazzaro *et al.*, 2013).

Les huiles essentielles ont une action efficace sur les bactéries à Gram positif et à Gram négatif, bien que ces dernières semblent être moins sensibles en raison de la nature de leur paroi cellulaire. Cette activité est par ailleurs variable d'une huile essentielle à l'autre et d'une souche bactérienne à l'autre. Elles peuvent être bactéricides ou bactériostatiques. Leur activité antibactérienne est principalement fonction de leur composition chimique (Nazzaro *et al.*, 2013).

## 2.2. Activité anti-oxydant

L'oxygène et les radicaux libres (Favier, 2003) .Ces molécules instables présentent un risque important pour les cellules notamment les maladies cardiovasculaires, le cancer et l'apparition précoce du vieillissement (Lobo *et al.*, 2010) . La fonction des antioxydants est de protéger les cellules contre les maladies liées au stress oxydatif, qui survient lorsque l'équilibre est perturbé, soit par un manque d'antioxydants, ou par une surproduction importante de radicaux libres (Favier, 2003) (Mangalagiri *et al.*, 2021). Causés par les radicaux libres (Sarr *et al.*, 2015) et les espèces réactives de l'oxygène (ERO) (Valko *et al.*, 2006). Certains composés antioxydants agissent en piégeant les radicaux libres, Chélation des métaux, détruisant les peroxydes lipidiques et activation des enzymes antioxydantes endogènes (Favier, 2003) parmi les antioxydants naturels les plus connues on cite, les composés phénoliques, acide ascorbique (Vitamine C), alpha tocophérol (Vitamine E).

## 2.3. Activité anti-inflammatoire

L'inflammation est une réponse immunitaire de l'organisme aux attaques physique biologique, chimique ou infectieuse, qui sert de mécanisme de défense (Smahia *et al.*, 2016) Les extraits de plantes ont été utilisés en médecine traditionnelle pour leurs propriétés anti-inflammatoires. Ces extraits contiennent fréquemment divers composés actifs, qui peuvent inclure des polyphénols, des alcaloïdes et des terpénoïdes (Li *et al.*, 2020) Les composés polyphénoliques, en particulier les flavonoïdes qui ont prouvés leurs propriétés anti-inflammatoires (BENKHALED, 2019).

Divers mécanismes d'action ont été proposés pour expliquer l'activité anti-inflammatoire des plantes médicinales, à savoir : Inhibition des enzymes inflammatoires, (Kim *et al.*, 2004) Inhibition des cytokines pro-inflammatoires (Oguntibeju, 2018).

## 2.4. Activité antidiabétique

Le diabète sucré est un grave problème de santé (Chauhan *et al.*, 2010) définie comme maladie chronique (Nagappa *et al.*, 2003) qui résultent soit d'une carence

Héréditaire et/ou acquise dans la production d'insuline par le pancréas, soit de l'inefficacité de l'insuline produite. Cette insuffisance entraîne une augmentation du taux de glucose dans le sang, ce qui finit par endommager de nombreux systèmes de l'organisme, en particulier les nerfs et les vaisseaux sanguins (Nagappa *et al.*, 2003). De nombreuses études ont confirmé les avantages des plantes médicinales ayant des effets hypoglycémiantes dans la gestion du diabète sucré (Chauhan *et al.*, 2010) En fait le mécanisme d'action de l'activité antidiabétique des plantes se situe dans plusieurs voies : augmentation de la sécrétion pancréatique d'insuline par l'augmentation du pancréas ; inhibition de la production de glucose dans le foie et augmentation de l'absorption du glucose dans les tissus musculaires et adipeux ; inhibition de l'absorption du glucose (inhibition des enzymes digestives) (Shanak *et al.*, 2019).

Nombreuses sont les plantes qui sont utilisées dans le domaine de la phytothérapie. Des huiles essentielles et des composés phénoliques sont extraits différents genres de plantes à savoir : *E.polybractea*, *M.spicata*, *C.citratu*s, *P.amygdalus amara*, Ces extraits ont prouvés leurs pouvoir thérapeutique à savoir : l'activité antibactérienne, l'activité antioxydante, l'activité antiinflammatoire,...etc.

- ***Eucalyptus polybractea***

*E.polybractea* est une plante qui est souvent utilisée en phytothérapie pour ses propriétés médicinales. Elle est utilisée contre les infections des voies respiratoires, en effet cette plante très utile pour la bronchite, la pneumonie la grippe, les maux de gorge et les rhumes. *E.polybractea* décongestionne les voies respiratoires supérieures en activant les récepteurs nasaux et en stimulant l'épithélium bronchique, entraînant une action expectorante et mucolytique (Vecchio *et al.*, 2016) Une étude récente a confirmé que l'extrait d'*E.polybractea* peut augmenter les niveaux de céramides dans la couche cornée humaine. Les résultats d'Ishikawa et de ses collaborateurs suggèrent que l'extrait d'*E.polybractea* joue un rôle important dans le métabolisme des céramides et soutiennent l'utilisation de cette plante dans les traitements thérapeutiques de la peau (Ishikawa *et al.*, 2011)

Les espèces d' *E.polybractea* sont connues pour accumuler une abondance de métabolites secondaires dans leurs feuilles, et produisent des huiles essentielles (Chahomchuen *et al.*, 2020).L'activité biologique d'une huile essentielle dépend sur sa composition chimique et les possibles effets synergiques entre les composants (HADDOUCHI *et al.*, 2008) qui présentent diverses activités biologiques telles que des propriétés antivirales, anti-inflammatoires, antioxydantes, antifongiques et antibactériennes ( pauline,2019).

- ***Cymbopogon citratus***

Les utilisations thérapeutiques de *Cymbopogon citratus* sont nombreuses. Des recherches antérieures ont montré que ses feuilles comprennent une variété de composants bioactifs, y compris des minéraux tels que, ainsi que des composés phytochimiques, De plus, ils contiennent des macronutriments tels que, et des concentrations variables d'huiles essentielles. (Ekpenyong *et al.*, 2014) Des données récentes indiquent que les infusions à base de feuilles séchées ou fraîches de *C. citratus* ont été couramment utilisées en médecine traditionnelle comme diurétique pour traiter l'hypertension et les troubles cardiovasculaires associés, ainsi que les troubles des voies urinaires comme la cystite, calculs rénaux et rétention urinaire (el khasmi *et al.*, 2022). De nombreuses études ont conclu que la citronnelle possède des propriétés antibactériennes capables de combattre les isolats bactériens Gram positifs et négatifs. Le champ impressionnant de son efficacité comprend la lutte contre des bactéries dangereuses comme *Clostridium botulinum*, *Escherichia coli*. Le *Cymbopogon citratus* présente une puissante activité anti-inflammatoire *via* l'inhibition des médiateurs inflammatoires. En outre, *C. citratus* contient des composés spécifiques qui ont une activité antioxydante réduisant ainsi le 1,1 diphényl 2 picryl hydrazyl (DPPH). Ils aident également à supprimer le stress oxydatif (Oladeji *et al.*, 2019) L'extrait aqueux des feuilles fraîches du *C. citratus* a montré une activité hypoglycémiant. Cela est expliqué par stimulation de la sécrétion

accrue d'insuline et à une amélioration de la capacité d'utilisation périphérique du glucose dans différentes parties du corps (Oladeji *et al.*, 2019).

- ***Mentha spicata***

Depuis des générations, *M. spicata* est largement utilisé comme remède contre plusieurs affections, telles que le diabète, les problèmes respiratoires et digestifs, les maladies de la peau et les maux de gorge.

La plante médicinale, *M. spicata*, est principalement utilisée pour le traitement des maux de gorge grâce aux parties aériennes de son infusion. D'autre part, les feuilles et les tiges de *M. spicata* sont fréquemment prises en décoction et en infusion pour traiter le diabète, les maux de tête et la fatigue. De plus, les feuilles et les fleurs de *M. spicata* ont été largement utilisées pour traiter de l'asthme, de la bronchite, des douleurs thoraciques, des troubles pulmonaires et des problèmes rénaux par le processus de décoction ou d'infusion. Les feuilles de *M. spicata* sont connues pour être efficaces contre les troubles gastriques lorsqu'elles sont utilisées en décoction, tandis que les tiges sont utilisées contre les affections intestinales. (Menyiy *et al.*, 2022) Des expériences *in vitro* et *in vivo* ont révélé que les extraits et les huiles essentielles de *Mentha spicata* ont une activité biologique exceptionnelle à savoir : des propriétés antibactériennes, antiparasitaires, antidiabétiques, anti-inflammatoires et anticancéreuses. Les extraits de *M. spicata* présentent une activité antibactérienne contre une variété de souches bactériennes. Il a également été prouvé que les extraits de *M. spicata* ciblent une variété de troubles humains complexes tels que les maladies inflammatoires chroniques, le diabète et le cancer. (Menyiy *et al.*, 2022).

- ***Prunus amygdalus amara***

Les fleurs d'amande est une excellente source d'antioxydants, car elles contiennent des niveaux élevés de (vitamine E) et de composés phénoliques spécifiques (Chen *et al.*, 2005) Ces antioxydants fonctionnent en régulant les systèmes antioxydants naturels du corps, en neutralisant les radicaux libres ou les deux. Ce faisant, les tocophérols contenus dans les amandes jouent un rôle crucial dans la protection des lipoprotéines de basse densité (LDL) contre l'oxydation due à la présence de cuivre. Des études ont également montré que les amandes peuvent avoir un effet antidiabétique en améliorant la sensibilité à l'insuline et en régulant

L'absorption du glucose. De plus, les composés phénoliques des amandes possèdent des propriétés anti-inflammatoires (Dounya, 2022).

# **Chapitre II**

## **Les extraits de plantes**

---

## 1. Introduction

Les composés chimiques connus sous le nom de métabolites secondaires sont générés par les plantes médicinales et ces composés ne contribuent pas directement à la croissance, au développement ou aux processus de reproduction des plantes. Alors que les métabolites secondaires se trouvent généralement en plus petites quantités que les métabolites primaires comme les glucides, les protéines et les lipides, ils remplissent une fonction essentielle dans la protection des plantes contre les prédateurs, les maladies et diverses pressions environnementales (Wu *et al.*, 2020).

Les métabolites secondaires présents dans les plantes médicinales englobent un large éventail de composés chimiques, notamment des alcaloïdes, des flavonoïdes, des terpénoïdes, des saponines, des tanins, des phénols (Wu *et al.*, 2020) et des huiles essentielles (Lardry *et al.*, 2007). Chaque catégorie de métabolites secondaires possède des caractéristiques chimiques et biologiques distinctes qui contribuent à leur impact avantageux sur le bien-être humain (Wu *et al.*, 2020).

## 2. Les polyphénols

Les polyphénols sont une classe de composés chimiques largement répandus dans le règne végétal. Ils se caractérisent par la présence de multiples groupements phénoliques dans leur structure. Les polyphénols se trouvent dans une variété de sources végétales, notamment les fruits, les légumes, les céréales, les légumineuses, les herbes, les épices et les boissons comme le thé, le vin et le café (Pérez-Jiménez *et al.*, 2010).

Les polyphénols sont réputés pour leurs propriétés antioxydantes. Ils sont également connus pour leurs effets bénéfiques sur la santé, tels que la prévention des maladies cardiovasculaires, le soutien du système immunitaire, la réduction de l'inflammation, la protection contre certains types de cancer (Pérez-Jiménez *et al.*, 2010).

Différents types de polyphénols existent, tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques... chacun avec ses propres sous-classes et structures chimiques spécifiques. Chaque source végétale peut contenir différents types et concentrations

de polyphénols, ce qui contribue à la diversité de leurs effets sur la santé (Pérez-Jiménez *et al.*, 2010). La quantité et la biodisponibilité des polyphénols dans l'alimentation peuvent varier en fonction des facteurs tels que le mode de préparation des aliments, la maturité des plantes, les conditions de croissance et les méthodes d'extraction utilisées. Des études scientifiques sont menées pour mieux comprendre les mécanismes d'action des polyphénols et leurs effets sur la santé humaine, afin de développer des recommandations alimentaires appropriées et des applications thérapeutiques potentielles (Pérez-Jiménez *et al.*, 2010).

### 3. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles (HE) appelées aussi « essences » sont des composés naturels qu'on retrouve dans les différentes parties de la plante et plus particulièrement dans les feuilles et les fleurs à concentration différentes, issus du métabolisme secondaire végétal. Ces composés sont odorants, volatils, huileux, liquide et hydrophobes, néanmoins la quantité produite est dépendante de l'espèce par exemple les plantes aromatiques en produisent en quantité suffisante par rapport aux autres plantes (Lardry *et al.*, 2007) La synthèse et le stockage des métabolites se font dans les organes appropriés en structure histologique différentes (les cellules, les poches, les canaux et les poils sécrétoires) (HESSAS *et al.*, 2018).

Les huiles essentielles sont très connues pour leurs propriétés thérapeutiques. Ces propriétés thérapeutiques des huiles essentielles dépendent de la variabilité et la concentration des molécules bioactives qui la composent, Ces derniers sont influencés par son environnement à savoir : La nature du sol, l'altitude, les conditions climatiques, l'ensoleillement et les populations végétales avoisinantes, ce qui caractérise et différencie le chémotypes (Lardry *et al.*, 2007).

### 4. Extraction

Pour permettre l'étude de l'activité biologique des huiles essentielles contenues dans des plantes, on doit en premier récupérer ces huiles essentielles de la plante, pour cela on utilise une méthode appelée « Extraction ».

Il existe deux types de cette technique, une classique et l'autre innovante. Le choix de la méthode est lié aux avantages et inconvénients de celle-ci et à la conservation de l'intégrité de la molécule bioactive concernée (Aziz, Z. A *et al.*, 2018)

#### 4.1. La technique innovante

- **Sonication**

La sonication est une méthode innovante d'extraction qui se base sur l'utilisation des ondes sonores par l'intermédiaire d'une sonde ou un bain (Chung, 2017) La fragmentation de l'échantillon biologique par l'intermédiaire des ondes ultrasonores pour créer la cavitation dans la matière végétale qui sont des bulles d'air qui se forment et implosent les fragments par des forces mécaniques (Thanu *et al.*, 2019) Parmi les inconvénients à prendre en compte dans cette technique est la génération de la chaleur qui peut endommager l'échantillon.

#### **4.2. Les techniques classiques**

- **Macération**

La macération consiste à broyer la matière végétale en particules plus petites puis mélanger à un solvant approprié, Ce processus est effectué sous agitation dans un récipient fermé où un solvant approprié est ajouté. Ensuite, le solvant est filtré (Srivastava *et al.*, 2021) Cette technique d'extraction de différents composés bioactifs à partir de la matière végétale, plus simple peu coûteuse mais présente un faible rendement (Srivastava *et al.*, 2021) avec un risque pour la santé à cause de l'utilisation de grande quantité de solvant, entre autres l'extraction par cette technique nécessite la sélection d'un solvant approprié et le résultat de l'extraction est conditionné par quelques paramètres : Polarité du solvant, le temps, température.

- **Entraînement à la vapeur d'eau**

Il s'agit d'une méthode d'extraction classique, couramment utilisée pour extraire les huiles essentielles des plantes (Rayene *et al.*, 2021) Elle consiste à chauffer la matière végétale avec de la vapeur fournie par un générateur de vapeur (chaudière). Sous l'effet de la chaleur, les structures de la plante se dégradent et se décomposent, libérant des composants odorants appelés "huiles essentielles" (Aziz *et al.*, 2018) Dans le refroidisseur, ces composants aromatiques se condensent et se séparent en deux phases : l'huile essentielle et l'eau distillée (Rayene *et al.*, 2021).

# **Chapitre III**

## Description botanique des plantes utilisées

---

## 1. Introduction

Le pourtour méditerranéen est la troisième région la plus riche en termes de biodiversité végétale du monde. L'Algérie compte pour une diversité et richesse de la flore. Parmi ces plantes certaines sont largement utilisées dans des plats culinaires, d'autre pour l'assaisonnement des plats ou des boissons (Menthe, ...etc) et d'autres espèces sont utilisées pour traiter de nombreux infections et dysfonctionnement physiologiques (Eucalyptus,...etc.) Ces plantes sont une source potentielle de molécules naturelles bioactives. Par conséquent, la recherche des principes actifs potentiels de la plante est plus que jamais d'actualité. Par ailleurs les flavonoïdes et les polyphénols font partie des nombreuses molécules présentes dans cette substance végétale qui possèdent des propriétés variées.

## 2. *Mentha spicata*

### 2.1. Description botanique

*M. spicata* est une herbe rampante rhizomateuse, glabre et vivace, de 30 à 100 cm de haut, avec plus ou moins des tiges et un feuillage. Le rhizome souterrain charnu s'étend largement, et les tiges et le feuillage sont plus ou moins lisses ou poilus (Kunwar *et al.*, 2017). Les feuilles ont une forme ovale à lancolée et mesurent de 5 à 9 cm de long et de 1,5 à 3 cm de large. Ils ont une marge dentelée. Les fleurs de menthe verte ont des épis minces de 2,5 à 3 mm de large et de couleur rose ou blanche. La forme de la tige est carrée (Bayani *et al.*, 2017)

### 2.2. Classification botanique

*Mentha spicata* est également connue sous le nom de menthe verte. Cette espèce possède plusieurs synonymes hétérotypiques, tels que *Mentha cordifolia*, *Mentha spicata*. La plante aromatique est un membre de la classe des Magnoliopsida, de la famille des Lamiales, de la sous-famille des Népétoïdées et du genre *Mentha*. Elle est l'un des membres les plus importants de cette famille. 19 espèces et 13 hybrides naturels la composent. Plus de 7 000 espèces et environ 260 genres d'arbres et d'arbustes font partie de la famille des Lamiacées (Liu *et al.*, 2012). La menthe verte est un hybride de *M. longifolia* et de *M. rotundifolia* (Liu *et al.*, 2012). Elle s'adapte parfaitement aux conditions climatiques des régions tropicales et subtropicales. La culture de cette espèce est courante dans Europe, en Amérique du Nord, en Asie et en Amérique du Sud (Kassahun *et al.*, 2014).

### 3. *Eucalyptus polybractea*

#### 3.1. Description botanique

L'*Eucalyptus polybractea* est un arbre pérenne à racines profondes, à l'écorce lisse et fibreuse. Ses feuilles sont disjointes et linéaires avec des extrémités lancéolées, mesurant 4 à 17 cm de long et 0,5 à 1,2 pouces de large. Les feuilles juvéniles sont glauques, tandis que les feuilles adultes sont gris-vert. Les feuilles peuvent contenir entre 1,2 et 2,5% d'huile volatile (Kainer *et al.*, 2017).

#### 3.2. Classification botanique

Il existe environ 900 espèces d'*Eucalyptus* qui fait partie de l'ordre des Myrtales et de la famille des Myrtacées. Par ailleurs depuis son origine en Australie, le genre *Eucalyptus* s'est répandu dans le monde entier en raison de son adaptabilité, de sa facilité de culture, de sa résistance à diverses conditions environnementales et de sa croissance rapide (Brooker, 2002). Ces plantes se localisent principalement dans les régions tropicales.

### 4. *Cymbopogon citratus*

#### 4.1. Description botanique

Le *Cymbopogon citratus* est une herbe vivace dont les feuilles sont fines, longues et semblables à des aiguilles. Les feuilles en forme de bande ont des extrémités lâches, sont d'un vert bleuâtre brillant et mesurent de 1,3 à 2,5 cm de large. Elles ont un goût d'agrumes lorsqu'elles sont écrasées, en raison de la présence de citral et de grandes quantités de néral et d'aldéhyde géraniol (Boukhatem *et al.*, 2014). Le limbe présente une nervation parallèle, mesure de 18 à 36 cm et présente des caractéristiques automnales attrayantes. Les cultivars ne produisent pas de fleurs ni de panicules. L'inflorescence, qui n'est que partiellement inflorescente, est composée d'environ 30 à 60 cm de racèmes appariés en épillets. La plante forme des touffes fructueuses et peut atteindre une hauteur de 1,8 mètre et une largeur de 1,2 mètre. La feuille sèche contient entre 1 et 2 % d'huile essentielle (Oladeji *et al.*, 2019) les composants chimiques bioactifs variant en fonction de l'habitat, de la génétique et des pratiques agricoles.

#### 4.2. Classification botanique

L'herbe tropicale vivace *Cymbopogon citratus*, également connue sous le nom de citronnelle, est l'une des principales plantes médicinales et aromatiques cultivées en Algérie. Elle appartient à la famille des Poacées. Il est également cultivé principalement pour son huile essentielle dans les régions tropicales et subtropicales d'Asie, d'Amérique du Sud et d'Afrique (Akhila, 2009).

## 5. *Prunus amygdalus amara*

### 5.1. Description botanique

Les amandiers sont des arbres à feuilles caduques de taille petite à moyenne qui atteignent une hauteur adulte de 4 à 10 mètres (9). Lorsque l'amandier arrive à maturité, il porte des fleurs, qui peuvent être simples ou groupées par deux, dont la couleur varie du blanc au rose. Ces fleurs ont cinq pétales et un diamètre de 3 à 5 cm. Il existe deux variétés principales d'amandes, l'amande amère (*Prunus amygdalus amara*) et l'amande douce (*Prunus amygdalus dulcis*), utilisées principalement à des fins culinaires et pour la fabrication d'huiles et d'arômes respectivement (Hussain *et al*,2021).

### 5.2. Classification botanique

Les amandes ne sont pas considérées comme des fruits à coque, mais d'un point de vue botanique, ce sont des drupes de la famille des Rosaceae et du sous-genre amygdalus.

- La température idéale pour le bourgeonnement et la floraison de l'amandier est de 24°C, car il pousse bien dans les régions subtropicales. Toutefois, un sol dont le pH est de 6,5 est considéré comme idéal pour la culture de l'amandier.(Tonellietall,2013).

# Chapitre IV : Matériel et méthodes

---

Dans notre travail expérimental sur l'évaluation *in vitro* des activités biologiques des extraits de diverses plantes recueillies en Algérie, nous avons sélectionné du laboratoire de l'université de Béjaïa onze souches pathogènes entre Gram positif et Gram négatif. Les plantes à savoir *E.polybractea*, *M.spicata* et *C.citratus* ont été récoltées et identifiées par les experts de l'entreprise Algérienne Bio-source située à Chiffa wilaya de Blida. Et les huiles essentielles sont extraites et récupérées également auprès de l'entreprise Algérienne Bio-source. Nos investigations ont été élaborées au sein du laboratoire de microbiologie, de la faculté de science de la nature et de la vie et la science de la Terre à l'université d'Akli Mohend Oulhadj Bouira et le Laboratoire de Biochimie Appliquée de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université Abderrahmane Mira de Béjaïa. Et les analyses de l'HPLC ont été effectuées au niveau du laboratoire de la Faculté de la Technologie de l'université Abderrahmane Mira de Béjaïa.

## 6. Matériel biologique

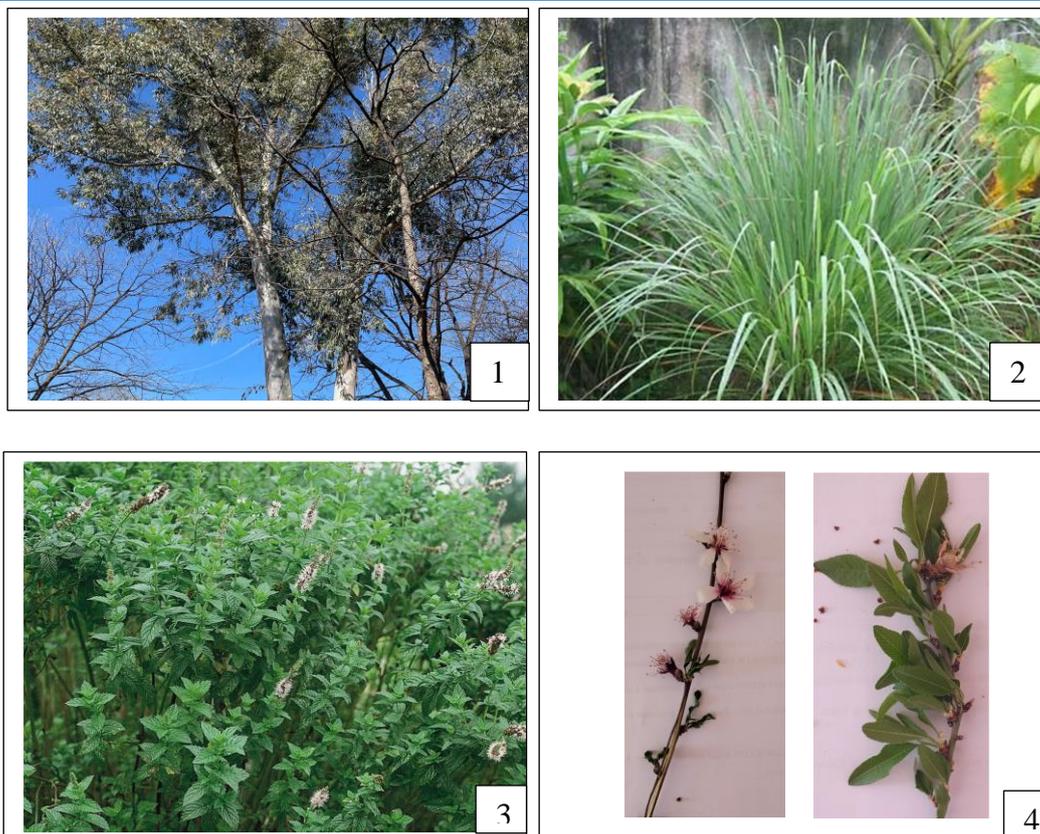
### 6.1. Matière végétale

#### 6.1.1. Recueil des plantes à utiliser

Les échantillons de la partie aérienne d'*E.polybractea*, *M.spicata* et de *C.citratus* ont été récoltés de l'entreprise « Bio-source », et pour les fleurs l'espèce de *P. amygdalus amara* a été récoltée d'un site forestier. Dont les données et les informations sont résumées dans le tableau ci-dessous (Tableau n°I).

**Tableau n°I:** récapitulatif des données des plantes étudiées.

	Localisation	GPS	Période de récolte	La partie de la plante
<i>E.polybractea</i>	Blida, Chiffa	(36.4624901, 2.7410554)	Printemps 2023	Feuille
<i>M.spicata</i>	El-Bayadh	(33.6854149, 1.0303543)	Printemps 2023	Feuille et tige
<i>C.citratus</i>	Blida, Chiffa	(36.5052688, 4.7623453)	Printemps 2023	Feuille
<i>P.amygdalus amara</i>	Béni Maouche, Bejaïa	(36.4624901, 2.7410554)	Printemps 2023	Fleur



**Figure n°16** représente les plantes récoltes : 1) *E.polybractea*, 2) *M.spicata*, 3) *C.citratus*, 4) *P. amygdalus amara*

### 6.1.2. Extraction et récupération des huiles essentielles utilisées

Quatre huiles essentielles ont été utilisé pour notre étude extrait et fournit par « Bio-source» durant l'année 2023. Ces huiles sont extraites à partir des espèces suivantes : *E.polybractea*, *M.spicata* et *C.citratus* dont leurs informations sont résumées dans le (tableau n°II).

**Tableau n°II:** origine et volume des huiles essentielles des trois plantes.

	Origine de l'huile essentielle	Volume
<i>E.polybractea</i>	Feuilles	10 ml
<i>M.spicata</i>	Tige et Feuilles	10 ml
<i>C.citratus</i>	Feuilles	10 ml

### 6.1.3. Souches bactériennes

Les souches pathogènes Gram négatif mentionnée dans le (tableau n°III) ont été utilisées pour tester l'activité antibactérienne des extraits des plantes et des huiles essentielles. Le choix de ces bactéries est basé sur leurs impacts sur la santé publique et leur profil de pathogénicité et de résistance aux antibiotiques.

**Tableau n°III:** les types des bactéries utilisées.

Souches bactériennes	Type de bactérie
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	Gram négatif
<i>Acinetobacter baumannii</i> ATCC 610	Gram négatif
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	Gram négatif
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	Gram positif

## 7. Méthodes

### 7.1. Préparation de la matière végétale

#### 7.1.1. Plantes

Immédiatement après la récolte, tous les échantillons ont été débarrassés de tous éléments étrangers. Ensuite on a procédé à la préparation de la matière végétale pour une éventuelle extraction des extraits. En premier lieu, nous avons entamé le séchage de la matière végétale. Les deux plantes *E.polybractea* et *C.citratus* ont été séchées dans un four ventilé au niveau de l'entreprise (Bio-Source), et la plante *M.spicata* et *P. amygdalus amara* ont été séchés à une température ambiante et à l'abri de la lumière jusqu'à stabilisation de leurs poids secs.

Une fois que les plantes séchées, on a procédé au broyage mécanique. A l'aide d'un moulin électrique on a obtenu une poudre fine. Par la suite on a effectué un tamisage à l'aide d'un tamiseur automatique pour obtenir une poudre homogène de l'ordre de [200mic-500mic].



Figure n°17 : les étapes de la préparation de la matière végétale.

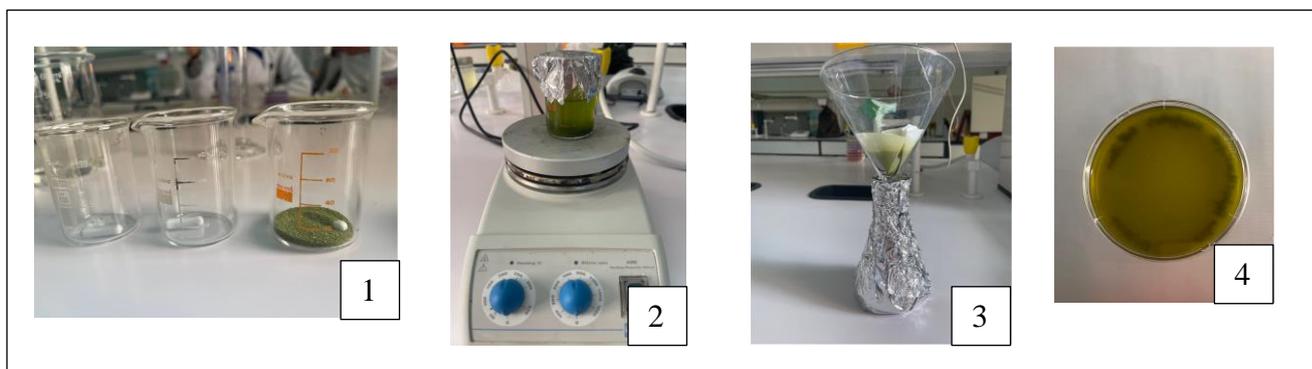
## 7.2. Extraction des principes actifs

### 7.2.1. Les composants polyphénoliques

La plante est engorgée de composants actifs à savoir : des composants phénoliques et des huiles essentielles. L'obtention de ces composants piégés à l'intérieur de la cellule végétal recommande une extraction toute en utilisant des solvants. De nos jours, nombreuses sont les méthodes référencées et utilisées. Dans notre étude nous avons opté à l'utilisation de deux méthodes macération (méthode classique) et la méthode de sonication (méthode moderne), en utilisant l'eau et l'éthanol comme solvant.

- **Extraction par macération**

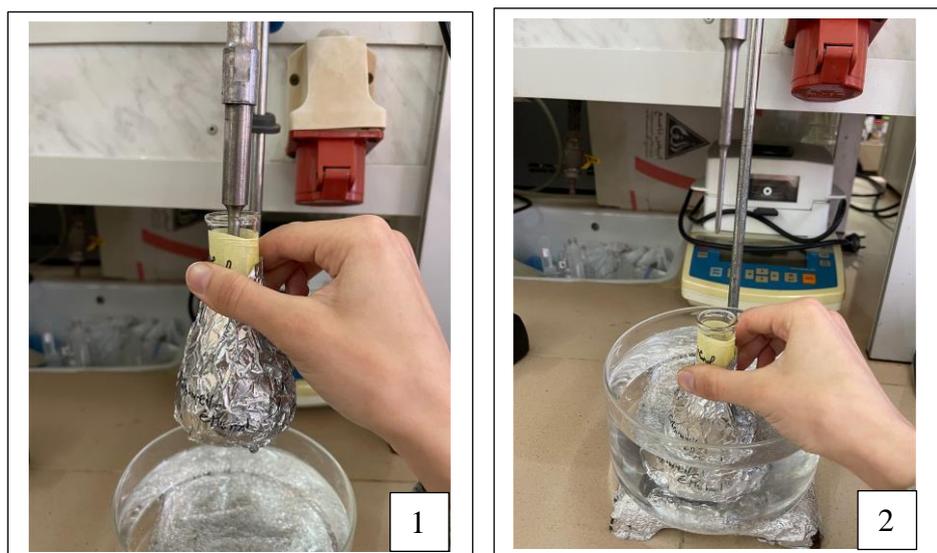
L'extraction est élaborée suivant le protocole présenté par (Hasni ,2021) avec quelques modifications. En premier lieu, on a mélangé 2,5g de matériel végétal moulu (*E.polybractea*, *M.spicata* et *C.citratus*) avec 50ml du mélange eau / éthanol (50/50, v/v) 50%. D'autre part 1g de poudre des fleurs d'amande des deux variétés est mélangé dans un bécher contenant 20ml du mélange eau / éthanol (50/50, v/v) 50%. Par la suite sous agitation à température 75°C nous avons procédé à l'extraction des polyphénols totaux par la méthode de macération pendant 90 minutes. L'extrait obtenu a été recueilli et filtré avec du papier filtre Whatman n°1, par la suite le filtrat est mis à l'évaporation à 40°C jusqu'à stabilisation du poids (Hasni, S et *al.*, 2021).



**Figure n°18** : Macération de la matière végétale.

- **Extraction par sonication**

La seconde extraction a été faite selon la méthode décrite par (Rodriguez Perez, 2015) modifié. En premier lieu, 2,5g de la poudre (*E.polybractea*, *M.spicata* et *C.citratu*s) ont été additionnée à 100ml du mélange éthanol/ eau à raison (50/50, v/v) 50% et d'autre part, 2,39g pour la 1ere variété de fleur d'amande et de 0,36g pour la 2eme variété de fleur d'amande, on les versant dans deux béchers avec l'éthanol de 50% à raison de 95,6ml pour la 1ere variété et 14,4ml pour la 2eme variété. Une fois homogénéisé, on procède à l'extraction des polyphénols totaux à l'aide d'un sonicateur (CV 188) à 130 watt, 20khz et 80% d'amplitude à température ambiante. Au bout de 20 min à raison de 20 cycles, on a procédé à la centrifugation pour éliminer la poudre végétale et récupéré notre extrait. Ainsi les échantillons ont été centrifugés à 5000 rpm pendant 15 minutes. Par la suite le surnageant est évaporé à 40C° jusqu'à stabilisation du poids. Puis les extraits séchés sont conservés à 20°C jusqu'à leurs emplois ultérieurs (Rodriguez Perez *et al.*, 2015).



**Figure n°19** : sonication de la matière végétale.

## 8. Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles

La compréhension des propriétés et des applications potentielles des huiles essentielles repose fortement sur l'étude de leurs caractéristiques physico-chimiques. Ces huiles, issues de plantes aromatiques, possèdent une composition complexe et variée qui confère à chaque huile des propriétés uniques. Le pH, l'indice de réfraction, le Brix, l'indice d'acide font partie des caractéristiques clés qui méritent d'être prises en compte. En analysant ces paramètres physico-chimiques, les chercheurs obtiennent des informations précieuses sur la composition, la stabilité, la qualité et les interactions des huiles essentielles. Cette connaissance ouvre la voie à leur utilisation dans divers domaines tels que la médecine, la cosmétique, l'industrie alimentaire et la parfumerie.

### 8.1. Détermination du potentiel d'hydrogène

Le potentiel d'hydrogène (pH) des est mesuré à l'aide d'un pH mètre. Dans un bécher contenant une quantité d'huile essentielle, nous avons introduit la sonde du pH mètre et la valeur du pH est enregistré. Les mesures sont répétées trois fois.



Figure n°20 : détermination du ph des huiles essentielles.

### 8.2. L'indice d'acidité

Dans un bécher on a dissous 0.25g d'huile essentielle dans un volume de 1.25 ml d'éthanol puis on a ajouté trois gouttes de phénolphtaléine. Par la suite le mélange réactionnel est titré à l'aide d'un agent neutralisant (Na OH). Par la suite nous avons calculé l'indice d'acidité suivant la formule présentée ci-dessous par ISO 660 (2009).

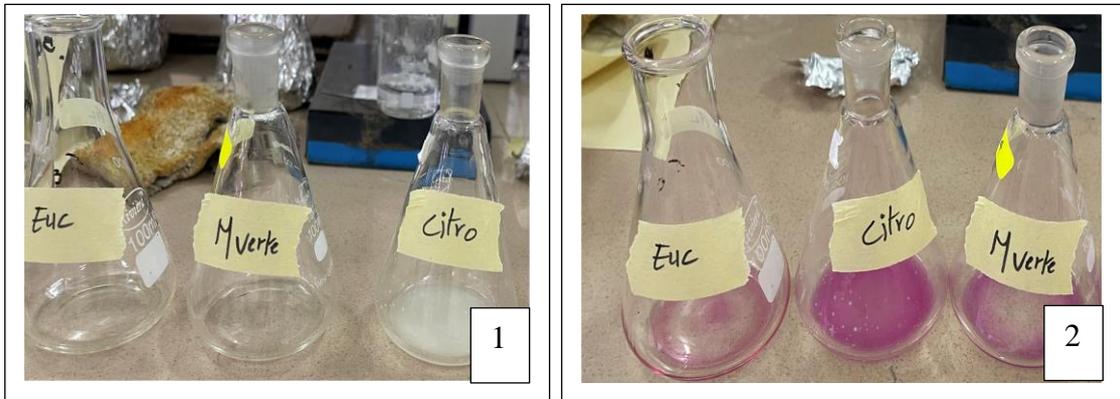
$$I'a = \frac{M \times V \times N}{P}$$

**M** : masse molaire d'acide oléique=282g/mol

**N** : normalité de Na OH a 0.1N

**V** : volume de Na OH nécessaire au titrage

**P** : poids de la prise d'essai



**Figure n°21** : mesure de l'indice d'acidité des huiles essentielles.

### 4.3. L'indice de réfraction

La mesure de l'indice de réfraction a été réalisée à l'aide d'un réfractomètre.



**Figure n°22**: mesure de l'indice de réfraction des huiles essentielles.

### 8.3. La densité

A l'aide d'une balance électronique, On a pesé un pycnomètre propre, sec et vide. Ensuite on a pesé le pycnomètre remplie d'eau par la fin on a pris le poids du pycnomètre remplie d'huile essentielle (Harkat-Madouri, L *et al.*, 2015).

La densité est donnée par la formule suivante : 
$$d = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}$$

$m_0$  : masse du pycnomètre vide.

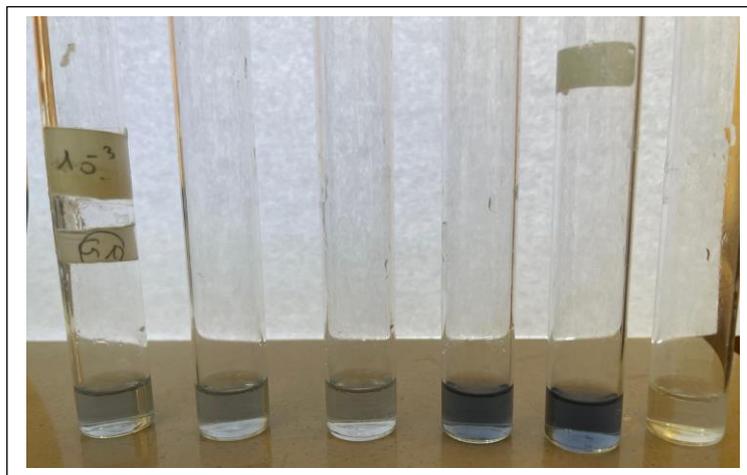
m1 : masse du pycnomètre et de l'eau.

m2 : masse du pycnomètre et d'huile essentielle.

## 9. Dosage des différents composants phénoliques

### 9.1. Détermination de la teneur en polyphénol totaux

Le dosage des polyphénols totaux a été élaboré suivant la méthode de Folin-Ciocalteu (FC). Cette dernière est un test colorimétrique généralement utilisé pour mesurer la réduction du réactif de Folin-Ciocalteu par les composés phénoliques (Sharma *et al.*, 2020). Ce test a été réalisé pour chaque extrait (*E.polybractea*, *M.spicata* et *C.citratus* et *P. amygdalus amara*). Un volume de 0.1 ml d'extrait est mélangé avec 0.1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué à 50%. Après à température ambiante, 2ml de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) à 2% (m/v) ont été ajoutés. Après trente minutes d'incubation à température ambiante et dans l'obscurité on procède à la mesure de l'absorbance à 750nm. La concentration des polyphénols totaux est calculée à partir de l'équation de régression du microgramme d'étalonnage établie avec l'acide gallique et elle est exprimée en mg d'équivalent d'acide gallique/g de la poudre (mg EAG/g de poudre). Les concentrations d'acide gallique utilisées varient de 5 à 150 mg/ml (Boizot et Charpentier, 2006).



**Figure n°23:** représente le dosage des polyphénols des cinq plantes.

### 9.2. Flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes est réalisé suivant le protocole présenté par (Djeridane,2006) et ses collaborateurs. Un volume de 0.1ml d'extrait est mélangé avec 0.3ml de sodium nitrite à 5% (m/v). Après incubation pendant 5 minutes à température ambiante, 0.3ml d'aluminium chloride à 10% est ajouté au mélange réactionnel. Au bout de 6 minutes d'incubation à température ambiante 2ml de sodium hydroxide à 5% est ajouté au mélange. Puis le volume réactionnel est complété avec 4ml d'eau distillé. Enfin on a effectué une mesure de l'absorbance à 510nm. (Djeridane *et al.*, 2006).



**Figure n°24:** représente le dosage des flavonoïdes des cinq plantes.

## 10. Criblage des activités biologiques

### 10.1. Déterminations de l'activité antibactérienne des extraits de plantes

Dans le but d'évaluer l'activité antibactérienne des extraits de plantes obtenus par macération et sonication (aqueuse/éthanolique) ainsi que les huiles essentielles ; nous avons choisie quatre souches bactériennes à savoir : *E. coli*, *A. baumannii*, *P. aeruginosa* et *E. faecalis*. Ces souches sont définies pour leurs profils de résistances aux antibiotiques et leurs pouvoirs de pathogénicité. Avant d'entamer l'évaluation *in vitro* de l'activité antibactérienne nous avons en premier lieu préparé les extraits de plantes et les huiles essentielles par la suite nous avons préparé la suspension bactérienne.

#### 10.1.1. Préparation des extraits de plantes

- Préparation des huiles essentielles

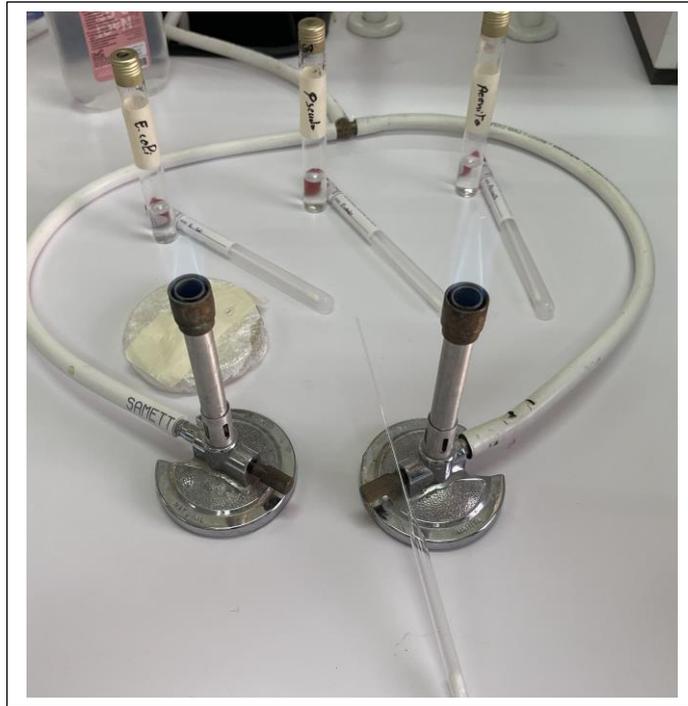
Avant de procéder dans l'élaboration des essais antibactériens des huiles essentielles (*E. polybractea*, *M. spicata*, et *C. citratus*) nous avons préparé des dilutions à raison (25/75, v/v). Un volume de 25 $\mu$ l d'huile essentielle est mélangé avec 75 $\mu$ l de DMSO.

- Préparation des extraits phénoliques

Les extraits phénoliques préalablement obtenus après macération et sonication de poudres végétales dans deux solvants aqueux et éthanoliques, ont fait l'objet d'une évaluation de leurs activités antibactériennes. Un gramme de chaque poudre d'extrait d'*E. polybractea*, *M. spicata* et *C. citratus* est dilué dans un volume de 1 ml de solvant d'extraction. Et aussi la préparation des extraits obtenus des fleurs des deux variétés de *P. amygdalus amara* à savoir variété 01 et variété 02 .

- Préparation de la suspension bactérienne

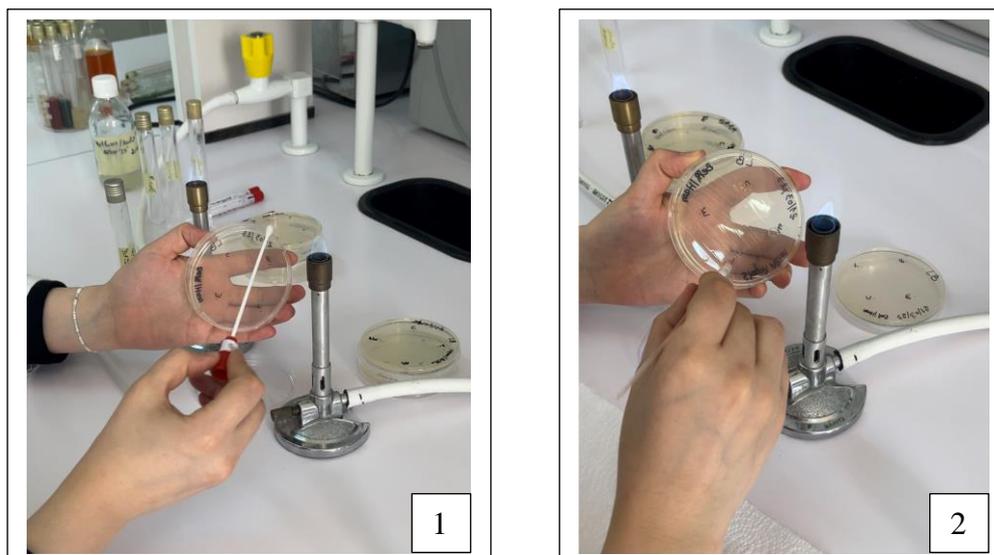
Dans une boîte de Pétri contenant de la gélose Luria Bertani, les souches bactériennes sont ensemencées puis incubées à 37C°. Après 24 heures d'incubation, nous avons préparé les suspensions bactériennes à raison de 10<sup>8</sup> cellules/ml.



**Figure n°25:** représente l'étape de la préparation de la suspension bactérienne.

### 10.1.2. La diffusion sur milieu solide (méthode des puits)

La méthode de diffusion à travers des puits est très recommandée pour l'évaluation *in vitro* de l'activité antimicrobienne chez les végétaux ou les extraits microbiens ou même les particules chimiques. Cette méthode se base sur l'ensemencement de la souche cible sur un milieu de culture approprié par des stries serrées en surface. Sur les boîtes de Petrie. La gélose Luria Bertani est coulée avec une épaisseur de 4mm pour chaque boîte, puis elles sont ensemencées avec la suspension bactérienne cibles préalablement préparées. A l'aide d'une pipette pasteur stérile, des puits sont creusés dans les emplacements marqués. Puis remplis avec 50µl de chaque extrait déjà préparé. Par la suite les boîtes sont mises à 4°C pendant 2h pour garantir la diffusion de l'extrait. L'activité antimicrobienne est déterminée par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition produite autour des puits après 24heures d'incubation à la température adéquate (Mounyr Balouiri *et al.*, 2016).



**Figure n°26:** représente la méthode de diffusion sur milieu solide, 1) ensemencement ; 2) application des puits.

## 10.2. La détermination de l'activité anti-oxydant des extraits de plantes

### 10.2.1. Le test de DPPH (radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil)

Dans le but d'évaluer l'activité antioxydante des extraits phénoliques et des huiles essentielles des plantes étudiées à savoir *E. polybractea*, *M. spicata* et *C. citratus*, nous avons opté pour le protocole de Chaabi, M. Un volume de 0.5ml d'extrait de plante est additionné à 1ml de DPPH. D'autre part, après optimisation du protocole précédent, nous avons réussi à évaluer l'activité antioxydante des huiles essentielles. Un volume de 0.1ml est additionné à un mélange réactionnel contenant 0.9ml d'éthanol et 1ml de DPPH. Le blanc est représenté par l'éthanol de 50% et le contrôle est le DPPH. Après 15 minutes d'incubation à l'obscurité et à température ambiante, nous avons mesuré l'absorbance à 517nm (Chaabi, M., 2008). Le pourcentage de l'activité anti-oxydant est calculé selon l'équation suivante :

$$(\%) = \left[ \frac{Ac - At}{Ac} \right] \times 100$$

**Ac:** Absorbance du contrôle. **At:** Absorbance d'extrait ou standard.



**Figure n°27:** représente le test de DPPH.

### 10.3. L'évaluation de l'activité anti-inflammatoire des extraits de plantes

Après avoir préparé la solution de la BSA à 0.2% et ajuster son pH à 6.3, on a procédé directement à l'évaluation de l'activité anti-inflammatoire de nos extraits. Pour un volume de 0.45mL de la BSA on a additionné 0.05mL d'extrait puis incubé dans un bain marie de 37°C pendant 15minutes. Au terme de l'incubation, on a prolongé l'incubation pendant 5 minutes mais à une température de 71°C. Au bout de l'incubation la réaction est arrêtée par un ajout de 1.5mL de tampon à pH 6.9. Un blanc contenant l'éthanol de 50% au lieu de l'extrait, ensuite nous avons passé à la mesure de l'absorbance à 660nm (Williams,L.A.D *et al.*,2008). Le pourcentage de l'activité anti-inflammatoire est calculé selon l'équation suivante :

$$(\%) = \left[ \frac{Ac - At}{Ac} \right] \times 100$$

**Ac:** Absorbance du contrôle. **At:** Absorbance d'extrait ou standard.



**Figure n°28:** représente l'évaluation de l'activité anti- inflammatoire.

#### 10.4. L'évaluation de l'activité antidiabétique des extraits de plantes.

La détermination de l'activité antidiabétique des extraits aqueux et éthanoliques des plantes obtenus par macération et sonication est réalisée suivant le protocole présenté par (Armando Pelaez Armando Peláez-Acero, 2022) et ses collaborateurs. Pour cela, une série de dilution de la solution mère des extraits est préparée (Tableau n°IV)

**Tableau n°IV:** les dilutions préparées de la solution mère.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
<b>Les concentrations mg/ml</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>25</b>	<b>12.5</b>	<b>6.25</b>	<b>3.125</b>	<b>1.563</b>

Un volume de 0,1mL d'extrait a été mélangé avec 0,1ml de tampon phosphate de sodium qui (pH=6,9). Par la suite un volume de 0,1ml de l'enzyme  $\alpha$ -amylase est rajouté au volume réactionnel. Après une prés-incubation à 37°C pendant 10min, un volume de 0,1ml d'amidon est rajouté puis le mélange est incubé dans le bain marie de 37°C pendant 60minutes. Ensuite on a ajouté 1mL de DNS et le mélange réactionnel est incubé dans un bain marie à 90°C pendant 5minutes. La réaction est arrêtée par un choc thermique (Armando Pelaez Armando Peláez-Acero *et al.*, 2022).



**Figure n°29:** représente l'évaluation de l'activité antidiabétique.

### 11. Traitement statistique des résultats obtenus

L'analyse statistique a été faite à partir de l'analyse de variance ANOVA à un facteur, pour les comparaisons multiples des valeurs moyennes. Les valeurs de probabilité  $P < 0,05$  ont été considérées statistiquement significatives.

# Chapitre V : Résultats et discussions

---

## I. Les huiles essentielles

### 1. Analyse physicochimique des huiles essentielles

Une étude approfondie des propriétés physico-chimiques des huiles essentielles dérivées d'*E. polybractea*, *C. citratus* et *M. spicata* a été entreprise, mettant en évidence des résultats significatifs. Pour mieux contextualiser ces résultats, il est important de les comparer avec des études similaires disponibles dans la littérature scientifique.

La qualité des huiles essentielles est contrôlée par la vérification des propriétés physicochimiques telles que le pH, Indice d'acidité etc. Ces analyses sont reportées dans le (tableau n°V)

Tableau n°V: résultats des propriétés physico-chimiques des huiles essentielles.

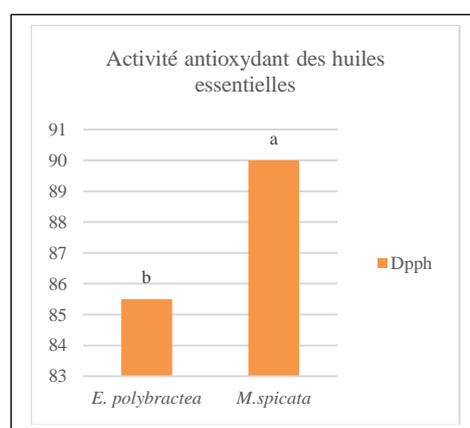
	<i>E. polybractea</i>	<i>M. spicata</i>	<i>C. citratus</i>
<b>pH</b>	3.06	3.66	3.36
<b>L'indice d'acidité</b>	22,56	33,84	7,89
<b>L'indice de réfraction</b>	1.4935	1.4855	1.4880
<b>Brix%</b>	81	78	78.7
<b>La densité</b>	16.211	15.589	15.978

Une analyse a été menée sur les propriétés physico-chimiques des huiles essentielles dérivées d'*E. polybractea*, de *C. citratus* et de *M. spicata*. Les résultats montrent que l'*E. polybractea* a une valeur de **pH** de (3,06), tandis que la *C. citratus* a une valeur de pH de (3,36) et la *M. spicata* a une valeur de pH de (3,66). En termes **d'acidité**, l'*E. polybractea* affiche la valeur la plus élevée à (22,56), suivi de la *C. citratus* à (7,89) et de la *M. spicata* avec l'indice d'acidité le plus élevé à (33,84). De plus, l'*E. polybractea* a un **indice de réfraction** de (1,4935), tandis que la *C. citratus* a un indice de réfraction de (1,4880) et la *M. spicata* a un indice de réfraction de 1,4855. Les valeurs **Brix** pour l'*E. polybractea*, la *C. citratus* et la *M. spicata* sont respectivement de (81, 78,7 et 78.) Enfin, l'*E. polybractea* a une **densité** de (16,211), la *C. citratus* a une densité de 15,978 et la *M. spicata* a la densité la plus faible parmi les trois avec une valeur de (15,589).

Les résultats obtenus reflètent également l'influence des conditions environnementales et des méthodes de culture sur la composition physico-chimique des huiles essentielles. Comme mentionné par Horablaga *et al.* (2023), des facteurs tels que le sol, le climat et les pratiques de culture peuvent contribuer à la variabilité des caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles.

## 2. Activité antioxydante

Dans le cadre de notre étude, nous avons évalué l'activité antioxydante des huiles essentielles de *M. spicata*, *E. polybractea* et *C. citratus* en utilisant le test de l'inhibition des radicaux libres de DPPH. Les résultats ont révélé des différences significatives dans l'activité antioxydante des huiles essentielles testées.



**Figure n°15:** activité inhibitrice du radical DPPH de l'huile essentielle d'*E. polybractea* et *M. spicata*.

En se concentrant sur les résultats obtenus, il est intéressant de constater que *M. spicata* a présenté l'activité antioxydante la plus importante avec un pourcentage d'inhibition étonnant de (89,44%). Cette observation est cohérente avec les travaux antérieurs menés par (Bardaweel *et al.*, 2018), qui ont également signalé une forte activité antioxydante de l'huile essentielle de *M. spicata*. Ces résultats suggèrent que les composés présents dans cette plante peuvent jouer un rôle important dans la neutralisation des radicaux libres et la protection contre les dommages oxydatifs.

D'autre part, l'*E. polybractea* a également démontré une activité antioxydante notable avec un pourcentage d'inhibition de (85,5%). Bien que légèrement inférieur à celui de *M. spicata*, ce résultat est en accord avec l'étude menée par (Limam *et al.*, 2020), qui a également mis en évidence les propriétés antioxydantes de l'huile essentielle d'*E. polybractea*. Ces résultats

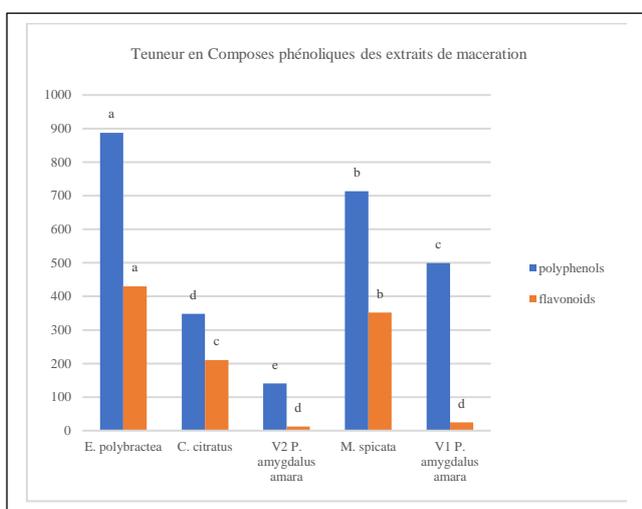
suggèrent que les composés phénoliques et les flavonoïdes présents dans cette plante peuvent contribuer à son activité antioxydante.

Cependant, il convient de noter que le pourcentage d'activité antioxydante de *C. citratus* n'a pas pu être déterminé dans le cadre de notre étude. Il serait donc intéressant de consulter les travaux de recherche menés par d'autres scientifiques (Cortes-Torres *et al.*, 2023) qui ont évalué l'activité antioxydante de l'huile essentielle de *C. citratus*. Cela permettrait de comparer nos résultats avec ceux obtenus précédemment et d'obtenir une vision plus complète de l'activité antioxydante de cette plante.

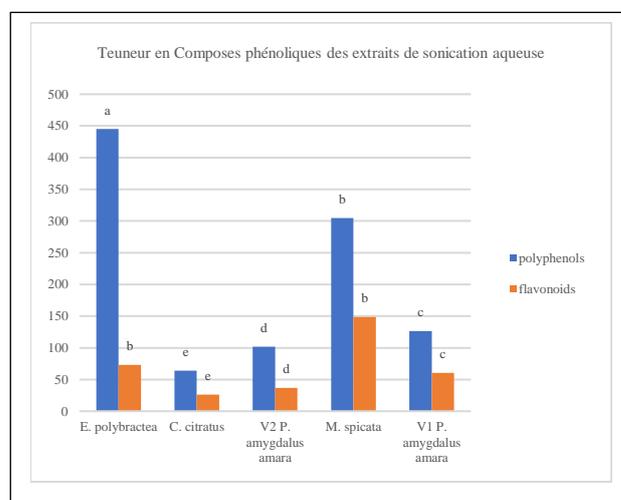
## II. Les extraits des plantes

### 1. Teeneur en Composés phénoliques ( Polyphenols, flavonoids)

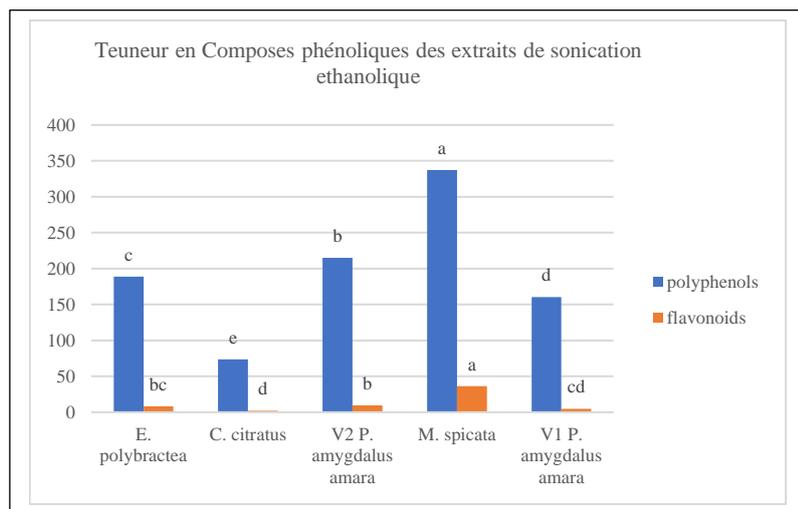
L'évaluation des teneurs en polyphénols et flavonoïdes des extraits de macération, sonication aqueuse et sonication éthanolique des cinq plantes (*Mentha spicata*, *Eucalyptus polybractea*, *Cymbopogon citratus*, *Prunus amygdalus amara* Variété 1 et Variété 2) a révélé des résultats significatifs.



**Figure n°16:** Teneur en Composés phénoliques des extraits de macération



**Figure n°17:** Teneur en Composés phénoliques des extraits de sonication aqueuse



**Figure n°18:** Teneur en Composés phénoliques des extraits de sonication éthanolique

Dans les extraits de macération, *Eucalyptus polybractea* a présenté les valeurs les plus élevées en polyphénols et flavonoïdes (887,36 mg EAG/g, 429,72 mg EQ/g, respectivement), tandis que *Prunus amygdalus amara* Variété 2 a affiché les valeurs les plus faibles (141,11 mg EAG/g, 11,99 mg EQ/g), respectivement.

Concernant les extraits de sonication aqueuse, *Eucalyptus polybractea* a affiché le rendement le plus élevé en polyphénols (444,97 mg EAG/g), tandis que *Cymbopogon citratus* a présenté le rendement le plus faible (64,19 mg EAG/g). Pour les flavonoïdes, *Mentha spicata* a enregistré la valeur la plus élevée (148,82 mg EAG/g), tandis que *Cymbopogon citratus* a montré la valeur la plus faible (26,44 mg EQ/g).

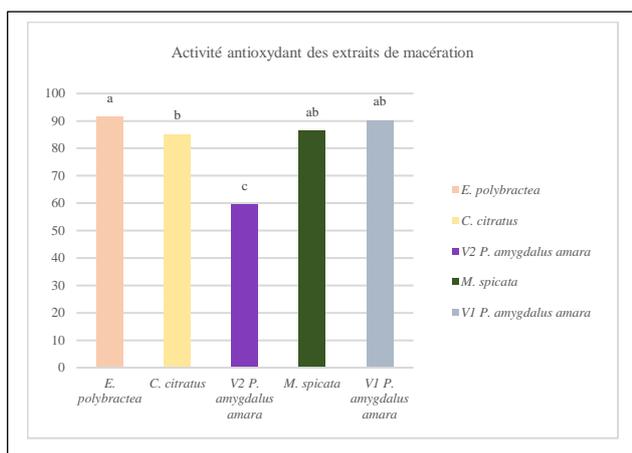
Dans le cas de l'extraction par sonication éthanolique, *Mentha spicata* a présenté le rendement le plus élevé en polyphénols et flavonoïdes (337,48 mg EAG/g, 36,36 mg EQ/g) respectivement, tandis que *Cymbopogon citratus* a montré les valeurs les plus basses (73,62 mg EAG/g, 1,97 mg EQ/g) respectivement.

Ces résultats indiquent des variations significatives entre les plantes et les méthodes d'extraction utilisées. *Eucalyptus polybractea* s'est avéré être une source riche en polyphénols, tandis que *Mentha spicata* a présenté des concentrations élevées de flavonoïdes. En revanche, *Prunus amygdalus amara* Variété 2 et *Cymbopogon citratus* ont montré des teneurs plus faibles en polyphénols et flavonoïdes.

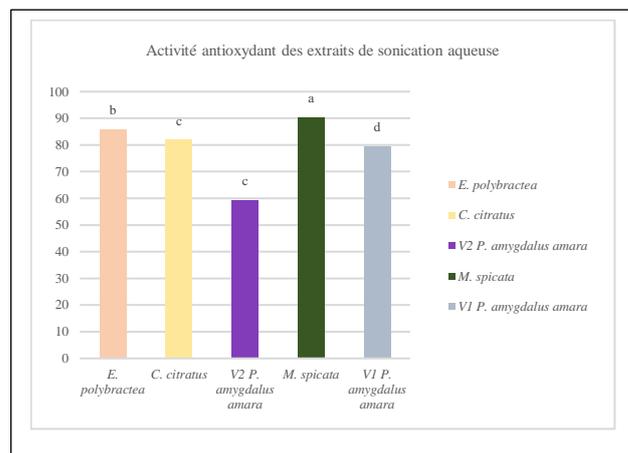
En conclusion, nos résultats s'accordent avec ces études scientifiques de (Limam *et al.*,2020) en ce qui concerne les différences significatives observées dans les teneurs en polyphénols et flavonoïdes des extraits de plantes étudiées et des méthodes d'extraction utilisées. Ces résultats soulignent l'importance de choisir soigneusement la plante et la méthode d'extraction appropriées pour obtenir des rendements optimaux en polyphénols et flavonoïdes.

## 2. Activité antioxydant

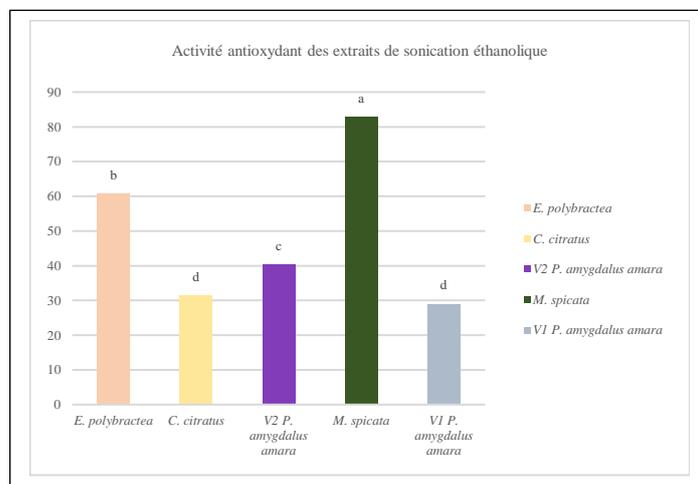
Le test de DPPH a été réalisés pour évaluer l'activité antioxydante des extraits de macération, de sonication aqueuse et de sonication éthanolique de cinq plantes (*Mentha spicata*, *Eucalyptus polybractea*, *Cymbopogon citratus*, *Prunus amygdalus amara* Variété 1 et Variété 2). Les résultats ont révélé des différences significatives dans l'activité antioxydante des extraits et des méthodes d'extraction utilisées



**Figure n°19:** Activité antioxydant des extraits de macération



**Figure n°20:** Activité antioxydant des extraits de sonication aqueuse



**Figure n°21:** Activité antioxydant des extraits de sonication éthanolique

Pour les extraits de macération, *Eucalyptus polybractea* présente la plus forte activité antioxydante parmi les cinq plantes testées, avec une valeur de (91,54%), tandis que la Variété 2 de *Prunus amygdalus amara* montre une activité antioxydante relativement faible, avec une valeur de (59,40%).

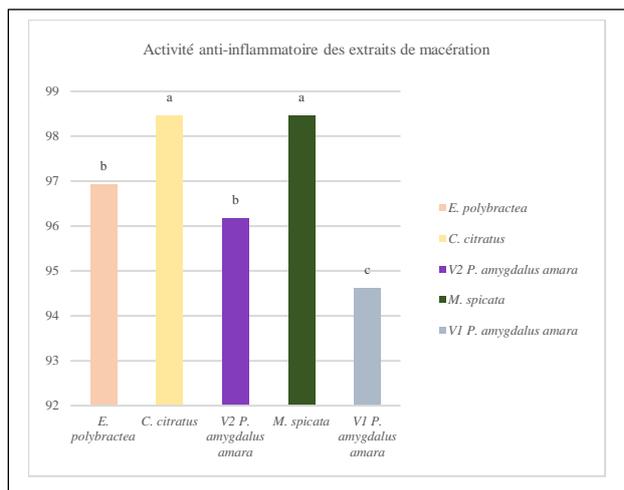
En ce qui concerne les extraits de sonication aqueuse, *Mentha spicata* présente la plus grande activité antioxydante, avec une valeur de (90,47%), tandis que la Variété 2 de *Prunus amygdalus amara* affiche une faible valeur de (59,40%).

Enfin, pour la méthode de sonication éthanolique, *Mentha spicata* présente la plus grande activité antioxydante, avec une valeur de (82,73%), tandis que la Variété 1 de *Prunus amygdalus amara* révèle une faible valeur de (28,99%).

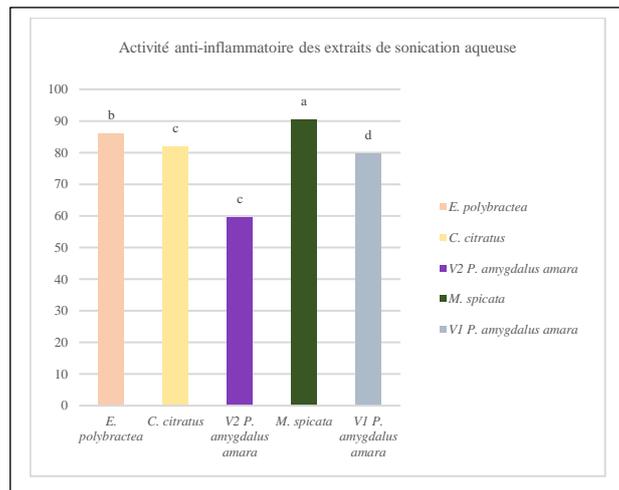
En comparant nos résultats à des études précédentes de (OUESLATI *et al.*, 2020), nous avons observé des similitudes significatives. Par exemple, une recherche récente menée par a également révélé que l'extrait de sonication de *M.spicata* est beaucoup plus efficace que celle obtenu par macération, ce qui confirme nos découvertes.

### 3. Activité anti-inflammatoire

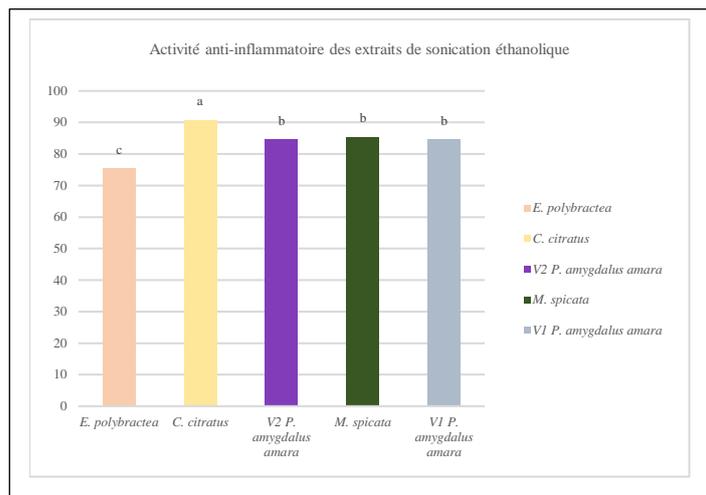
Les résultats ont montré des variations significatives dans l'activité anti-inflammatoire en fonction des méthodes d'extraction utilisées.



**Figure n°22:** Activité anti-inflammatoire des extraits de macération



**Figure n°23:** Activité anti-inflammatoire des extraits de sonication aqueuse



**Figure n°24:** Activité anti-inflammatoire des extraits de sonication éthanolique

Pour les extraits de macération, *Cymbopogon citratus* a présenté une forte activité anti-inflammatoire avec un pourcentage d'inhibition de (98,46%), tandis que l'extrait de *Prunus amygdalus amara* Variété 1 a montré la valeur la plus basse de (94,61%).

Dans le cas de l'extrait de sonication aqueuse, *Eucalyptus polybractea* a révélé la plus grande activité anti-inflammatoire avec une valeur de (93,85%). En revanche, *Mentha spicata* a présenté la valeur la plus faible de (79,99%).

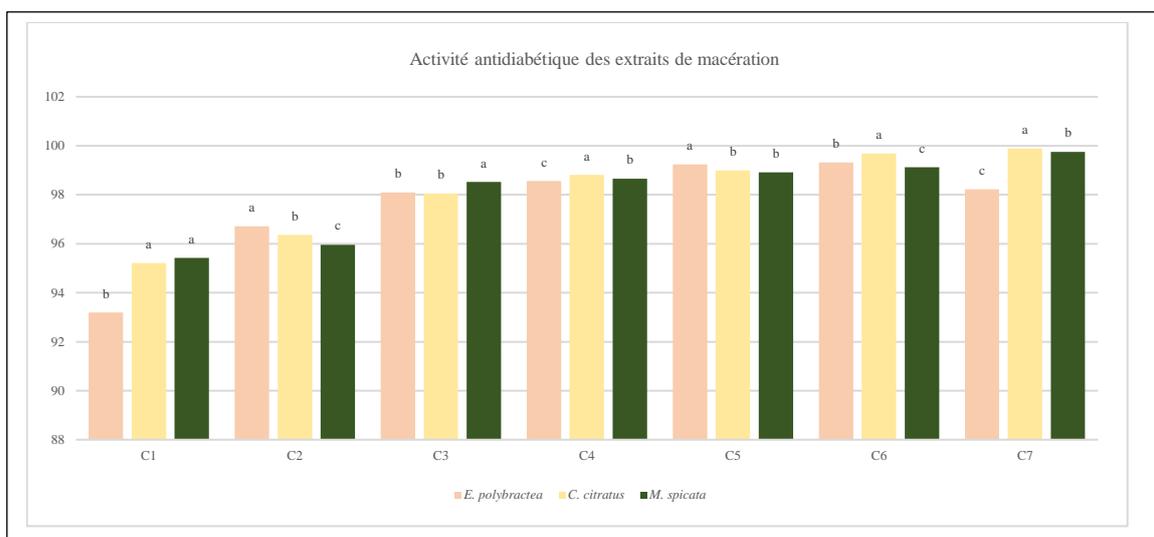
Pour l'extrait de sonication éthanolique, *Cymbopogon citratus* a montré la plus haute activité anti-inflammatoire avec une valeur de (90,77%), tandis que *Eucalyptus polybractea* a affiché une valeur plus faible de (75,38%).

Il convient de noter que ces résultats sont cohérents avec certaines études antérieures, celle de (Cortes-Torres et al., 2023) L'étude de également montré une forte activité anti-inflammatoire des extraits de *Cymbopogon citratus*.

#### 4. Activité anti-diabétique

Dans cette étude, nous avons évalué l'activité anti-diabétique des extraits de macération, de sonication aqueuse et de sonication éthanolique de cinq plantes (*Mentha spicata*, *Eucalyptus polybractea*, *Cymbopogon citratus*, *Prunus amygdalus amara* Variété 1 et Variété 2). Les

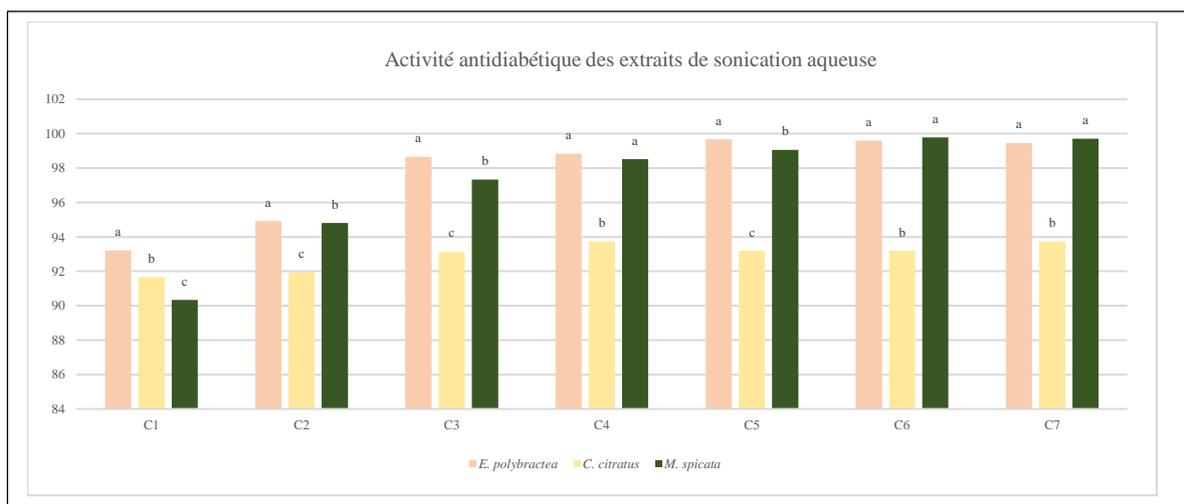
résultats ont montré des variations significatives dans l'activité anti-diabétique en fonction des méthodes d'extraction utilisées et des concentrations testées.



**Figure n°25:** Activité antidiabétique des extraits de macération de 3 plantes

**C1** : 100 mg/ml, **C2** : 50 mg/ml, **C3** : 25 mg/ml, **C4** : 12,5 mg/ml, **C5** : 6,25 mg/ml, **C6** : 3,125 mg/ml, **C7** : 1,563 mg/ml.

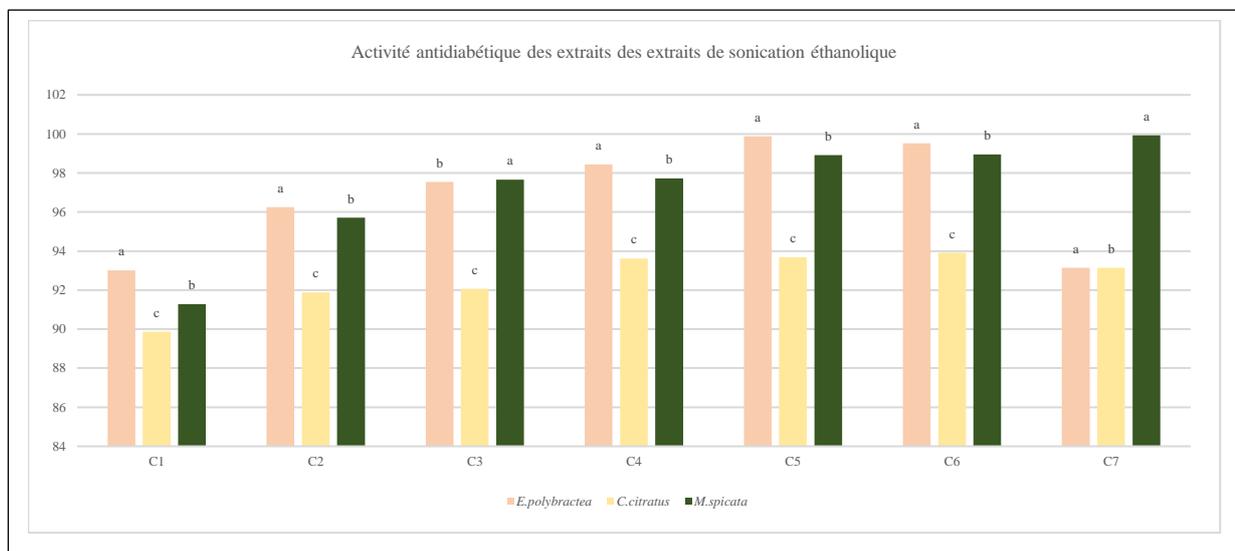
L'extrait de macération de *Cymbopogon citratus* a présenté une activité anti-diabétique élevée, avec un pourcentage d'inhibition de (98,46%) pour la concentration C1 (100 mg/ml). En revanche, l'extrait de *Prunus amygdalus amara* Variété 1 a montré la valeur la plus basse, avec un pourcentage d'inhibition de (94,61%).



**Figure n°26:** Activité antidiabétique des extraits de sonication aqueuse de 3 plantes

Pour l'extrait de sonication aqueuse, *Eucalyptus polybractea* a présenté une activité anti-diabétique élevée, avec un pourcentage d'inhibition de (93,22%) pour la concentration C1

(100 mg/ml), tandis que *Mentha spicata* a montré une valeur plus faible de (90,34%) par rapport à la concentration C7 (1,625 mg/ml) où elle a présenté une activité élevée de (99,71%). *Cymbopogon citratus* a montré une activité relativement faible, avec un



**Figure n°27:** Activité antidiabétique des extraits des extraits de sonication éthanolique de 3 plantes pourcentage d'inhibition de (93,73%).

Dans la méthode de sonication éthanolique, *Eucalyptus polybractea* a présenté une activité anti-diabétique élevée, en la comparant avec les travaux de (TELLI, A. 2017) avec un pourcentage d'inhibition de (93,01%) pour la concentration C1 (100 mg/ml), tandis que *Cymbopogon citratus* a montré la valeur la plus basse, avec un pourcentage d'inhibition de (89,87%). La concentration C5 (6,25 mg/ml) a montré une activité élevée pour *Eucalyptus polybractea*, avec un pourcentage d'inhibition de (99,89%), tandis que *Cymbopogon citratus* a montré une valeur plus faible de (98,92%).

Ces résultats soulignent l'importance du choix de la méthode d'extraction et des concentrations dans l'activité anti-diabétique des extraits de plantes. *Mentha spicata* et *Cymbopogon citratus* ont montré des activités prometteuses, avec des variations selon les méthodes d'extraction et les concentrations utilisées.

## 5. Activité anti-bactérienne

L'étude de l'activité antibactérienne des extraits de macération, de sonication aqueuse et de sonication éthanolique des trois plantes (*Mentha spicata*, *Eucalyptus polybractea*, *Cymbopogon citratus*) a été réalisée sur quatre souches bactériennes (*E. coli* ATCC 25922, A.

*baumannii* ATCC 610, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *E. faecalis* ATCC 29212). Les résultats obtenus ont révélé les observations suivantes.

Souches bacteriennes	Zone d'inhibition en mm									
	Maceration			Sonication aqueuse			Sonication ethanolique			controle
	E	M	C	E	M	C	E	M	C	T0
<i>E.coli</i> ATCC 25922	6	6	<b>9</b>	6	<b>8</b>	<b>7</b>	6	6	6	6
<i>A.baumannii</i> ATCC 610	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	6	6	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	6	6
<i>P.aeruginosa</i> ATCC 27853	6	6	6	6	6	6	<b>18</b>	<b>13</b>	6	6
<i>E.faecalis</i> ATCC 29212	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

**T0 macération:** témoin négatif (éthanol), **T0 Sonication aqueuse:** témoin négatif (eau), **T0 Sonication éthanolique:** témoin négatif (éthanol).

**E :** *E.polybractea*, **M :** *M.picata*, **C :** *C.citratus*.

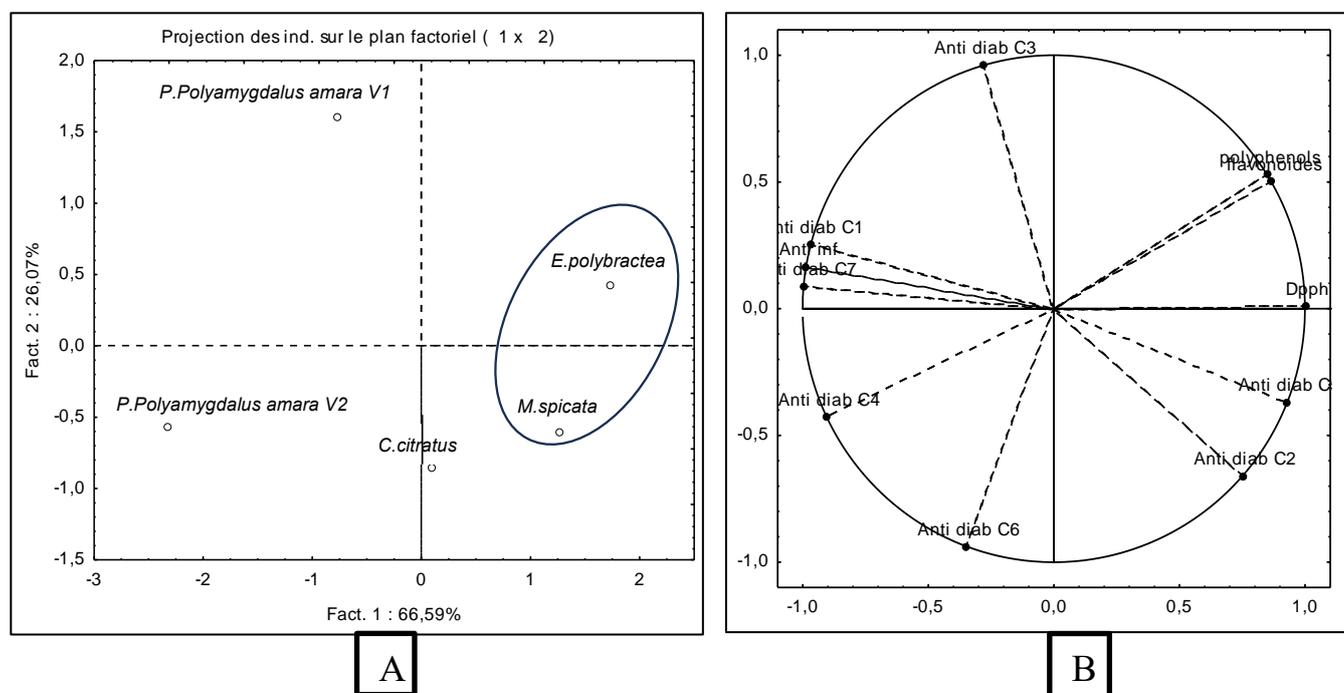
Lors de l'évaluation de l'activité antibactérienne, l'extrait de sonication éthanolique d'*Eucalyptus polybractea* a montré une inhibition efficace contre la souche *E. faecalis* ATCC 29212, avec un diamètre d'inhibition de (18 mm). Ce résultat démontre la capacité de cet extrait à inhiber la croissance de cette souche bactérienne spécifique.

En ce qui concerne la synergie entre les extraits de macération, le mélange d'extraits de macération d'*Eucalyptus polybractea* et *Mentha spicata* a également présenté une activité antibactérienne notable contre la souche *E. faecalis* ATCC 29212, avec un diamètre d'inhibition de (15 mm). Ces résultats suggèrent une potentialité synergique entre les composés bioactifs présents dans ces deux extraits de plantes. (Dezsi et al., 2015). Ce qui démontre l'importance et l'utilité de nos extraits dans l'utilisation clinique ou agroalimentaire.

Souches bactériennes	Zone d'inhibition en mm									T0
	Maceration			Sonication eau			Sonication ethanol			
	EC	MC	EM	EM	EC	MC	EM	EC	MC	
<i>E.coli</i> ATCC 25922	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
<i>A.baumannii</i> ATCC 610	6	8	7	6	6	6	6	6	6	6
<i>P.aeruginosa</i> ATCC 27853	6	6	6	6	6	6	12	6	6	6
<i>E.faecalis</i> ATCC	14	6	15	6	6	6	9	12	10	6

## 6. Interprétation de la corrélation et l'ACP

L'analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée pour étudier les similitudes entre les plantes *E.polybractea*, *C.citratius*, *M.spicata*, *P.amygdalus amara* en termes de composition en antioxydants tels que les polyphénols et les flavonoïdes, ainsi que leurs activités biologiques (activité antioxydante, anti-inflammatoire et antidiabétique). Cette analyse multivariée permet de présenter graphiquement les données quantitatives de notre étude dans un espace bidimensionnel, réduisant ainsi la perte de données.



**Figure n°28:** Biplot de l'analyse en composantes principales (ACP) entre la composition d'antioxydant des polyphénols et flavonoïdes et leurs activités biologiques (activité antioxydant, anti-inflammatoire, antidiabétiques).

En effet, l'ACP a réussi à conserver 92,66% des données. La représentation graphique des valeurs propres montre une ligne droite entre le premier et le deuxième composant principal, ce qui conduit à la conclusion que l'ensemble des facteurs 1 et 2 représente  $\geq 92,66\%$  des données, avec une perte minimale. (La figure n°5 A) montre une discrimination par le facteur 1 qui a permis de répartir les Cinq plantes en quatre groupes. En effet, le cercle englobant les plantes *E.polybrctea* et *M.spicata* indique qu'elles ont des caractéristiques similaires.

En interprétant la figure B, on constate une corrélation hautement significative entre les polyphénols et les flavonoïdes, car ils présentent des valeurs proches. Aussi pour, l'activité antidiabétique C5 et C2 ont une relation significative. Les composants antioxydants et l'activité antioxydante présentent une corrélation significative, de même qu'il existe une corrélation hautement significative entre l'activité antioxydante et l'activité antidiabétique des trois facteurs. De plus, il y a une corrélation significative entre les composants antioxydants (polyphénols, flavonoïdes) et l'activité antidiabétique. L'activité antidiabétique C5 et l'activité anti-inflammatoire sont inversement corrélées, tout comme l'activité antidiabétique C4 avec les polyphénols et flavonoïdes. En conclusion, *M.spicata* et *E.polybractea* se caractérisent par une composition importante en polyphénols et flavonoïdes, une activité antioxydante élevée et une activité antidiabétique, et ils se trouvent dans la même zone dans l'analyse ACP.

# Conclusion

---

## Conclusion

La prévention et la guérison des maladies à l'aide de composés phytochimiques, en particulier les polyphénols et les flavonoïdes. Les plantes médicinales et les huiles essentielles qu'elles produisent renferment un éventail de principes actifs aux activités biologiques variées, notamment antibactériennes, antidiabétiques, anti-inflammatoire et antioxydantes. Leur utilisation offre donc un potentiel prometteur dans le développement de thérapies naturelles et de compléments alimentaires visant à améliorer la santé et le bien-être humains

Pour, l'étude des activités biologiques, notamment les propriétés anti-inflammatoires, antioxydantes, antidiabétiques et antibactériennes, qui ont été réalisées sur les cinq extraits de plantes en appliquant les deux méthodes d'extraction : la macération et la sonication (aqueuse et éthanolique). De plus, les dosages des polyphénols et flavonoïdes ont été effectués sur ces extraits. Les résultats de cette étude ont démontré que la plante *Eucalyptus* se distingue par ses performances exceptionnelles dans les quatre activités biologiques étudiées. Cela suggère que les extraits obtenus à partir de *E. polybraactea* présentent un fort potentiel thérapeutiques les méthodes d'extraction utilisées, à savoir la macération et la sonication, ont probablement contribué à la libération efficace des composés actifs de la plante, ce qui explique les résultats prometteurs obtenus. De plus, les dosages des polyphénols et flavonoïdes ont permis de quantifier ces composés dans les extraits, fournissant ainsi des informations précieuses sur leur concentration et leur contribution aux activités biologiques observées

En conclusion, cette étude détermine l'importance des quatre espèces en tant que source de composés bioactifs dotés de propriétés anti-inflammatoires, antioxydantes, antidiabétiques et antibactériennes. Ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives pour le développement de médicaments et de produits naturels destinés à traiter ou prévenir différentes affections, en exploitant les bienfaits des plantes étudiées et ses composés actifs. Il serait judicieux et intéressant d'étayer ce travail par d'autres études chimiques et pharmacologiques afin d'isoler, de caractériser et de purifier les principes actifs responsables surtout des activités antioxydantes, anti-inflammatoire, analgésique, bactérienne potentielles de l'extrait. Aussi, il serait très souhaitable de tester d'autres activités telles que les activités antimutagène et anticancéreuse et d'étendre l'étude à d'autres parties de la plante.

# Les références

---

## Références

- Ahlem, T., & Maroua, M. (2020). Etude des caractéristiques physiques et chimiques des huiles essentielles du clou de girofle et de l'eucalyptus.
- Akhila, A. (2009). *Essential oil-bearing grasses: the genus Cymbopogon*. CRC press.
- Álvarez, X., Cancela, Á., Merchán, Y., & Sánchez, Á. M. (2021). Anthocyanins, Phenolic Compounds, and Antioxidants from Extractions of Six Eucalyptus Species. *Applied Sciences*, *11*(21), 9818. <https://doi.org/10.3390/app11219818>
- Aziz, Z. A., Ahmad, A., Setapar, S. H. M., Karakucuk, A., Azim, M. M., Lokhat, D., ... & Ashraf, G. M. (2018). Essential oils: extraction techniques, pharmaceutical and therapeutic potential-a review. *Current drug metabolism*, *19*(13), 1100-1110.
- Bardaweel, S. K., Bakchiche, B., AlSalamat, H. A., Rezzoug, M., Gherib, A., & Flamini, G. (2018). Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and Antiproliferative activities of essential oil of *Mentha spicata* L. (Lamiaceae) from Algerian Saharan atlas. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, *18*(1). <https://doi.org/10.1186/s12906-018-2274-x>
- Bayani, M., Ahmadi-Hamedani, M., & Javan, A. J. (2017). Study of hypoglycemic, hypocholesterolemic and antioxidant activities of Iranian *Mentha spicata* leaves aqueous extract in diabetic rats. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research: IJPR*, *16*(Suppl), 75.
- Benkhalel, A. (2019). Activités anti-inflammatoire, anti-oxydante et antimicrobienne de l'extrait aqueux de *Limoniastrum guyonianum*. <http://dspace.univ-setif.dz:8888/jspui/handle/123456789/3079>
- Bouacherine, B., & Razika, H. (2017). Biodiversité et valeur des plantes médicinales dans la phytothérapie: Cas de la région de Ben Srou (M'sila) (Doctoral dissertation, Université de m'sila).
- Boukhatem, M. N., Ferhat, M. A., Kameli, A., Saidi, F., & Kebir, H. T. (2014). Lemon grass (*Cymbopogon citratus*) essential oil as a potent anti-inflammatory and antifungal drugs. *Libyan Journal of Medicine*, *9*(1), 25431. <https://doi.org/10.3402/ljm.v9.25431>

- & Kebir, H. T. (2014). *Lemon grass (Cymbopogon citratus) essential oil as a potent anti-inflammatory and antifungal drugs. Libyan Journal of Medicine, 9(1), 25431.* doi:10.3402/ljm.v9.25431
- Brooker, I. 2002. Botanique de l'eucalyptus. In : Coppen, J.J.W. Ed. Eucalyptus : The genus Eucalyptus. Vol. 22 : Medicinal and aromatic plants industrial profiles. Londres, Taylor and Francis. pp. 3-35.
- Cessak, G., Kuzawińska, O., Burda, A., Lis, K., Wojnar, M., Mirowska-Guzel, D., & Bałkowiec-Iskra, E. (2014). TNF inhibitors – Mechanisms of action, approved and off-label indications. *Pharmacological Reports, 66(5), 836–844.* doi:10.1016/j.pharep.2014.05.004
- Chahomchuen, T., Insuan, O., & Insuan, W. (2020). Chemical profile of leaf essential oils from four Eucalyptus species from Thailand and their biological activities. *Microchemical Journal, 105248.* doi:10.1016/j.microc.2020.105248
- Chauhan, A., Sharma, P. K., Srivastava, P., Kumar, N., & Dudhe, R. (2010). Plants having potential antidiabetic activity: a review. *Der Pharmacia Lettre, 2(3), 369-387.*
- Chen, C. Y., Milbury, P. E., Lapsley, K., & Blumberg, J. B. (2005). Flavonoids from almond skins are bioavailable and act synergistically with vitamins C and E to enhance hamster and human LDL resistance to oxidation. *The journal of nutrition, 135(6), 1366-1373.* <https://doi.org/10.1093/jn/135.6.1366> 01 June 2005. Consulter le 23 mai 2023 a 05:34
- Chung, D. D. L. (2017). Cement-Matrix Composites. *Carbon Composites, 333–386.*
- Cooke, B., & Ernst, E. (2000). Aromatherapy: a systematic review. *British journal of general practice, 50(455), 493-496.*
- Cortes-Torres, A. G., López-Castillo, G. N., Marín-Torres, J. L., Portillo-Reyes, R., Luna, F., Baca, B. E., Sandoval-Ramírez, J., & Carrasco-Carballo, A. (2023). Cymbopogon citratus Essential Oil: Extraction, GC–MS, Phytochemical Analysis, Antioxidant Activity, and In Silico Molecular Docking for Protein Targets Related to CNS. *Current Issues in Molecular Biology, 45(6), 5164–5179.* <https://doi.org/10.3390/cimb45060328>

- Daouda Toure. études chimique et biologique des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques médicinales de Côte d'Ivoire. Chimie organique. Université Félix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire, 2015. Français. NNT : 29/2015 . tel-01222964
- De Bandt, J.-P. (2002). Régulation redox de l'expression des gènes et contrôle par les nutriments. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 16(4), 240–247. doi:10.1016/s0985-0562(02)00168-1
- Dezsi, Ş., A. B., Bischin, C., Vodnar, D. C., Silaghi-Dumitrescu, R., Gheldiu, A., Mocan, A., & Vlase, L. (2015). Antimicrobial and Antioxidant Activities and Phenolic Profile of *Eucalyptus globulus* Labill. and *Corymbia ficifolia* (F. Muell.) K.D. Hill & ; L.A.S. Johnson Leaves. *Molecules*, 20(3), 4720-4734. <https://doi.org/10.3390/molecules20034720>
- Dounya, F. (2022). *Caractérisation biochimique et étude de l'activité antibactérienne et anticoagulante des huiles végétales extraites de trois espèces: Prunus amygdales dulcis L., Prunus amygdalus amarus L. et Prunus armeniaca L* (Doctoral dissertation, university center of abdalhafid boussouf-MILA). <http://dspace.centre-univ-mila.dz/jspui/handle/123456789/1928>
- Ekpenyong, C., Daniel, N., & Akpan, E. (2014). Phytoconstituents and diuretic activity of *Cymbopogon citratus* leaf infusions in humans. *Journal of Coastal Life Medicine*, 2(9), 704-713. doi: 10.12980/JCLM.2.2014APJTB-2014-0086
- El khasmi, M., & Farh, M. (2022). Impact des plantes médicinales sur le rein.
- Esonye, C., Onukwuli, O. D., & Ofoefule, A. U. (2019). Optimization of methyl ester production from *Prunus Amygdalus* seed oil using response surface methodology and Artificial Neural Networks. *Renewable Energy*, 130, 61–72. doi:10.1016/j.renene.2018.06.036 <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.06.036>
- Favier, A. (2003). Le stress oxydant. *L'actualité chimique*, 108(10), 863-832.
- Feyrouz, L. A. R. M. T. (2022). Les huiles essentielles: composition, extraction et utilisation (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA).
- Ginovyan, M., Petrosyan, M., & Trchounian, A. (2017). Antimicrobial activity of some plant materials used in Armenian traditional medicine. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 17(1). doi:10.1186/s12906-017-1573-y

- Haddouchi, F., & Benmansour, A. (2008). Huiles essentielles, obtentions, utilisations et activités biologiques. Application à deux plantes aromatiques. *Les technologies de laboratoire*, 3(8).
- Hessas, T., & Simoud, S. (2018). Contribution à l'étude de la composition chimique et à l'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Thymus* sp.
- Horablaga, N. M., Cozma, A., Alexa, E., Obistioiu, D., Cocan, I., Poiana, M., Lalescu, D., Pop, G., Imbrea, I. M., & Buzna, C. (2023). Influence of Sample Preparation/Extraction Method on the phytochemical profile and antimicrobial activities of 12 commonly consumed medicinal plants in Romania. *Applied Sciences*, 13(4), 2530. <https://doi.org/10.3390/app13042530>
- Hussain S.Z., Naseer B., Qadri T., Fatima T., Bhat T.A. (2021) Almond (*Prunus dulcis*)—Morphology, Taxonomy, Composition and Health Benefits. In: *Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-75502-7\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-030-75502-7_22)
- Ishikawa, J., Shimotoyodome, Y., Chen, S., Ohkubo, K., Takagi, Y., Fujimura, T., ... Takema, Y. (2011). L'eucalyptus augmente les niveaux de céramide dans les kératinocytes et améliore la fonction de la couche cornée. *Revue internationale des sciences cosmétiques*, 34(1), 17-22. doi:10.1111/j.1468-2494.2011.00675.x
- Kainer, D., Bush, D., Foley, W. J., & Külheim, C. (2017). *Assessment of a non-destructive method to predict oil yield in Eucalyptus polybractea (blue mallee)*. *Industrial Crops and Products*, 102, 32–44. doi:10.1016/j.indcrop.2017.03.008
- Kany, S., Vollrath, J. T., & Relja, B. (2019). Cytokines in Inflammatory Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(23), 6008. doi:10.3390/ijms20236008
- Kassahun, B. M., Egata, D. F., Lulseged, T., Yosef, W. B., & Tadesse, S. (2014). Variability in agronomic and chemical characteristics of Spearmint (*Mentha spicata* L.) genotypes in Ethiopia. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2(10), 2704-2711.
- Kim, H. P., Son, K. H., Chang, H. W., & Kang, S. S. (2004). Anti-inflammatory Plant Flavonoids and Cellular Action Mechanisms. *Journal of Pharmacological Sciences*, 96(3), 229–245. doi:10.1254/jphs.crj04003x

- Kouame, N. M., Kamagate, M., Koffi, C., Die-Kakou, H. M., Yao, N. A. R., & Kakou, A. (2015). *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf: ethnopharmacologie, phytochimie, activités pharmacologiques et toxicologie. *Phytothérapie*, 14(6), 384–392. doi:10.1007/s10298-015-1014-3
- Kunwar, G., Pande, C., & Tewari, G. (2017). Essential oil composition of the aerial parts of *mentha spicata* L. *Journal of essential oil-bearing plants JEOP*, 13(3), 353-356.
- Lardry, J. M., & Haberkorn, V. (2007). L'aromathérapie et les huiles essentielles. *Kinésithérapie, la revue*, 7(61), 14-17.
- Li, Y., Kong, D., Fu, Y., Sussman, M. R., & Wu, H. (2020). The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 148, 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.006>
- Limam, H., Ezzine, Y. K., Tammar, S., Ksibi, N., Selmi, S., Del Re, G., Ksouri, R., & Msaada, K. (2020). Phenolic composition and antioxidant activities of thirteen *Eucalyptus* species cultivated in North East of Tunisia. *Plant Biosystems*, 155(3), 587–597. <https://doi.org/10.1080/11263504.2020.1762791>
- Liu, K. H., Zhu, Q., Zhang, J. J., Xu, J. F., & Wang, X. C. (2012). Chemical composition and biological activities of the essential oil of *Mentha spicata* Lamiaceae. In *Advanced Materials Research* (Vol. 524, pp. 2269-2272). Trans Tech Publications Ltd.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Les radicaux libres, les antioxydants et les aliments fonctionnels : impact sur la santé humaine. *Avis sur la pharmacognosie*, 4(8), 118-126. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>
- Mangalagiri, N. P., Panditi, S. K., & Jeevigunta, N. L. L. (2021, April). Antimicrobial activity of essential plant oils and their major components. *Heliyon*, 7(4), e06835. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06835>
- Mansard, M. (2016). *Le camphrier: étude botanique, chimique et biologique de ses huiles essentielles* (Doctoral dissertation, Thèse d'exercice de pharmacie]. Nancy: Université de Lorraine).
- Nagappa, A. N., Thakurdesai, P. A., Rao, N. V., & Singh, J. (2003). Antidiabetic activity of *Terminalia catappa* Linn fruits. *Journal of ethnopharmacology*, 88(1), 45-50.

- Naoual El Menyiy, Hanae Naceiri Mrabti, Nasreddine El Omari, Afaf EI Bakili, Saad Bakrim, Mouna Mekkaoui, Abdelaali Balahbib, Ehsan Amiri-Ardekani, Riaz Ullah, Ali S. Alqahtani, Abdelaaty A. Shahat, Abdelhakim Bouyahya, "Medicinal Uses, Phytochemistry, Pharmacology, and Toxicology of *Mentha spicata*", *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol. 2022, Article ID 7990508, 32 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/7990508>
- Nazzaro, F., Fratianni, F., De Martino, L., Coppola, R., & De Feo, V. (2013). Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals*, 6(12), 1451-1474.
- Noureddine, M. Etude floristique et ethnomédicinale des plantes aromatiques et médicinales dans le Rif (Nord du Maroc).
- Oguntibeju O. O. (2018). Plantes médicinales ayant des activités anti-inflammatoires provenant de certains pays et régions d'Afrique. *Journal of inflammation research*, 11, 307-317. <https://doi.org/10.2147/JIR.S167789>
- Oladeji, O. S., Adelowo, F. E., Ayodele, D. T., & Odelade, K. A. (2019). Phytochemistry and pharmacological activities of *Cymbopogon citratus*: A review. *Scientific African*, 6, e00137. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00137>
- Oladeji, O. S., Adelowo, F. E., Ayodele, D. T., & Odelade, K. A. (2019). *Phytochemistry and pharmacological activities of Cymbopogon citratus: A review. Scientific*
- Oueslati et al. (2020) / *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 77(3), 4503-4509
- Oumeima, D. A., & Ines, Y. S. (2021). Extraction analyse et encapsulation d'huile essentielle de déchets de citron (*Citrus limon*) et déchets d'orange (*Citrus sinensis*), en vue de leurs valorisation.
- Pauline Erau. L'eucalyptus : botanique, composition chimique, utilisation thérapeutique et conseil à l'officine. *Sciences pharmaceutiques*. 2019. dumas-02380842
- Pirmoradian, M., & Hooshmand, T. (2019). Remineralization and antibacterial capabilities of resin-based dental nanocomposites. *Applications of Nanocomposite Materials in Dentistry*, 237–269. doi:10.1016/b978-0-12-813742-0.00015
- 8 <https://www.researchgate.net/publication/342261068>

- Rayene, B. O. U. A. I. T. A., & Razika, B. O. U. O. U. D. E. N. (2021). Etude bibliographique de l'activité cicatrisante des huiles essentielles des plantes médicinales (Doctoral dissertation, university center of abdalhafid boussouf-MILA).
- Robin Deschepper. Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. Sciences pharmaceutiques. 2017. dumas-01515314
- Sarr, SO; Fall, AD; Gueye, R; Diop, A; Diatta, K; Diop, N; Ndiaye, B; Diop, YM (2015). Etude de l'activité antioxydante des extraits des feuilles de Vitex doniana (Verbenacea). International Journal of Biological and Chemical Sciences, 9(3), 1263–. doi:10.4314/ijbcs.v9i3.11
- Siba Shanak, Bashar Saad, Hilal Zaid, "Metabolic and Epigenetic Action Mechanisms of Antidiabetic Medicinal Plants", Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, vol. 2019, Article ID 3583067, 18 pages, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/3583067>
- Smahia, R. A. H. M. A. N. I., Nasser, B. E. L. B. O. U. K. H. A. R. I., Khaled, S. E. K. K. O. U. M., & Abdelkrim, C. H. E. R. I. T. I. (2016). Evaluation de l'activité anti-inflammatoire d'extraits aqueux de feuilles Limoniastrum feei (plumbaginacea). [https://www.researchgate.net/publication/303921195\\_evaluation\\_de\\_l%27activite\\_antiiinflammatoire\\_d%27extraits\\_aqueux\\_de\\_feuilles\\_limoniastrum\\_feei\\_plumbaginacea](https://www.researchgate.net/publication/303921195_evaluation_de_l%27activite_antiiinflammatoire_d%27extraits_aqueux_de_feuilles_limoniastrum_feei_plumbaginacea) [accessed may 15 2023].
- Srivastava, N., Singh, A., Kumari, P., Nishad, J. H., Gautam, V. S., Yadav, M., ... Kharwar, R. N. (2021). Advances in extraction technologies: isolation and purification of bioactive compounds from biological materials. Natural Bioactive Compounds, 409–433. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820655-3.00021-5>
- Telli, A. (2017). Activités anti-oxydante, antimicrobienne et antidiabétique de deux espèces spontanées utilisées dans le traitement du diabète dans la région de Ouargla.
- Thanu, D. P. R., Zhao, M., Han, Z., & Keswani, M. (2019). Principes fondamentaux et applications de la technologie sonore. Développements en matière de contamination et de nettoyage des surfaces : applications des techniques de nettoyage, 1-48.
- Tonelli N, et Gallouin F. (2013). Des fruits et des graines comestibles du monde entier. Ed. Lavoisier.727p.

- Tungmunnithum, D., Thongboonyou, A., Pholboon, A., & Yangsabai, A. (2018). Flavonoids and Other Phenolic Compounds from Medicinal Plants for Pharmaceutical and Medical Aspects: An Overview. *Medicines*, 5(3), 93. <https://doi.org/10.3390/medicines5030093>
- Upadhyay, A., Upadhyaya, I., Kollanoor-Johny, A., & Venkitanarayanan, K. (2014). Combating Pathogenic Microorganisms Using Plant-Derived Antimicrobials: A Minireview of the Mechanistic Basis. *BioMed Research International*, 2014, 1–18. doi:10.1155/2014/761741
- Valko, M., Rhodes, C. J., Moncol, J., Izakovic, M., & Mazur, M. (2006). Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-Biological Interactions*, 160(1), 1–40. doi:10.1016/j.cbi.2005.12.009
- Vecchio, M. G., Loganes, C., & Minto, C. (2016). Beneficial and healthy properties of Eucalyptus plants: A great potential use. *The Open Agriculture Journal*, 10(1). [https://www.researchgate.net/publication/307869709\\_Beneficial\\_and\\_Healthy\\_Properties\\_of\\_Eucalyptus\\_Plants\\_A\\_Great\\_Potential\\_Use](https://www.researchgate.net/publication/307869709_Beneficial_and_Healthy_Properties_of_Eucalyptus_Plants_A_Great_Potential_Use) [accessed May 14 2023].
- Wrida, B. M. C. H. D. (2022). Etude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies ostéo-articulaires dans la région de M'sila (Doctoral dissertation).
- Zairi, M., & Bouchagoura, H. (2019). *Comparaison de l'effet antibactérien et antifongique des huiles essentielles de romarin et thymus* (Doctoral dissertation, Université laarbi tebessi tebess)

## Résumé

Les plantes médicinales contiennent divers composés chimiques connus pour leur propriétés curatives et thérapeutiques, notre études sur les plantes (*E.polybractea*, *M.spicata*, *C.citratus* et *P.amygdalus amara*) est fondé sur l'objet d'évaluer les activités biologiques y compris l'activité antioxydante, le dosage des composés antioxydants (polyphénols et flavonoïdes) activité anti-inflammatoire, activité antidiabétique ainsi que l'activité antibactérienne des extraits de plantes (polyphénols et les huiles essentielles) obtenus par les 2 méthodes d'extraction macération et sonication.. Les résultats ont montré des différences significatives et une corrélation entre les plantes testées en termes des activités biologiques, l'extrait d'*E. polybractea* extrait par macération présentait la teneur la plus élevée en composés phénoliques et en flavonoïdes avec un pourcentage respectivement de (887,36 mg EAG/g) et (429,72 mgEQ/g), ainsi qu'une activité antioxydante importante. Par ailleurs l'activité anti-inflammatoire testé par la BSA a montré les extraits de *M.spicata* et de *C.citratus* ont le même pourcentage élevé de (98,46%), tandis que *M.spicata* traitée par sonication éthanolique a présenté la valeur la plus élevée (99,93%) d'activité anti-diabétique, ce qui a manifesté une bonne activité inhibitrice de alpha-amylase Enfin, l'extrait de sonication éthanolique d'*E.polybractea* a montré une meilleure inhibition d'*E.faecalis* Ces résultats soulignent l'importance des caractéristiques physicochimiques et des activités biologiques des plantes étudiées, mettant en évidence leur potentiel en tant que sources de composés bénéfiques pour la santé et leur pertinence dans le développement de nouvelles approches thérapeutiques.

Mots clé : activités biologiques, polyphénols , plantes médicinales, flavonoïdes, huiles essentielles.

## Abstract

Medicinal plants contain various chemical compounds known for their curative and therapeutic properties, our studies on plants (*E.polybractea*, *M.spicata*, *C.citratus* and *P. amygdalus amara*) was based on the aim of evaluating the biological activities including antioxidant activity, the assay of antioxidant compounds (polyphenols and flavonoids) anti-inflammatory activity, anti-diabetic activity as well as the antibacterial activity of plant extracts (polyphenols and essential oils) obtained by the 2 extraction methods maceration and sonication. The results showed significant differences and a correlation between the plants tested in terms of biological activities, with the *E. polybractea* extract extracted by maceration having the highest content of phenolic compounds and flavonoids with percentages of (887.36 mg EAG/g) and (429.72 mgEQ/g) respectively, as well as significant antioxidant activity. Furthermore, the anti-inflammatory activity tested by BSA showed the extracts of *M.spicata* and *C.citratus* to have the same high percentage of (98.46%), while *M.spicata* treated by ethanolic sonication presented the highest value (99.93%) of anti-diabetic activity, which manifested a good inhibitory activity of alpha-amylase Finally, the ethanolic sonication extract of *E.polybractea* showed better inhibition of *E.faecalis*. These results underline the importance of the physicochemical characteristics and biological activities of the plants studied, highlighting their potential as sources of compounds beneficial to health and their relevance to the development of new therapeutic approaches.

Key words: biological activities, polyphenols, medicinal plants, flavonoids, essential oils.

## ملخص

تحتوي النباتات الطبية على مركبات كيميائية مختلفة معروفة بخصائصها العلاجية والعلاجية، وفقاً لدراساتنا النباتية (*E.polybractea* و *M.spicata* و *C.citratus* و *P.amygdalus amara*) تستند إلى الغرض من تقييم الأنشطة البيولوجية بما في ذلك النشاط المضاد للأكسدة، وتحديد المركبات المضادة للأكسدة (البوليفينول والفلافونويد) والنشاط المضاد للالتهابات والنشاط المضاد للسكري والنشاط المضاد للبكتيريا في المستخلصات النباتية (البوليفينول والزيت الأساسية) التي تم الحصول عليها من خلال طريقتي استخراج النقع والصوت. أظهرت النتائج اختلافات كبيرة وارتباطاً بين النباتات التي تم اختبارها من حيث الأنشطة البيولوجية، وكان لمستخلص *E. polybractea* المستخرج عن طريق البقع أعلى محتوى من المركبات الفينولية والفلافونويد بنسبة (887.36 ملغ EAG/g) و (429.72 ملغ EQ/g) على التوالي، بالإضافة إلى نشاط كبير من مضادات الأكسدة. بالإضافة إلى ذلك، أظهر النشاط المضاد للالتهابات الذي تم اختباره بواسطة BSA أن مستخلصات *M.spicata* و *C.citratus* لديها نفس النسبة المئوية العالية من (98.46%)، في حين أن *M.spicata* المعالج بالصوت الإيثانولي كان له أعلى قيمة (99.93%) من النشاط المضاد لمرض السكري، والذي أظهر نشاطاً جيداً لامتصاص ألفا أخيراً، أظهر مستخلص *E.polybractea* تثبيطاً أفضل لـ *E.faecalis* هذه النتائج تؤكد على أهمية الخصائص الفيزيائية الكيميائية والأنشطة البيولوجية للنباتات المدروسة، مما يسלט الضوء على إمكاناتها كمصادر جديدة للمركبات مفيدة للصحة.

الكلمات الرئيسية: الأنشطة البيولوجية، البوليفينول، النباتات الطبية، الفلافونويد، الزيوت الأساسية.