



Université Constantine 1 Frères Mentouri
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري
كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم : كيمياء حيوية و البيولوجيا خلوية و جزيئية Département : Biochimie et Biologie Cellulaire et Moléculaire

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie appliquée

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

Étude phytochimique et évaluation du potentiel antioxydant et
antimicrobien de l'extrait brut de *Salvia officinalis* L.

Présenté par : Mezli Roumaissa

Le : 23/06/2025

Naïdja Malak

Jury d'évaluation :

Présidente : Dr. MOUSSAOUI S. (MCB- U Constantine 1 Frères Mentouri).

Encadrante : Dr. KASSA LAOUAR M. (MCB- U Constantine 1 Frères Mentouri).

Examinatrice: Dr. BIOUD K. (MCB - U Constantine 1 Frères Mentouri).

**Année universitaire
2024 - 2025**

Remerciement

Avant tout, nous remercions sincèrement **Dieu Tout-Puissant** pour nous avoir guidés, soutenus et accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires à l'accomplissement de ce mémoire. Sans Sa grâce, cette réalisation n'aurait pas été possible.

Nous adressons en premier lieu toute notre gratitude et nos remerciements les plus profonds à **Madame KASSA LAOUAR M.**, pour son encadrement exemplaire, sa disponibilité constante, ainsi que ses conseils scientifiques avisés. Son accompagnement bienveillant, sa rigueur et son engagement ont été des piliers essentiels tout au long de notre travail. Grâce à sa précieuse implication, nous avons pu progresser avec confiance et clarté.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à **Madame MOUSSAOUI S.**, présidente du jury, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'évaluer ce travail, ainsi que pour ses remarques pertinentes et enrichissantes.

Nos sincères remerciements vont également à **Madame BLOUD K.**, examinatrice, pour le temps qu'elle a bien voulu consacrer à la lecture et à l'évaluation de ce mémoire, ainsi que pour ses observations constructives qui ont contribué à l'amélioration de ce travail. Leur implication et leur rigueur scientifique ont été d'un grand apport à ce travail, et nous leur sommes très reconnaissantes.

Enfin, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à toutes les personnes qui nous ont soutenus de près ou de loin, que ce soit par leurs encouragements, leurs conseils ou leur appui tout au long de cette aventure académique.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail, fruit de tant d'efforts et de persévérance, à vous, mes précieux piliers de vie.

À ma chère mère, Diabi Nadira, source de tendresse infinie et de force silencieuse. Tu m'as offert la vie et l'as embellie de ton amour, de ton attention et de ton dévouement. Tes sacrifices, ta patience et ton soutien inconditionnel ont toujours été pour moi un repère, une lumière dans les moments d'incertitude. Grâce à ton amour et à ta présence rassurante, j'ai trouvé le courage d'avancer. Que Dieu te protège et t'accorde santé, bonheur et longue vie.

Je dédie ce travail à mon père bien-aimé, Naïdja Mohamed El-Hadi (Que Dieu lui fasse miséricorde), qui a été et restera à jamais mon exemple de sagesse, de courage et de persévérance. Ton amour et tes sacrifices m'ont façonné et ont fait de moi la personne que je suis aujourd'hui. Bien que tu ne sois plus parmi nous, ta présence demeure vivante dans chaque moment de ma vie. Tes conseils et ta bienveillance continuent de m'accompagner et ton souvenir est une source de force et de détermination pour continuer à avancer.

Que Dieu t'accorde Sa miséricorde infinie et t'élève parmi les justes. Tu resteras à jamais dans mon cœur, et ce travail est un humble hommage à tout ce que tu m'as donné.

À mes chers frères, Atef et Lotfi, je vous remercie du fond du cœur pour votre aide, votre patience et vos encouragements continus. Votre présence fraternelle est une source de motivation et de stabilité inestimable. Que Dieu vous garde et renforce toujours les liens qui nous unissent.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon binôme, Mezli Roumisa, pour sa collaboration exemplaire, son engagement constant, ainsi que son esprit d'équipe tout au long de ce travail.

Sa rigueur, sa disponibilité et sa bonne humeur ont grandement contribué à la réussite de ce projet, et ont fait de cette expérience un réel plaisir partagé.

Malak

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à toutes les personnes qui m'ont soutenue et Inspirée tout au long de ce parcours académique.

À mes parents, Omar et Fatima — qu'Allah les garde comme une couronne sur ma tête pour leur amour inconditionnel, leur soutien constant et leurs encouragements permanents. Vous m'avez toujours poussée à donner le meilleur de moi-même et à ne jamais baisser les bras. Merci d'avoir toujours été à mes côtés, de m'avoir donné les moyens de réaliser mes projets et d'avoir éclairé mon chemin vers la réussite.

À mes frères Abdelhamid et Bilal, à mes chères sœurs Khadidja, Assia, Sarah et Salima, à mon beau-frère Azzedine, à mon neveu Taki Eddine et à mes nièces Alaa et Israa, pour leur soutien moral et leurs paroles encourageantes qui ont été une source d'inspiration et de motivation constante.

À mes amis, pour leur amitié, leur soutien et leurs conseils précieux. Vos encouragements et votre patience ont été indispensables pour surmonter les moments difficiles

Je dédie ce travail avec toute ma gratitude et mon estime à mon cher binôme Naïdja Malak pour son engagement, sa patience, son sérieux et sa précieuse collaboration tout au long de cette aventure académique.

Travailler à ses côtés a été une réelle chance et une belle expérience humaine et professionnelle.

Merci pour les moments de partage, de persévérance, et pour avoir transformé les difficultés en défis relevés à deux.

Roumissa

Table de matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction1

Chapitre 01 : Synthèse bibliographique

1	<i>Salvia officinalis</i> L.	2
1.1	Historique.....	2
1.2	Description	2
1.3	Classification taxonomique.....	2
1.4	Nomenclature.....	3
1.5	Description morphologique	3
1.6	Répartition géographique.....	4
1.7	Composition chimique et propriétés de la sauge	5
2	Huiles essentielles	5
2.1	Définition des huiles essentielles.....	6
2.2	Identification des huiles essentielles.....	6
2.3	Fonction des huiles essentielles.....	6
2.4	Activités biologiques des huiles essentielles	6
3	Métabolites des plantes médicinales	7
3.1	Métabolites primaires	7
3.2	Métabolites secondaires	7
3.3	Fonction des métabolites secondaires.....	8
3.4	Classifications de métabolites secondaires.....	8
3.4.1	Composés phénoliques	8

3.4.2 Flavonoïdes	10
3.4.3 Tanins	12
3.4.4 Terpénoides.....	13
3.4.5 Alcaloïdes	13
4 Stress oxydatif.....	14
4.1 Radicaux libres	14
4.2.1 Maladies liées aux stress oxydatif	15
5 Activité antimicrobienne.....	15
5.1 Principales substances antimicrobiennes d'origine naturelle et synthétique	16
5.1.1 Antibiotiques.....	16
5.1.2 Composés phénoliques	16

Chapitre 02 : Matériel et méthodes

1 Objectif du travail.....	17
2 Échantillonnage.....	17
3 Lavage.....	17
4 Séchage.....	17
5 Broyage	17
6 Extraction des molécules bioactives	18
6.1 Principe la macération	18
6.2 Extraction par macération dans le méthanol aqueux	18
6.3 Détermination du rendement d'extraction	18
7 Hydrodistillation.....	20
7.1 Extraction d'huile essentielle	20
7.2 Procédé d'extraction	20
7.3 Calcul du rendement.....	20
8 Mise en évidence des métabolites secondaires	21
8.1 Mise en évidence des alcaloïdes.....	21

8.2	Mise en évidence des polyphénols	21
8.3	Mise en évidence des tanins	21
8.4	Mise en évidence des flavonoïdes	21
9	Dosage des composés bioactifs	22
9.1	Dosage de polyphénols totaux	22
9.1.1	Principe	22
9.1.2	Protocole expérimental	22
9.2	Dosage des flavonoïdes.....	22
9.2.1	Principe	22
9.2.2	Protocole expérimental	22
10	Evaluation de l'activité antioxydante	23
10.1	Test du DPPH	23
10.1.1	Principe	23
10.1.2	Procédure	23
10.2	Test de l'ABTS.....	24
10.2.1	Principe	24
10.2.2	Procédure	24
11	Evaluation de l'activité antimicrobienne	25
11.1	Procédure	25

Chapitre 03 : Résultats et discussion

1	Objectif du travail.....	26
2	Rendement de l'extraction	26
3	Rendement d'huiles essentielles	26
4	Criblage des métabolites secondaires	27
4.1	Mise en évidence des alcaloïdes.....	28
4.2.	Mise en évidence des tanins	29
4.3	Mise en évidence des polyphénols.....	29
4.4.	Mise en évidence des flavonoïdes	30

5	Teneur en polyphénols	31
	5.1. Teneur en polyphénols totaux	31
	5.2. Teneur en flavonoïdes	32
6	Evaluation de l'activité antioxydante	33
	6.1 Activité anti radicalaire DPPH	33
	6.2 Activité du piégeage du cation radical ABTS•+	34
7	Evaluation de l'activité antimicrobienne	35
	Conclusion.....	37
	Références bibliographiques	39
	Annexes	50

Liste des abréviations

% : Pourcentage

µg /mL : Microgrammes par millilitre

ABTS : (azino-bis (3 éthylbenzothiazoline -6-sulfonique Acide)

CPG : Chromatographie en phase gazeuse

DPPH : (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl)

HPLC : Chromatographie Liquide à Haute Performance

IC50 : Concentration inhibitrice 50 %

Méch : La masse sèche la plante exprimée en g

Mext : La masse de l'extrait après évaporation du solvant exprimée en g

mg EAG/g : Milligrammes équivalent d'acide gallique par gramme

mg EQ/g : Milligrammes équivalent de quercétine par gramme

MHE : Poids de l'huile extraite exprimé en (mg)

MS : Poids de la matière végétale sèche (mg)

R : Le rendement exprimé en %

RHE: Rendement en huile essentielle

***S. officinalis* L.** : *Salvia officinalis* Linné

SM : Spectrométrie de masse

TPC : Teneur en polyphénols totaux

Liste des figures

Figure 01 : Feuilles de <i>Salvia officinalis</i> L.	3
Figure 02 : Fleurs de <i>Salvia officinalis</i> L.	4
Figure 03 : Graines de <i>Salvia officinalis</i> L.	4
Figure 04 : Répartition géographique de <i>Salvia officinalis</i> L.	5
Figure 05 : Structure de l'acide phénolique	9
Figure 06 : Structure de l'acide hydroxybenzoïques	9
Figure 07 : Structure de l'acide hydroxycinnamique	10
Figure 08 : Structure des flavonoïdes	10
Figure 09 : Classification des flavonoïdes	11
Figure 10 : Biosynthèse des flavonoïdes	12
Figure 11 : Structure des tanins hydrolysable (a) et tanins condensés (b)	12
Figure 12 : Structure de base des alcaloïdes	14
Figure 13 : Schéma générale des différentes étapes de la procédure expérimentale	19
Figure 14 : Structure chimique du radical DPPH et de sa forme réduite	24
Figure 15 : Formation et piégeage du radical ABTS ^{•+} par un antioxydant donneur de H [•]	25
Figure 16 : Valeurs des IC ₅₀ du test DPPH.	34
Figure 17 : Valeurs des IC ₅₀ du test ABTS.....	35
Figure 18: Résultats du test antimicrobien contre <i>Bacillus sp.</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Aspergillus niger</i>	36

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résultats du criblage des métabolites secondaires dans l'extrait brut de <i>Salvia officinalis</i> L. ...	27
Tableau 2 : Mise en évidence des alcaloïdes dans l'extrait brut de <i>Salvia officinalis</i> L.....	28
Tableau 3 : Mise en évidence des tanins dans l'extrait brut de <i>Salvia officinalis</i> L.	29
Tableau 4 : Mise en évidence des flavonoïdes dans l'extrait brut de <i>Salvia officinalis</i> L.	30
Tableau 5 : Teneur en polyphénols dans l'extrait brut de <i>Salvia officinalis</i> L.	31

Introduction

Depuis toujours, les plantes sont utilisées à des fins médicinales à travers le monde. Comparés aux médicaments pharmaceutiques, les remèdes à base de plantes sont souvent perçus comme plus doux et moins toxiques. Face à cet intérêt croissant, l'industrie pharmaceutique s'investit de plus en plus dans l'étude ethnobotanique des plantes (**Didier et al., 2011**).

Salvia officinalis L., ou la sauge de Dalmatie, est une plante vivace qui fait partie de la famille des Lamiacées. Cet arbrisseau vivace est originaire du bassin méditerranéen et cultivé dans plusieurs pays (**Behradmanesh et al., 2013**). C'est une plante à la fois aromatique et médicinale, largement utilisée aussi bien à l'état brut qu'en extraits ou en huiles essentielles. Elle renferme divers métabolites secondaires, notamment des terpénoides, des composés phénoliques et des flavonoïdes, reconnus pour leurs nombreuses propriétés pharmacologiques et biologiques (**Ghorbanpour, 2015**).

Grâce à ses propriétés aromatisantes et assaisonnantes, *Salvia officinalis* L. est largement employée dans la préparation de nombreux aliments. Dans la médecine populaire d'Asie et d'Amérique latine, elle est utilisée pour traiter divers troubles tels que les crises d'épilepsie, les ulcères, la goutte, les rhumatismes, les vertiges, la paralysie, la diarrhée et l'hyperglycémie (**Ghorbani et al., 2017**). En médecine traditionnelle européenne, *S. officinalis* L. est employée pour soulager les troubles digestifs légers, comme les brûlures d'estomac et les ballonnements, la transpiration excessive, les troubles cognitifs liés à l'âge ainsi que les inflammations de la gorge et de la peau (**Ghorbani et al., 2017**).

Dans ce contexte, cette étude vise à analyser la composition phytochimique et les activités biologiques de la plante *Salvia officinalis* L., en mettant particulièrement l'accent sur ses propriétés antioxydantes et antimicrobiennes. Pour ce faire, des tests pour identifier les métabolites secondaires comme les alcaloïdes, les flavonoïdes et les tanins sont réalisés dans l'extrait brut de *Salvia officinalis* L. Par ailleurs, les teneurs de certains composés bioactifs, à savoir les polyphénols totaux et les flavonoïdes, sont mesurées dans le même extrait, ainsi, son activité antioxydante et antibactérienne est évaluée.

Le manuscrit est structuré en trois chapitres. Le premier rassemble les données bibliographiques sur les plantes médicinales, la description de *Salvia officinalis* L. ainsi que les huiles essentielles et les métabolites des plantes médicinales. Le deuxième chapitre détaille le matériel biologique utilisé ainsi que les méthodes employées. Enfin, le troisième présente les résultats obtenus et leur interprétation. L'étude se conclut par une synthèse des principales observations et des perspectives de recherche futures.

Chapitre 01

Synthèse bibliographique

1 *Salvia officinalis* L.

1.1 Historique

Salvia officinalis L., connue sous le nom de sauge, est une plante de type vivace qui fait partie de la famille des Lamiacées. Selon les récits historiques : les Mexicains, les Grecs, les Romains et les Arabes ont été connus pour cultiver une variété de sauge appelée Chia. Ils l'ont utilisée en tant que tonique et en cataplasme pour traiter les morsures de serpent. Depuis le VIII^e siècle, ses feuilles étaient roulées et fumées à la manière des cigarettes pour soulager l'asthme, en particulier au printemps. Depuis le moyen âge, la sauge était employée en infusion pour faciliter la digestion. Elle est également appréciée pour ses vertus antiseptiques, tonifiantes et même bénéfiques pour la mémoire (Nouri et Mezoued, 2024).

1.2 Description

La sauge officinale (*Salvia officinalis* L.) est un arbuste de petite taille dont les feuilles fines et duveteuses, dégagent une odeur camphrée caractéristique. C'est une plante à la fois aromatique et médicinale, largement utilisée aussi bien à l'état brut qu'en extraits ou en huiles essentielles. Elle peut être développée de 1800 mètres et s'adapte à une vaste gamme de climats et de types de sols, avec un pH qui peut varier entre 5 à 9. A l'âge adulte, elle peut tolérer des températures allant jusqu'à -10°C (Guezgouz et Ramdani, 2018 ; Nouri et Mezoued, 2024). Outre son utilisation traditionnelle, notamment en cuisine et en médecine, la sauge et ses huiles essentielles sont intégrées dans plusieurs secteurs industriels, à savoir la parfumerie, la cosmétologie, l'agroalimentaire et la pharmacie (Nouri et Mezoued, 2024).

1.3 Classification taxonomique

La classification botanique de la sauge est conforme à celle proposée par (Khenfer et Khinech, 2020) :

Embranchement : Magnoliophyta (plantes à fleurs)

Sous-embranchement : Angiospermae

Classe : Magnoliopsida (dicotylédones)

Sous-classe : Asteridae

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : *Salvia*

Espèce : *Salvia officinalis* L.

1.4 Nomenclature

Divers noms lui ont été attribués au fil du temps : d'après Ibn El Beytar, elle portait le nom d'Essalma en Andalousie et était désignée sous le nom de Salbia par les botanistes espagnols. En Algérie, elle est connue sous l'appellation Souek Ennebi (**Nouri et Mezoued, 2024**).

Comme le soulignent **Annane et Boualili (2014)**, *Salvia officinalis* L. est communément désignée sous le nom de sauge officinale, elle a plusieurs synonymes tels que l'Herbe sacrée, le thé d'Europe, le thé de Grèce, le thé de France, le thé de Provence, la grande sauge et la sauge franche. Elle est désignée en arabe par les appellations vernaculaires suivantes : Souak Ennebi, Houbiquesessedr, Salma et Kheyatdjouhat. En berbère ou targuie, elle se retrouve sous les appellations : Tazzourt, Agourim et Imeksaouen. En allemand, elle est désignée par : Salbei, Garten-salbei et Edl-salbei. En anglais, elle est appelée Common sage ou Garden sage.

1.5 Description morphologique

La sauge officinale, est une plante vivace dont la hauteur peut aller de 30 à 60 cm. Ses tiges ligneuses sont dotées de rameaux quadrangulaires, dressés et teintés d'un vert blanchi. Ses feuilles sont relativement grandes, ovales et allongées, posées en oppositionnels dotés de pétioles (**fig. 1**). Leur texture est rugueuse, avec des bords dentelés et une surface réticulée. Elles sont de teinte gris verdâtre, elles présentent sur leur face inférieure une pubescence cotonneuse, ce qui leur donne une odeur aromatique caractéristique.

La floraison a lieu en juin et juillet, donnant de petites fleurs pédicellées de 3 à 4 cm de longueur, à corolle bleu violacé clair (**fig. 2**). Après la floraison, la plante génère des fruits de couleur brune en forme de tétrakènes (**fig. 3**). Enfin, ses racines présentent une couleur brunâtre et une texture fibreuse (**Chabni et Belabbas, 2022**).



Figure 01: Feuilles de *Salvia officinalis* L. (**Délices, 2025**).



Figure 02 : Fleurs de *Salvia officinalis* L. (Nursery, 2025).



Figure 03 : Graines de *Salvia officinalis* L. (Wikimedia, 2024).

1.6 Répartition géographique

Salvia officinalis L. est une espèce végétale native des régions orientales du bassin méditerranéen. Elle s'épanouit principalement sur des sols chauds et riches en calcaire. Elle peut être trouvée à l'état spontané ainsi qu'en culture tout autour de la Méditerranée, de l'Espagne, à la Turquie, et aussi en Afrique du Nord (**fig. 4**).

La sauge est abondante sur les versants calcaires ensoleillés de la côte Dalmate. Elle est également présente en Albanie, Hongrie, Allemagne et France (**Chergui, 2014**).

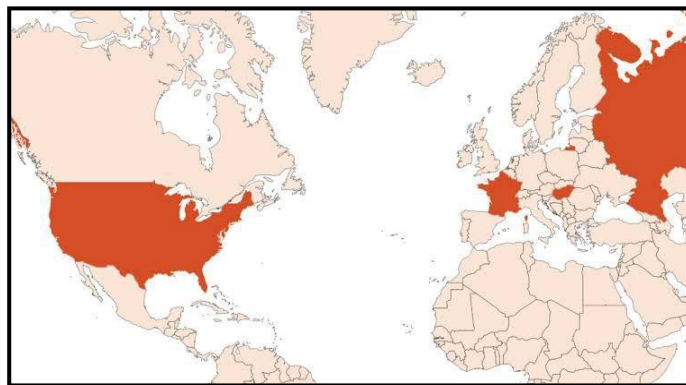


Figure 04 : Répartition géographique de *Salvia officinalis* L.

<https://images.app.goo.gl/ikhqNe8R6prWgZr66>

1.7 Composition chimique et propriétés de la sauge

Des études effectuées sur les composés bioactifs de la sauge ont révélé une riche diversité de terpénoides, d'acides phénoliques et de glycosides de flavones (**Dent *et al.*, 2013**). Plusieurs techniques d'extraction ainsi que des méthodes chromatographiques ont été élaborées pour analyser la teneur en biomolécules actives dans différentes herbes aromatiques, notamment la sauge. Ces études ont permis d'identifier divers polyphénols, parmi lesquels les acides phénoliques, les acides salvianoliques K et I, le méthyl rosmarinate, l'acide rosmarinique, l'acide caféique libre, les flavones, ainsi que plusieurs dérivés de la lutéoline (lutéoline-7- glucoside, lutéoline-7-glucuronide, 6-hydroxylutéoline-7-glucoside et lutéoline- 3-glucuronide) (**Dent *et al.*, 2013**).

Les propriétés antioxydantes de la sauge sont principalement attribuées à sa forte teneur en composés phénoliques, en particulier l'acide rosmarinique, un dimère de l'acide caféique, et aux glycosides de flavones. En outre, ces composés sont reconnus pour leurs activités antimicrobienne et antimutagène avérées, ce qui leur attribue un intérêt particulier en pharmacologie et en cosmétique (**Dent *et al.*, 2013**).

2 Huiles essentielles

L'utilisation des huiles essentielles pour se soigner est une pratique connue sous le nom d'aromathérapie (**Ranoarisoa *et al.*, 2012**). Elle remonte à l'Antiquité et est actuellement largement répandue.

2.1 Définition des huiles essentielles

Une huile essentielle est un extrait aromatique, généralement constitué de divers composés complexes, provenant d'une matière première végétale précisément identifiée. Elle est obtenue soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, ou encore par une méthode mécanique sans recours à la chaleur. Elle est habituellement séparée de l'eau par un procédé physique qui préserve sa composition intacte (**Vigan et Besançon, 2009**).

2.2 Identification des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des composés d'origine végétale. Elles sont reconnues pour leurs multiples bienfaits thérapeutiques (**Tchoumboungang *et al.*, 2009**). Généralement, elles sont composées d'un mélange complexe de composés dont les proportions peuvent varier. L'identification de ces constituants s'effectue par combinaison d'une des méthodes chromatographiques, telle que la chromatographie en phase gazeuse (CPG) avec une technique spectroscopique, telle que la spectrométrie de masse (SM). Cette approche est souvent complétée par l'utilisation d'indices de rétention sur deux colonnes de polarité distincte (polaires et apolaires) (**Tomi et Casanova, 2000**).

2.3 Fonction des huiles essentielles

Les huiles essentielles, extraites des plantes aromatiques et médicinales, sont utilisées pour diverses applications. Du fait de leur caractère volatil, elles contribuent aussi à la défense des plantes et des forêts face aux agressions extérieures et jouent un rôle dans la régulation climatique en favorisant la formation des précipitations. Les huiles essentielles sont connues pour leurs propriétés thérapeutiques, notamment leurs effets anti-infectieux, sont fréquemment employées en tant que produits non médicamenteux (**Soualeh et Soulimani, 2016**).

2.4 Activités biologiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont réputées pour leurs propriétés antiseptiques et antimicrobiennes. De nombreuses d'entre elles possèdent également des effets antitoxiques, antivenimeux, antiviraux, antioxydants et antiparasitaires. Leur potentiel anti-cancéreux a également été mis en évidence. L'efficacité d'une huile essentielle est fortement liée à sa composition chimique et aux interactions synergiques entre ses constituants.

Face à l'accroissement de la résistance microbienne aux antibiotiques, la quête d'alternatives s'impose désormais comme une exigence. Grâce à leur fort pouvoir antimicrobien, les huiles essentielles se présentent comme une alternative prometteuse pour le traitement des infections. En effet, les phénols, les aldéhydes, les alcools et les cétones terpéniques sont parmi les plus performants à large spectre contre les bactéries et les champignons **(Haddouchi et Benmansour, 2008)**.

3 Métabolites des plantes médicinales

3.1 Métabolites primaires

Le métabolisme primaire est un processus essentiel commun à la plupart des organismes vivants et à leurs organes. Il englobe l'ensemble des mécanismes impliqués dans la synthèse et dans la dégradation des acides nucléiques, des protéines, des lipides, des glucides, des sucres phosphorylés, des acides organiques et des acides aminés **(Roch, 2018)**.

Les protéines sont indispensables à la nutrition des humains et des animaux. Elles se trouvent dans les produits d'origine unicellulaire, animale et végétale. Elles jouent un rôle fondamental dans la structure et le fonctionnement des plantes, tout comme dans leur protection.

Les lipides sont des substances constituées d'acides gras et de polyols. Ils sont principalement stockés dans les fruits et les feuilles des plantes, mais également dans les tiges et le mésocarpe de certains fruits tels que l'olive et le palmier à huile. Leur concentration fluctue en fonction des conditions géographiques, saisonnières et génétiques **(Roch, 2018)**.

Les biomolécules les plus répandues dans la matière organique sont les glucides. Ils constituent approximativement 70 % de la masse sèche des plantes. Ils se trouvent sous forme de sucres simples ou de polymères, comme l'amidon et la cellulose. Ces glucides sont principalement utilisés pour le stockage de l'énergie, en particulier dans les racines des plantes **(Maouel et Mahfouf, 2016)**.

3.2 Métabolites secondaires

Les métabolites secondaires des plantes sont des composés naturels qui jouent un rôle primordial dans leur adaptation à l'environnement. Certains d'entre eux possèdent des propriétés pharmacologiques exceptionnelles, faisant d'eux des médicaments de grande importance **(Bourgoud *et al.*, 2013)**.

Depuis toujours, les plantes sont utilisées tant pour l'alimentation que pour leurs propriétés médicinales et thérapeutiques, en raison de leur richesse en métabolites secondaires. Ces derniers jouent un rôle clé dans l'adaptation des plantes à leur environnement, contribuant de manière efficace à leur tolérance face à différents types de stress, tels que les attaques de pathogènes et des insectes, la sécheresse ou encore l'exposition aux UV. L'étude de leur potentiel curatif fait l'objet de nombreuses recherches, permettant ainsi la découverte de nouveaux principes actifs (Andriamasinoro, 2018).

3.3 Fonction des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires jouent un rôle important dans les interactions entre la plante et son environnement : ils assurent, par exemple, une défense contre les compétiteurs, les agents pathogènes ou les herbivores, et peuvent aussi attirer les pollinisateurs en influençant la coloration des pétales. Les fonctions physiologiques de ces métabolites restent toutefois largement débattues. On leur attribue des rôles dans l'attraction des pollinisateurs, la défense contre les pathogènes, les prédateurs, ainsi que dans la résistance aux contraintes environnementales telles que la température ou les rayons UV (Souaadi, 2022).

3.4 Classifications de métabolites secondaires

3.4.1 Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des substances naturellement présentes dans tous les végétaux et qui se répartissent à travers l'ensemble de leurs organes. Ils se distinguent par la présence d'un noyau aromatique lié à un ou plusieurs groupements hydroxyles. Le terme "composés phénoliques des végétaux" désigne diverses catégories de molécules, notamment les phénols simples, les acides phénoliques, les coumarines, les flavonoïdes et les tannins. Ces composés jouent un rôle fondamental dans la protection des plantes. Chez l'être humain, ils contribuent à la prévention de maladies liées au stress oxydatif, telles que certains cancers, ainsi que les affections cardiovasculaires et neurodégénératives (Lehout et Laib, 2015).

3.4.1.1 Acides phénoliques (C6-C1 ou C6-C3)

Les acides phénoliques (**fig. 5**) se divisent en deux principales catégories : les dérivés de l'acide benzoïque et ceux de l'acide cinnamique. L'acide hydroxy-benzoïque est généralement présent en très faible concentration dans les végétaux comestibles. Ces dérivés sont rarement

présents dans l'alimentation humaine, contrairement aux acides hydroxy-cinnamiques, qui y sont abondamment répartis (Aissaoui, 2022).

Les acides phénoliques (fig. 5) peuvent être classés en deux principales catégories : les dérivés de l'acide benzoïque et ceux de l'acide cinnamique. On trouve généralement l'acide hydroxy-benzoïque en concentration minime dans les plantes comestibles. Ces dérivés sont rarement présents dans l'alimentation humaine, à l'inverse des acides hydroxy-cinnamiques, qui y sont abondamment répartis.

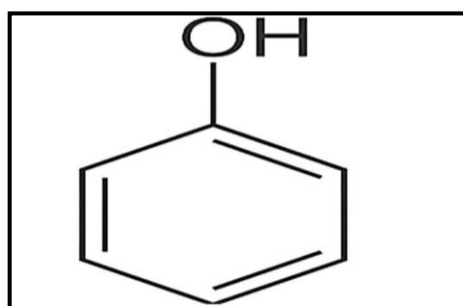


Figure 05 : Structure de l'acide phénolique (Sobiesiak et Magdalena, 2017).

3.4.1.2 Acides hydroxybenzoïques (C6-C1)

Les acides possèdent une structure C6-C1, définie par un noyau benzénique auquel est fixée une chaîne aliphatique d'un seul carbone (fig. 6) (Aissaoui, 2022).

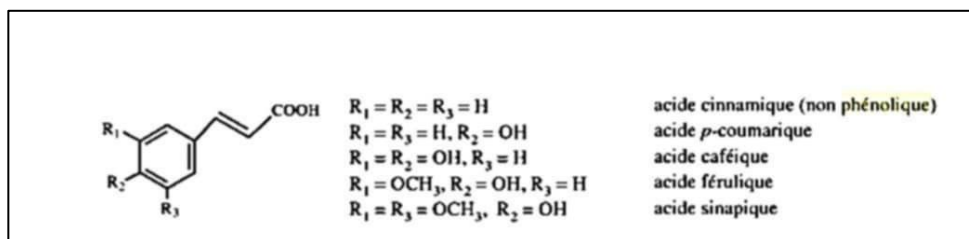


Figure 06 : Structure de l'acide hydroxybenzoïques (Sabiha, 2013).

3.4.1.3 Acide hydroxycinnamique (C6-C3)

Les acides hydroxy-cinnamiques ont une structure C6-C3. Ils résultent de la désamination de la phénylalanine, une réaction catalysée par la phénylalanine ammonia-lyase. Leur structure de base est constituée d'un noyau benzénique lié à une chaîne aliphatique de trois atomes de carbone

portant un ou plusieurs groupements hydroxyles (fig. 7), qui sont fréquemment estérifiés en esters d'alcools aliphatiques (Aissaoui, 2022).

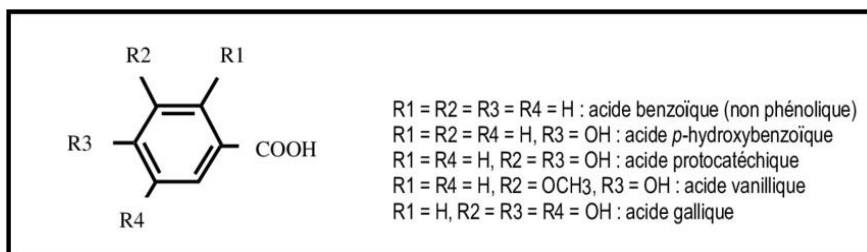


Figure 07 : Structure de l'acide hydroxycinnamique (Laguerre *et al.*, 2007).

3.4.2 Flavonoïdes

Les flavonoïdes ont été découverts en 1936 par Albert Szent-Györgyi, qu'était extrait du citron, une substance capable de traiter les affections liées à la fragilité des capillaires sanguins. D'abord appelée « vitamine P », cette appellation a rapidement été abandonnée au profit de « flavonoïdes », car ces composés ne sont pas essentiels à la vie (Bouhadjer et Zabar, 2023).

Les flavonoïdes constituent l'un des groupes les plus diversifiés. Ils appartiennent aux métabolites secondaires des plantes. Plus de 9 000 flavonoïdes sont déjà identifiés et classifiés, tandis que de nombreux autres restent encore à découvrir. Leur structure de base est composée de 10 atomes de carbone qui peut être modifiée par divers groupements tels que hydroxy, méthoxy, méthyl, benzyl et isoprényl, contribuant ainsi à leur grande diversité (Mellas, 2015).

3.4.2.1 Structure des flavonoïdes

Tous les flavonoïdes partagent une structure de base composée de quinze atomes de carbone.

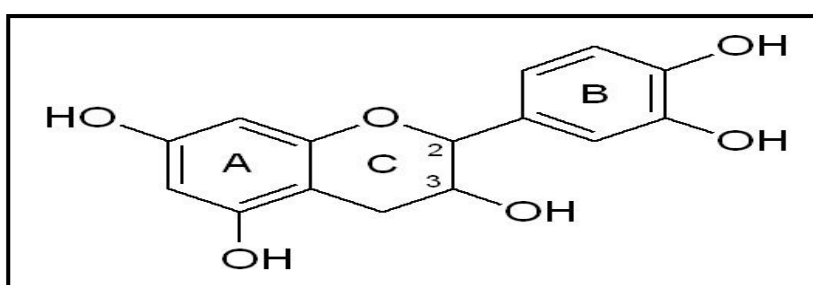


Figure 08 : Structure des flavonoïdes (Coste *et al.*, 2015).

Cette structure comprend deux cycles aromatiques de six carbones (A et B), reliés par un hétérocycle central nommé C (fig. 8) (Tayeb *et al.*, 2016).

3.4.2.2 Classification des flavonoïdes

Les flavonoïdes se divisent en plusieurs classes de molécules, telles que les flavones, flavonols, flavanones, dihydroflavonols, isoflavones, isoflavanones, chalcones, aurones, anthocyanes et les tanins (**fig. 9**). Ces composés peuvent exister soit en forme libre, soit sous forme de glycosides. Ils se retrouvent de manière générale dans toutes les plantes vasculaires, où ils sont présents dans divers organes, tels que les racines, les tiges, le bois, les feuilles, les fleurs et les fruits (**Marfak, 2003**).

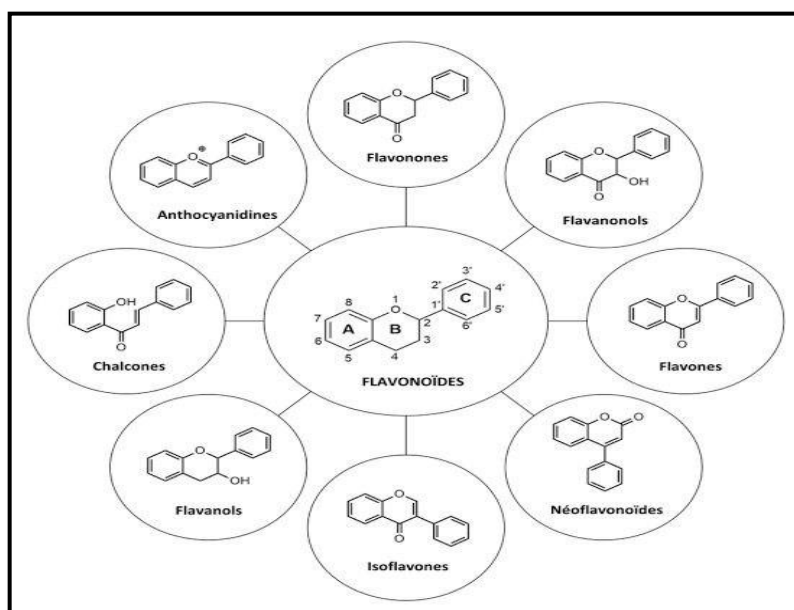


Figure 09 : Classification des flavonoïdes (**Rousserie et Pauline, 2019**).

3.4.2.3 Biosynthèse des flavonoïdes

Les flavonoïdes proviennent de la désamination de la phénylalanine. Cette réaction, catalysée par l'enzyme phénylammônia-lyase (PAL), aboutit à la formation de cinnamate qui est par la suite converti en acide coumarique, puis en 4-coumaroyl-coenzyme A sous l'action de la cinnamate-4-hydroxylase (C₄H) et de la CoA-ligase (4CL) (**fig. 10**).

Cette étape marque le début de la biosynthèse des flavonoïdes, ainsi que d'autres composés issus de la voie des phénylpropanoïdes, indispensables à la vie des végétaux. Le coumaroyl-CoA est ensuite transformé, grâce à l'intervention du malonyl-CoA et de la chalconesynthase, chalcone le précurseur fondamental des différentes classes de flavonoïdes (**Fiorucci, 2006**).

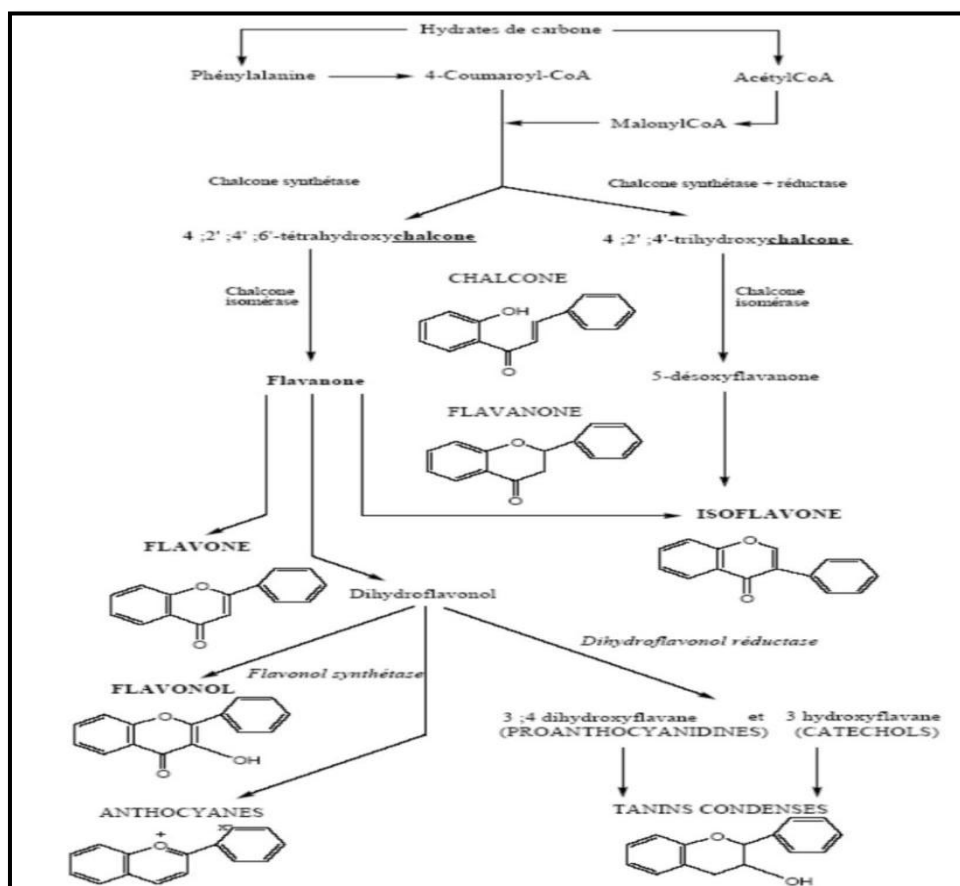


Figure 10 : Biosynthèse des flavonoïdes (Kebieche et Meraihi, 2009).

3.4.3 Tanins

Les tanins sont des composés naturels présents dans de nombreuses plantes, ils jouent un rôle essentiel dans la défense contre les herbivores et autres prédateurs. Toutefois, leur impact sur la nutrition animale est complexe et varie selon les espèces et les quantités ingérées (Jean, 1998).

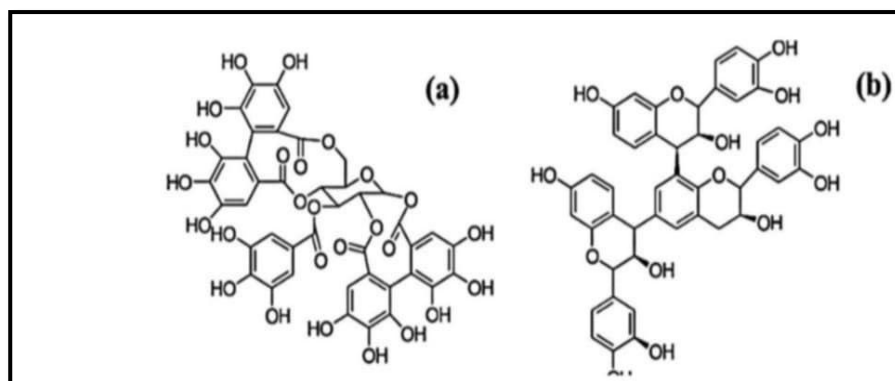


Figure 11 : Structure des tanins hydrolysables (a) et tanins condensés (b) (Bayarte, 2019).

3.4.3.1 Tanins hydrolysables

Les tanins hydrolysables (TH) sont des oligo- ou polyesters constitués d'un sucre, le plus souvent le glucose, et d'un nombre variable de molécules d'acides phénoliques. Selon la nature de l'acide phénolique impliqué, on distingue les tanins galliques, contenant de l'acide gallique, et les tanins ellagiques, formés à partir d'acide hexahydroxy-diphénolique (**fig. 11**) (**Bourkache, 2016**).

3.4.3.2 Tanins condensés

Les tanins condensés (TC) forment principalement des liaisons avec protéines. Ils sont considérés comme des substances anti nutritionnelles, car ils réduisent la digestibilité des protéines. Leur structure chimique et leur capacité à se lier aux protéines, varie en fonction de l'espèce végétale et de son stade de croissance (**fig. 11**) (**McMahon *et al.*, 2000**).

3.4.4 Terpénoides

Les terpènes constituent une famille de composés naturels extrêmement large et diverse sur le plan structural. Ils sont présents chez les plantes, les champignons et même chez l'homme. Ils sont utilisés comme parfums depuis plus de deux millénaires. Ils représentent souvent le principal élément volatil des huiles essentielles (**Wijesekera et Dissanayke, 2022**).

Certains terpènes et leurs dérivés, appelés terpénoïdes, sont utilisés en médecine occidentale pour traiter diverses maladies. Par exemple, le paclitaxel, un médicament anticancéreux, est issu d'un diterpène extrait de l'if du Pacifique (*Taxusbrevifolia*) (**Wijesekera et Dissanayke, 2022**).

Le terme « terpène » tire son origine de l'hydrocarbure aromatique contenu dans la térébenthine, dont l' α -pinène est le principal composant. Ce nom souligne la présence de doubles liaisons, signalée par le suffixe « -ène ». Selon la règle de l'isoprène, les terpènes sont parfois qualifiés d'isoprènes en raison de leur unité de base, l'isoprène (C₅). Par définition, les terpènes sont des hydrocarbures purs qui répondent à la formule générale (C₅H₈)_n. Lorsqu'ils comportent des groupes fonctionnels supplémentaires, ils sont appelés terpénoïdes ou isoprénoïdes (**Wijesekera et Dissanayke, 2022**).

3.4.5 Alcaloïdes

Un alcaloïde est un composé organique naturel, généralement d'origine végétale, de structure hétérocyclique qui intègre un atome d'azote (**fig. 12**). Il possède une structure moléculaire

complexe, souvent de nature basique et présente des effets physiologiques marqués même à faible concentration (**Bondu, 2009**).

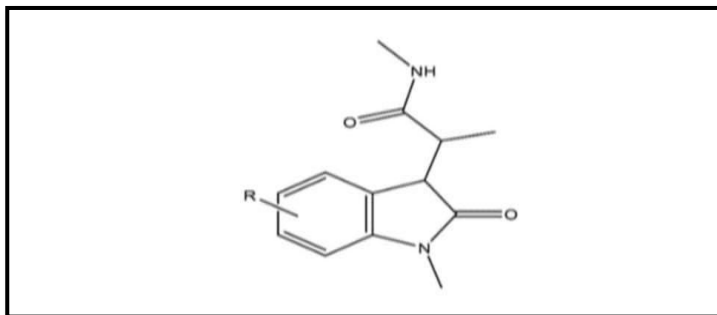


Figure 12 : Structure de base des alcaloïdes (**Vásquez-Ocmine, 2018**).

4 Stress oxydatif

Le stress oxydatif, ou stress oxydant, est causé par un déséquilibre entre les pro-oxydants et les antioxydants, au profit des premiers. Il peut résulter d'une production excessive d'espèces réactives de l'oxygène et/ou d'une diminution de l'efficacité des systèmes de défense antioxydants. Ce déséquilibre entraîne des dommages oxydatifs touchant l'ensemble des constituants cellulaires : les lipides, avec une altération des membranes ; les protéines, avec une perturbation des récepteurs et des enzymes ; et les acides nucléiques, avec un risque accru de mutations et de développement de cancers (**Fenghour, 2016**).

4.1 Radicaux libres

Les radicaux libres sont des espèces chimiques, atomiques ou moléculaires, neutres ou chargées, qui possèdent au moins un électron non apparié sur leur orbite externe, ce qui leur confère une grande réactivité. Ils peuvent être générés par des sources internes telles que les mitochondries, le réticulum endoplasmique ou certaines cellules immunitaires, mais aussi par des facteurs externes comme la pollution, l'alcool, la fumée de tabac, les solvants, les pesticides ou les rayonnements.

L'oxygène, bien qu'essentiel à la vie des organismes aérobies, peut ainsi devenir une source de stress oxydatif (**Ekoumou, 2003**), notamment par la formation de dérivés réactifs lors de réactions enzymatiques ou sous l'effet des rayons UV (**Cavina, 1999**). Parmi ces dérivés, on distingue les radicaux issus de l'oxygène par réduction monoélectronique, tels que le radical superoxyde ($O_2^{\bullet-}$), le radical hydroxyle (OH^{\bullet}), les peroxydes (ROO^{\bullet}) et les alkoxydes (RO^{\bullet}), ainsi que des espèces non radicalaires mais tout aussi réactives, comme l'oxygène singulet (1O_2), le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) ou l'ozone (O_3), qui peuvent également être des précurseurs de

radicaux (**Sharma *et al.*, 2012**). Lorsque leur production dépasse la capacité des systèmes de défense antioxydants à les neutraliser, un stress oxydatif peut survenir (**Reffas et Slimani, 2019**).

Le terme "antioxydant" est utilisé pour caractériser des substances ou des composés de nature diverse, capables de lutter ou de contrôler l'accumulation des radicaux libres dans la cellule. Cette propriété leur permet d'agir en tant que moyen de défense contre les dérivés actifs de l'oxygène. Les systèmes antioxydants sont multiples et peuvent être enzymatiques ou non enzymatiques (**Halliwell et Whitemen, 2004**).

Les antioxydants sont capables de neutraliser, de limiter ou d'empêcher la formation des espèces réactives de l'oxygène. Ils agissent en les réduisant, en les dismutant, en formant des composés stables (**Favier, 2003**).

4.2.1 Maladies liées aux stress oxydatif

Le stress oxydatif est à l'origine de plusieurs altérations biochimiques au sein des cellules, notamment l'oxydation de l'ADN, des protéines, des lipides et du glucose (**Loft *et al.*, 2008**).

5 Activité antimicrobienne

Dès la naissance, l'être humain est exposé à divers micro-organismes qui colonisent progressivement son corps. Pour s'en défendre, l'organisme mobilise trois types de mécanismes : les barrières anatomiques, les défenses naturelles (innées) et l'immunité acquise (**Kaufmann, 1997**).

Le traitement des infections bactériennes repose principalement sur les antibiotiques. Cependant, leur usage excessif et parfois inadapté favorise l'émergence de souches bactériennes multirésistantes. Cela souligne la nécessité de développer de nouvelles approches thérapeutiques, notamment à partir des plantes médicinales (**Billing et Sherman, 1998**).

Parmi les composés végétaux, les polyphénols en particulier les flavonoïdes et les tanins sont connus pour leur activité antimicrobienne. Leur action passe notamment par l'inhibition d'enzymes hydrolytiques (protéases, carbohydrases) ou par l'interférence avec des structures microbiennes clés, comme les adhésines, les protéines de transport ou les composants de la membrane cellulaire (**Cowan, 1999**).

5.1 Principales substances antimicrobiennes d'origine naturelle et synthétique

5.1.1 Antibiotiques

Les antibiotiques sont, à l'origine, des substances produites par des microorganismes, mais ce terme englobe aujourd'hui également les dérivés semi-synthétiques et les molécules entièrement synthétiques. Ils constituent le principal traitement des infections bactériennes en ciblant spécifiquement certaines voies métaboliques des bactéries, sans nuire aux organismes supérieurs. Cette sélectivité les distingue des antiseptiques (**Bergogne-Berezin et Dellamonica, 1995**).

5.1.2 Composés phénoliques

De nombreuses études *in vitro* et *in vivo* ont confirmé l'activité antimicrobienne des polyphénols. Les flavonoïdes, en particulier, présentent un fort pouvoir inhibiteur sur la croissance de diverses bactéries. Des composés comme l'apigénine et le kaempférol ont montré une efficacité notable contre des souches à Gram négatif (*Pseudomonas aeruginosa*) et Gram positif (*Staphylococcus aureus*) (**Ulanowska et al., 2007**).

Chapitre 02

Matériel et Méthodes

1 Objectif du travail

Ce travail a pour objectif la mise en évidence des composés bioactifs dans les feuilles de *Salvia officinalis* L. notamment les polyphénols totaux, les flavonoïdes, les alcaloïdes et les huiles essentielles. De plus, la teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes est quantifiée dans un extrait de feuilles de *Salvia officinalis* L. Le travail est complété en étudiant ses propriétés antioxydantes via le test antiradicalaire DPPH et ABTS, et l'activité antimicrobienne vis -à-vis des souches bactériennes et fongiques.

Les expériences sont réalisées au niveau du laboratoire de Biochimie, le laboratoire d'enzymologie et le laboratoire de Microbiologie de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie (SNV) de l'Université Constantine 1 Frères Mentouri (UMC1), ainsi qu'au laboratoire de Biochimie du Centre de Recherche en Biotechnologie de Constantine (CRBt).

2 Échantillonnage

Les feuilles matures et saines de *Salvia officinalis* L. Ont été achetées auprès d'un herboriste local à Constantine. Elles sont sélectionnées en veillant à l'absence de taches, de moisissures ou de signes de détérioration. Les feuilles sont ensuite transportées dans des sacs en papier pour éviter toute humidité ou contamination.

3 Lavage

Les échantillons sont soigneusement nettoyés et rincés à l'eau distillée afin d'éliminer toute trace de poussière et d'impuretés.

4 Séchage

Après le lavage, les échantillons sont séchés à température ambiante, dans un espace bien aéré et à l'abri de la lumière. Cette méthode permet de préserver leurs activités biologiques et en assurant un broyage optimal et une humidité résiduelle standardisée.

5 Broyage

Une fois séchées, les feuilles sont broyées à l'aide d'un broyeur électrique afin d'obtenir une poudre fine. Celle-ci est ensuite conservée dans un récipient hermétique et opaque, garantissant ainsi une protection optimale contre la lumière et l'humidité, et prévenant ainsi la photooxydation des composés bioactifs.

6 Extraction des molécules bioactives

6.1 Principe la macération

La macération est une méthode d'extraction consistant à laisser tremper une substance végétale (comme des feuilles, fleurs ou racines) dans un solvant (généralement de l'eau, de l'alcool ou un mélange des deux) à température ambiante pendant une période donnée, afin d'en extraire les composés actifs.

6.2 Extraction par macération dans le méthanol aqueux

Selon le protocole d'extraction de **Ciulei (1983)**, une quantité de 100 g de feuilles est utilisée : 50 g pour l'extrait brut et 50 g pour l'extrait méthanoïque. L'extraction est réalisée à une température ambiante.

L'extraction méthanoïque est effectuée avec 520 mL de solvant (méthanol/eau, 70/30 v/v), tandis que l'extrait brut est obtenu avec 500 mL de solvant (méthanol/eau, 80/20 v/v), et sous agitation intermittente.

La filtration est effectuée sur papier filtre Whatman N°6, elle est répétée trois fois sur une durée de 72 h, avec renouvellement du solvant chaque 24 heures. Les filtrats ainsi obtenus sont concentrés à l'aide d'un Rotavapeur (BUCHIR) à 40 °C avec une vitesse de rotation 3 pendant 45 minutes.

6.3 Détermination du rendement d'extraction

Le rendement de l'extrait brut est défini comme étant le rapport entre la masse de l'extrait sec obtenue et la masse du matériel végétal utilisée (**Dahmani et Dahmani, 2018**). Ce rendement est calculé via l'équation :

$$R (\%) = M_{\text{ext}}/M_{\text{éch}}.100$$

Dont :

R : le rendement exprimé en %.

M_{ext} : la masse de l'extrait après évaporation du solvant exprimée en g.

M_{éch} : la masse sèche la plante exprimée en g.

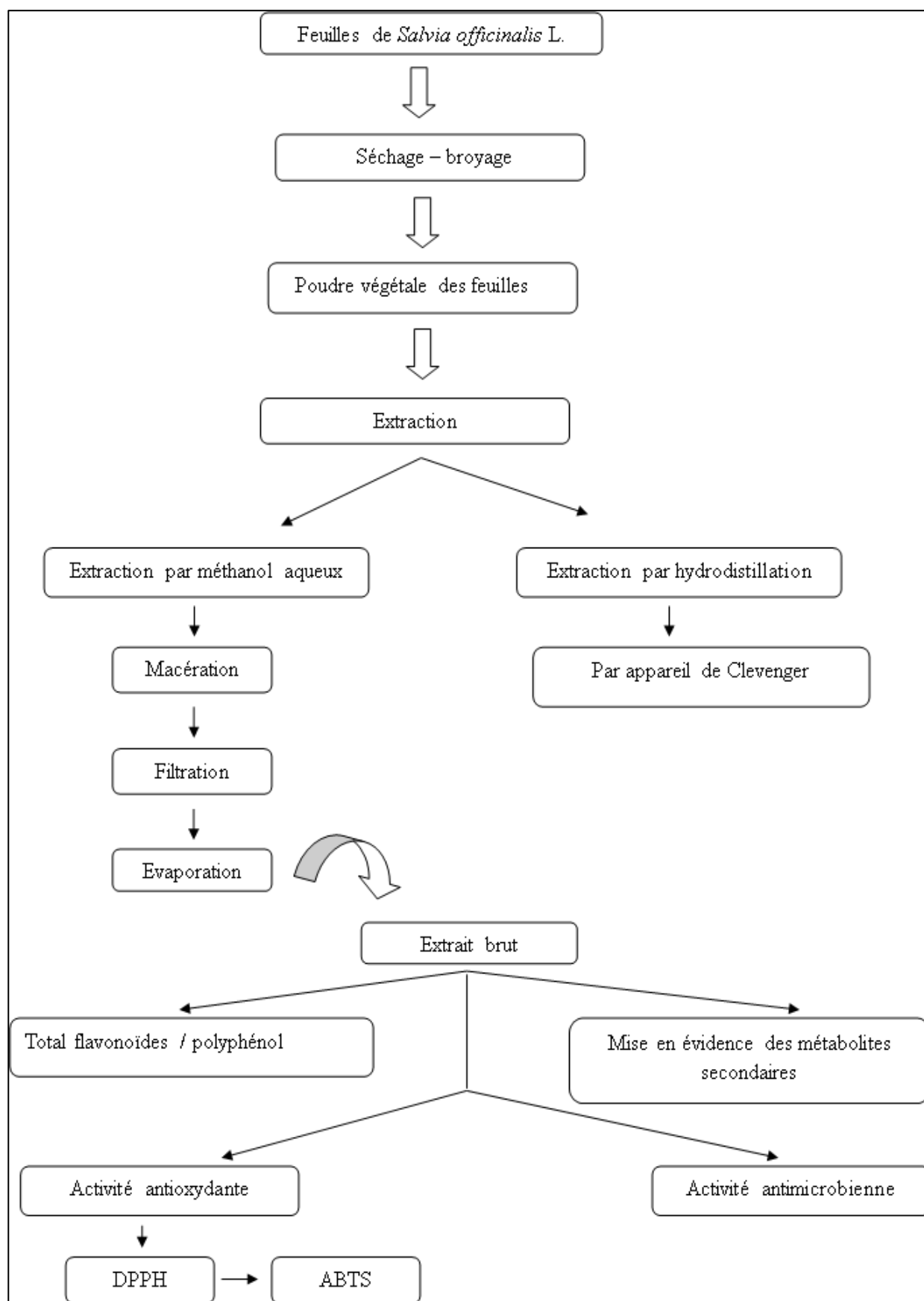


Figure 13 : Schéma générale des différentes étapes de la procédure expérimentale (Par l'auteur).

7 Hydrodistillation

7.1 Extraction d'huile essentielle

L'hydrodistillation, ou distillation à l'eau, est la méthode la plus ancienne et la plus simple pour l'extraction des huiles essentielles. Elle consiste à immerger directement le matériel végétal dans un alambic rempli d'eau, puis à chauffer l'ensemble jusqu'à ébullition.

L'extraction des huiles essentielles est réalisée par hydrodistillation en utilisant le Clevenger. Cet appareil comprend un chauffe-ballon, assurant une répartition homogène de la chaleur dans un ballon en verre Pyrex, où sont placés le matériel végétal séché et l'eau distillée. Il est également équipé d'une colonne de condensation (réfrigérant) pour refroidir la vapeur issue de l'ébullition, et d'un collecteur où s'accumulent les produits distillés (Dahmani et Dahmani, 2018).

7.2 Procédé d'extraction

L'extraction des huiles essentielles est réalisée par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger. Avant son utilisation, l'appareil est nettoyé à l'acétone puis rincé à l'eau distillée afin d'éviter toute contamination. Pour l'extraction, 100 g des feuilles sont mélangés à 1000 mL d'eau distillée dans le ballon. Le mélange a été porté à l'ébullition pendant 3h, permettant à l'huile essentielle d'être entraînée par la vapeur d'eau. Après condensation, le distillat obtenu présente une fine couche d'huile essentielle en surface, qui est ensuite séparée après un temps de repos (Dahmani et Dahmani, 2018).

7.3 Calcul du rendement

Le rendement en huile essentielle est le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la plante à traiter. Le rendement, exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$\text{RHE (\%)} = (\text{MHE} / \text{MS}) \times 100$$

RHE : Rendement en huile essentielle.

MHE : Poids de l'huile extraite exprimé en mg.

MS : Poids de la matière végétale sèche mg.

8 Mise en évidence des métabolites secondaires

8.1 Mise en évidence des alcaloïdes

Pour la détection des alcaloïdes, 1 mL de l'extrait brut est prélevé dans trois tubes à essai, avec trois répétitions. À chacun des tubes, cinq gouttes des réactifs suivants sont ajoutées séparément :

Réactif de Mayer : préparé avec 1,36 g de chlorure de mercure et 5 g d'iodure de potassium dissous dans 100 mL d'eau distillée. Il donne un précipité blanc-jaunâtre en présence d'alcaloïdes.

Réactif de Wagner : composé de 1,27 g d'iode et 2 g d'iodure de potassium dans 100 mL d'eau distillée. Il forme un précipité rouge brique foncé en cas de présence d'alcaloïdes.

Réactif de Hager : contient 1,5 g d'acide picrique dans 100 mL d'eau distillée et révèle la présence des alcaloïdes par un précipité jaune.

La présence d'alcaloïdes est confirmée par la formation d'un précipité dans chaque tube : blanc-jaunâtre avec le réactif de Mayer, rouge brique foncé avec celui de Wagner, et jaune avec le réactif de Hager (**Bramki et Nekia, 2016**).

8.2 Mise en évidence des polyphénols

2 ml de l'extrait brut sont mélangés avec quelques gouttes d'une solution de FeCl_3 (2%). L'apparition d'une couleur bleue noirâtre ou verte intense indique la présence de polyphénols (**Salhi et Larkeche, 2019**).

8.3 Mise en évidence des tanins

À 1mL de l'extrait brut est ajouté 200 μL d'une solution de FeCl_3 (2%). Une coloration verte ou bleu-noir indique la présence des tanins (**Salhi et Larkeche, 2019**).

8.4 Mise en évidence des flavonoïdes

À un volume de 2 mL de l'extrait brut, des fragments de ruban de magnésium sont ajoutés, ensuite un volume de HCl concentré est ajouté à cette solution. L'apparition d'une coloration rose ou rouge magneta a après quelques minutes révélé la présence des flavonoïdes (**Salhi et Larkeche, 2019**).

9 Dosage des composés bioactifs

9.1 Dosage de polyphénols totaux

9.1.1 Principe

La teneur en composés phénoliques totaux (CPT) est déterminée selon la méthode de **Singleton et Rossi (1965)**, en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu, lui-même constitué d'acide phosphotungstique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$). Ces acides peuvent être réduits par les composés phénoliques, en milieu alcalin, en oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}). L'intensité de la couleur est proportionnelle à la teneur en composés phénoliques totaux.

9.1.2 Protocole expérimental

Un volume de 500 μL d'extrait brut et du standard est mélangé avec 1000 μL du réactif de Folin-Ciocalteu ($1/10^{\text{ème}}$) et 800 μL de carbonate de sodium (7,5%). Après 2 heures d'incubation à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à 765 nm. La teneur en composés phénoliques est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique (**Annexe 1 a**). Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent de l'acide gallique par milligramme de la matière végétal sèche (mg EAG/mg).

9.2 Dosage des flavonoïdes

9.2.1 Principe

La quantification des flavonoïdes est réalisée en utilisant le trichlorure d'aluminium (AlCl_3), selon la méthode décrite par **Boudiaf (2006)**. Ce réactif forme un complexe stable avec les groupements hydroxyles (-OH) des phénols, donnant une coloration jaune dont l'absorbance est mesurée à 430 nm.

9.2.2 Protocole expérimental

Un volume de 1 mL de l'extrait brut et du standard, dissous dans le méthanol est mélangé avec 1 mL d'une solution d' AlCl_3 (2 % dans le méthanol). Après agitation, le mélange est incubé pendant 10 minutes, puis l'absorbance est mesurée à 430 nm.

La quantification des flavonoïdes est réalisée à l'aide d'une courbe d'étalonnage de la quercétine (**Annexe 1 b**).

Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent de la quercétine par milligramme de matière végétale sèche (mg EQ/mg).

10 Evaluation de l'activité antioxydante

10.1 Test du DPPH

10.1.1 Principe

La méthode du radical DPPH repose sur l'évaluation de l'activité antioxydante d'un échantillon à travers la diminution de la coloration de la solution de DPPH. Lorsqu'il entre en réaction avec une substance capable de lui céder un atome d'hydrogène, le radical DPPH est réduit, entraînant ainsi la perte progressive de sa couleur violette au profit d'une teinte jaunâtre (**fig. 14**). Cette réduction, proportionnelle au nombre de protons transférés, est quantifiée par mesure de l'absorbance à 517 nm, permettant par la suite d'estimer le pouvoir antioxydant de l'extrait (**Gulçin et al., 2010**).

10.1.2 Procédure

Le test est réalisé selon la méthode décrite par **Blois (1958)**. Une solution de DPPH est préparée en dissolvant 6 mg de DPPH dans 100 mL de méthanol, puis agitée pendant 30 minutes à l'abri de la lumière 20°C.

Sur une microplaque à 96 puits, 160 µL de cette solution de DPPH sont mélangés avec 40 µL de l'extrait à tester. Le mélange est ensuite incubé à température ambiante pendant 30 minutes. L'absorbance est mesurée à 517 nm (**fig. 14**). L'acide ascorbique et le trolox sont utilisés comme standards. Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Inhibition du DPPH (\%)} = [(\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon}) / \text{Abs contrôle}] \times 100$$

Où Abs représente l'absorbance mesurée à 517 nm.

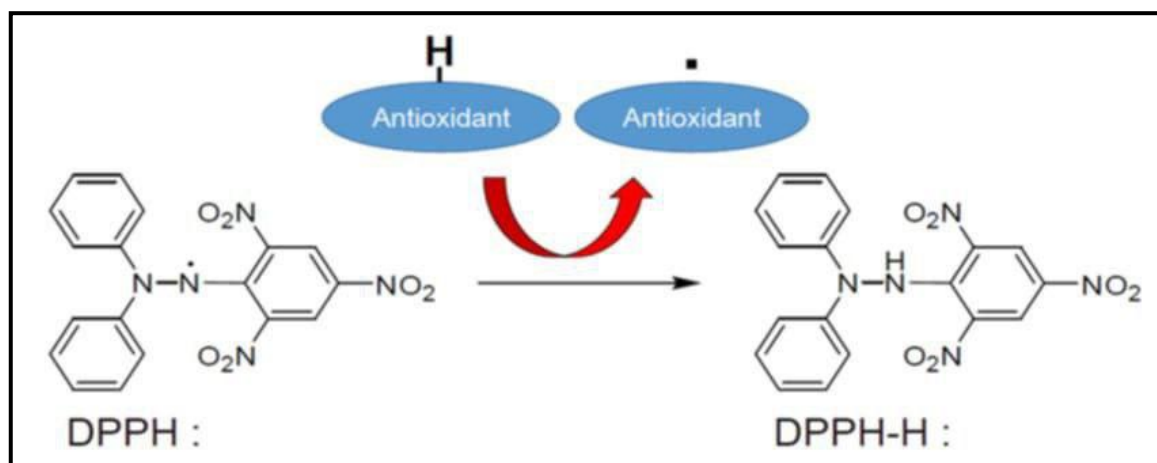


Figure 14 : Structure chimique du radical DPPH et de sa forme réduite (Singh *et al.*, 2022).

10.2 Test de l'ABTS

10.2.1 Principe

Ce test repose sur la capacité d'un antioxydant à stabiliser le radical cationique ABTS \bullet^+ (sel d'ammonium de l'acide 2,2'-azinobis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)), de couleur bleu-verdâtre. Ce radical est généré par oxydation de l'ABTS, initialement incolore, à l'aide de composés oxydants tels que le phosphate de potassium (KH_2PO_4) et le 2,2'-azo-bis(2-amidinopropane) dihydrochloride (AAPH). La réaction se déroule en deux étapes : d'abord, la formation du radical ABTS \bullet^+ par arrachement d'un électron à un atome d'azote de l'ABTS ; ensuite, en présence d'un antioxydant donneur d'hydrogène ($\text{H}\bullet$), le radical piège cet atome pour former l'ABTSH $^+$, entraînant ainsi une décoloration de la solution (**fig. 15**) (Ghnimi, 2015).

10.2.2 Procédure

L'activité antioxydant est évaluée selon la méthode modifiée de **Re *et al.* (1999)**. Pour cela, 19,2 mg d'ABTS (7 mM) et 3,3 mg (2,45mM) de persulfate de potassium ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) sont dissous dans 10 mL d'eau distillée. Après agitation et homogénéisation, la solution est laissée au repos à l'abri de la lumière pendant 12 à 16 heures afin de permettre la formation du radical ABTS \bullet^+ .

Après le repos, l'absorbance de la solution ajustée à 734 nm à l'aide du méthanol ou de l'eau distillée.

Pour l'essai, 160 μL du réactif ABTS dilué sont mélangés avec 40 μL de l'extrait *Salvia officinalis* L. . Le mélange est incubé pendant 10 minutes à température ambiante, puis l'absorbance est mesurée à 734 nm.

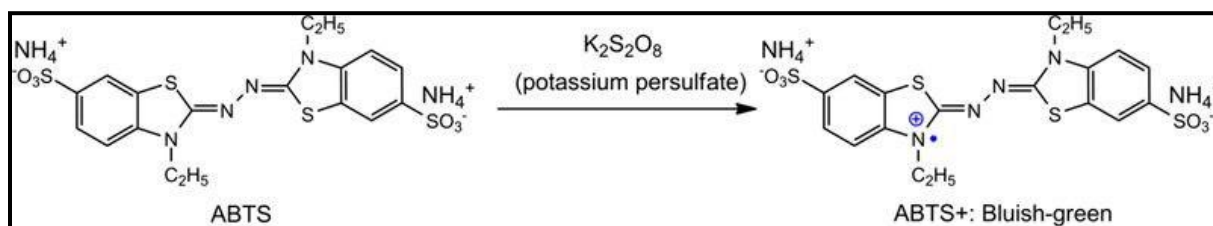


Figure 15 : Formation et piégeage du radical $\text{ABTS}^{\bullet+}$ par un antioxydant donneur de H^\bullet (Xiao *et al.*, 2020).

11 Evaluation de l'activité antimicrobienne

L'évaluation de l'activité antibactérienne de l'extrait de *Salvia officinalis* L. est réalisée par la méthode de diffusion sur disque contre des bactéries et des champignons de référence. Les microorganismes testés incluent une bactérie à Gram négatif (*Pseudomonas aeruginosa*), deux bactéries à Gram positif (*Bacillus sp.* et *Staphylococcus aureus*), et une moisissure (*Aspergillus niger*). Toutes ces souches sont fournies par le Laboratoire de l'Institut Passeur de Constantine.

11.1 Procédure

La méthode de diffusion sur disque est largement utilisée pour évaluer l'activité antimicrobienne. Elle consiste à ensemercer par inondation une préculture bactérienne sur des boîtes de Pétri contenant de la gélose Mueller-Hinton. Pour la moisissure *Aspergillus niger*, un fragment de mycélium est déposé au centre de la boîte contenant la gélose Sabouraud.

Trois disques stériles sont ensuite placés sur la surface : l'un imprégné de 20 μL d'extrait brut, un autre de 20 μL d'une dilution 1/2 de l'extrait, et un dernier imbibé de 20 μL de méthanol servant de témoin. Pendant l'incubation, à 30 $^\circ\text{C}$ pour les bactéries et à 28 $^\circ\text{C}$ pour les champignons, la substance diffuse dans la gélose, formant un ainsi un gradient de concentration. L'efficacité antimicrobienne est évaluée par la mesure du diamètre des zones d'inhibition autour des disques après 24 h et 48h d'incubation.

Chapitre 03

Résultats et discussion

1 Objectif du travail

Le présent travail s'inscrit dans le cadre d'un projet de fin d'études. Il a pour objectif la mise en évidence de certains métabolites secondaires tels que les alcaloïdes, les polyphénols, les flavonoïdes et les tanins ainsi que les huiles essentielles. Il vise aussi à estimer la teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes et l'évaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne dans l'extrait brut des feuilles de *Salvia officinalis* L.

2 Rendement de l'extraction

Dans le cadre de notre étude, l'extraction des composés bioactifs de *Salvia officinalis* L. est réalisée par la méthode de macération par le méthanol aqueux, une technique douce et largement utilisée pour extraire les métabolites secondaires à partir des matières végétales.

Les deux solvants, le méthanol à 80 % (extrait brut) et le méthanol à 70 % (extrait méthanoïque), ont permis d'obtenir des rendements d'extraction très proches, avec des valeurs respectives de 14,18 % et 14,17 %. Ces valeurs proches indiquent une efficacité comparable entre les deux solvants. En raison de cette équivalence, l'extrait brut est retenu pour la suite des expériences, pour poursuivre les analyses.

D'après les sources bibliographiques consultées le rendement d'extraction varie non seulement d'une plante à une autre, mais aussi selon plusieurs facteurs liés à l'extraction des métabolites secondaires, notamment la polarité du solvant, l'espèce végétale étudiée, le type du matériel utilisé et la méthode d'extraction (Stojanovi et Veljkovi, 2007). Cette dernière constitue une étape cruciale qui nécessite une attention particulière. De plus, des facteurs comme la collecte, le séchage et le stockage directement liés à l'extraction influencent fortement tant le rendement que la qualité des extraits (Benjilali, 2005). Balansard (2007) a souligné également que la période de récolte impacte considérablement la composition chimique de la plante et donc son activité biologique.

3 Rendement d'huiles essentielles

Dans la présente étude, les huiles essentielles sont extraites des feuilles de *Salvia officinalis* L. par hydrodistillation en utilisant de l'appareil de Clevenger. Le rendement d'extraction des huiles essentielles enregistré est assez faible, il est égal à 0,18% en raison de cette faible quantité d'huile essentielle, qui ne permet pas de réaliser convenablement les tests biologiques, les activités antioxydante et antimicrobienne ont été évaluées à partir d'extrait brut, plus disponibles en quantité. Ce résultat se démarque clairement des rendements élevés rapportés dans d'autres études.

Par exemple, **Chalchat et al. (1998)**, qui ont également travaillé sur la plante *Salvia officinalis* L. en Europe, ont enregistré des rendements nettement supérieurs : atteignant 2,05% en France, 2,50% en Hongrie, 2,90% au Portugal et 2,30% en Roumanie. Par ailleurs, **Fellah et al. (2006)** ont noté un rendement de 2,55% en Tunisie (Djebel Ouest) en travaillant avec la même plante. Cependant, le rendement rapporté par **Djeddi et al. (2012)** en Algérie, qui est de 0,08%, est largement inférieur au rendement obtenu de cette étude.

Les résultats de rendement d'extraction des huiles essentielles de *Salvia officinalis* L. varient considérablement d'un auteur à un autre, en raison de plusieurs facteurs. **Rodolfo et al. (2006)** ont montré que le rendement en huiles essentielles dépend de l'origine de la plante et de nombreux paramètres, tels que les conditions climatiques (chaleur, froid, stress hydrique), la diversité interspécifique, le type d'organes utilisés pour l'extraction, la localité de récolte, ainsi que la température de séchage. D'autres éléments comme la saison de récolte et le stade de développement de la plante végétal jouent également un rôle important (**Fellah, 2001 ; Laouer, 2004**).

4 Criblage des métabolites secondaires

L'extrait brut obtenu des feuilles de *Salvia officinalis* L., a fait l'objet d'un screening phytochimique. Le but de cette étude qualitative est de déterminer les principaux groupes de composés chimiques dans l'extrait brut. Les tests ont décelé la présence de polyphénols, tanins et alcaloïdes et l'absence des flavonoïdes. Les réactions impliquées se basent sur des phénomènes de précipitation ou de coloration induits par des réactifs particuliers. Les résultats de ce criblage sont résumés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Résultats du criblage des métabolites secondaires dans l'extrait brut de *Salvia officinalis* L.




Composés phénoliques	Résultats
Alcaloïdes	(+++)
Flavonoïdes	(+-)
Tanins	(+++)
Polyphénols	(+++)

+ : Présences, - : Absence

4.1 Mise en évidence des alcaloïdes

L'utilisation des réactifs de Mayer, Wagner et Hager pour détecter les alcaloïdes, dont les résultats sont donnés dans le tableau 2, révèle une concentration élevée en alcaloïdes dans les feuilles et les tiges de *Salvia officinalis* L. La confirmation de la présence de ces composés est apportée par le développement de précipités typiques observés lors des différents tests effectués.

Tableau 2 : Mise en évidence des alcaloïdes dans l'extrait brut de *Salvia officinalis* L.

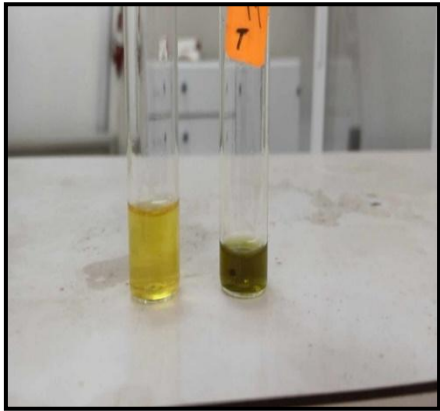
Test	Photos des résultats	Coloration	Précipité /Intensité de la coloration
Réactif de Mayer		Précipité est blanc – jaunâtre	(---)
Réactif de Wagner		Précipité est rouge brique foncé	(+++)
Réactif de Hager		Précipité jaune	(+++)

L'ajout du réactif de Mayer (Iodure de mercure-potassium) à l'extrait de sauge a conduit à la formation d'un précipité blanc crémeux, indiquant la présence des alcaloïdes par la formation d'un complexe insoluble. Par ailleurs, l'utilisation du réactif de Wagner (Iodure de potassium) a donné lieu à un précipité de couleur brune, tandis que le réactif de Hager, qui contient du picrate de sodium, a interagi avec les alcaloïdes pour former un précipité jaune distinctif.

4.2. Mise en évidence des tanins

La mise en évidence des tanins dans l'extrait brut *Salvia officinalis* L., est effectuée en utilisant la solution de chlorure ferrique, (FeCl_3). La réaction a induit une couleur oscillante entre le vert et le bleu-noir.

Tableau 3 : Mise en évidence des tanins dans l'extrait brut de *Salvia officinalis* L.


Test	Photos des résultats	Coloration	Précipité/Intensité de la coloration
Extrait (brut)+ Quelques gouttes (FeCl_3 2%)		Verte ou bleu-noir	(+++)

Cette variation de teinte aide à identifier le type de tanins présents, une coloration verte est souvent indicative des tanins hydrolysables, alors qu'une coloration bleu-noir suggère plutôt la présence de tanins condensés. La présence simultanée de ces deux nuances indique que l'extrait pourrait contenir un mélange des deux variétés de tanins, avec une probable prépondérance des tanins hydrolysables, comme le suggère la couleur verte plus prononcée.

4.3 Mise en évidence des polyphénols

La mise en évidence des polyphénols est réalisée par le biais du test au chlorure ferrique. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 4. Les polyphénols possèdent des groupes hydroxyles ($-\text{OH}$) sur des cycles aromatiques. Lorsqu'ils réagissent avec des ions ferriques (Fe^{3+}) du chlorure ferrique, il se forme des complexes colorés noirâtre, ce qui indique la richesse des feuilles *Salvia officinalis* L. en polyphénols.

Tableau4 : Mise en évidence des polyphénols dans l'extrait brut de *Salvia officinalis* L.


Test	Photos des résultats	Coloration	Précipité /Intensité de la coloration
Test au chlorure ferrique (2%)		Verte intense ou bleu noirâtre	(+++)

4.4. Mise en évidence des flavonoïdes

La caractérisation des flavonoïdes est effectuée en utilisant une solution de chlorure d'aluminium (AlCl_3 à 1 %), comme montrée le tableau 5.

L'apparition de cette coloration jaune, relativement claire, indique la présence de ces composés phénoliques dans les feuilles de *Salvia officinalis* L. avec de très faibles concentrations.

Tableau 4 : Mise en évidence des flavonoïdes dans l'extrait brut de *Salvia officinalis* L.

Test	Photos des résultats	Coloration	Précipité /Intensité de la coloration
Test de HCL avec quelques fragments de ruban de magnésium		Rose ou rouge magnéta	(+--)

Le criblage phytochimique de l'extrait brut des feuilles de *Salvia officinalis* L. a permis de mettre en évidence la présence de plusieurs groupes de métabolites secondaires, notamment les tanins, les polyphénols et les alcaloïdes, ce qui suggère une richesse chimique intéressante, qui peut expliquer certaines de ses activités biologiques traditionnelles. Les tanins et les polyphénols sont bien connus pour leurs propriétés antioxydantes, et antimicrobiennes et leur présence soutient l'utilisation médicinale de cette plante. Les alcaloïdes détectés renforcent également l'intérêt pharmacologique de l'extrait, en raison de leurs effets physiologiques potentiellement marqués.

L'absence de flavonoïdes dans cet extrait peut s'expliquer soit par la faible teneur dans la partie végétale utilisée, soit par la méthode d'extraction utilisée qui peut être moins adaptée. Leur non-détection ne signifie donc pas leur absence totale, mais plutôt une limite liée aux conditions expérimentales.

Ces observations confirment que les feuilles *Salvia officinalis* L. constitue une source de composés bioactifs pouvant contribuer à diverses activités biologiques, et justifient la poursuite des recherches pour mieux caractériser son potentiel thérapeutique.

5 Teneur en polyphénols

5.1. Teneur en polyphénols totaux

Les polyphénols sont des molécules bioactives particulièrement étudiés en raison de leurs fortes propriétés antioxydantes et antimicrobiennes. Ainsi, leur quantification est réalisée dans l'extrait brut des feuilles de la plante *Salvia officinalis* L., en utilisant la méthode spectrophotométrique basée sur le réactif de Folin-Ciocalteu.

Les teneurs obtenues sont exprimées en mg, équivalent acide gallique par milligramme de matière végétale sèche (**tab. 6**) en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de l'acide gallique (**Annexe 1 a**).

Tableau 5 : Teneur en polyphénols dans l'extrait brut de *Salvia officinalis* L.

Extrait	Teneur en flavonoïdes (mg EQ/mg)	Teneur en polyphénols (mg EAG/mg)
	1,4 ± 0,166	5,24 ± 0,299

Les résultats obtenus, dans cette étude, révèlent que la teneur totale en polyphénols (TPC) dans l'extrait brut de *Salvia officinalis* L. est de 5,24 ± 0,299 mg EAG/mg. Cette mesure est

inférieurs par rapport à celle obtenue par **Duletic-Lausevic *et al.* (2018)** qui ont travaillé sur la plante *Salvia officinalis* L. qui ont noté des valeurs allant de 42,28 à 124,91 mg EAG/g de la matière végétale séchée en gramme.

Les résultats rapportés par **Miliauskas *et al.* (2004)** montrent que la teneur en polyphénols totaux (TPC) dans leur extrait brut de *Salvia officinalis* L. est de $9,7 \pm 0,4$ mg EAG/g. Cette valeur est supérieure à celle obtenue dans l'actuelle étude. De plus, le résultat obtenu est nettement inférieur à celui de **Baskan *et al.* (2007)**, qui ont rapporté une teneur en TPC de 15,6 mg/g de matière sèche, bien que cette valeur était à l'époque jugée comme élevée.

Plusieurs éléments pourraient justifier cette fluctuation, y compris les conditions climatiques, la période de récolte, le type de cultivar, ainsi que la méthode de dosage et le solvant utilisé lors de l'extraction. Par ailleurs, des facteurs tels que la température d'extraction, le nombre de phases d'extraction, ainsi que l'état de l'échantillon et son origine géographique, constituent également des variables non négligeables (**Li *et al.*, 2009 ; Suhaj, 2006**).

D'après **Zapata *et al.* (2013)**, la teneur en composés phénoliques totaux varie au fil des saisons, elle atteint son pic pendant l'été et enregistre sa valeur minimale au printemps. Cette fluctuation pourrait résulter de l'effet des températures élevées, qui stimulent l'accumulation des composés phénoliques en réponse de la plante au stress environnemental.

5.2. Teneur en flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes est effectué en suivant la méthode au trichlorure d'aluminium (AlCl_3), à l'aide d'une courbe d'étalonnage de la quercétine (**Annexe 1 b**). Les résultats des mesures des flavonoïdes sont exprimés en termes de milligramme équivalent à la quercétine par milligramme de matière végétale sèche (mg EQ/mg) (**tab. 6**).

La concentration en flavonoïdes de l'extrait brut des feuilles de *Salvia officinalis* L. est de $1,4 \pm 0,166$ mg EQ/mg. La valeur obtenue est inférieure à celle rapportée par **Abdelkader *et al.* (2014)** en Algérie ($18,46 \pm 0,13$ mg EQ/g) et celle trouvée par **Gantner *et al.* (2018)** en Suisse ($20,47$ mg EQ/g) qui ont travaillé sur la plante *Salvia officinalis* L.

Toutefois, la teneur en flavonoïdes enregistré dans l'extrait brut de *Salvia officinalis* L. dans le présent travail reste nettement supérieure aux valeurs trouvées par autres auteurs, qui utilisent la même espèce végétale mais dans d'autres régions. Par exemple, **Hamrouni *et al.* (2013)**, en Tunisie, ont enregistré $0,923$ mg EQ/g. Par contre **Miliauskas *et al.* (2004)** en Lituanie, ont trouvé $3,5 \pm 1,6$ mg EQ/g, une valeur supérieure par rapport au résultat actuel.

Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces écarts, tels que les conditions pédoclimatiques, l'origine géographique, le stade de développement de la plante, ainsi que les méthodes d'extraction utilisées.

6 Evaluation de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante de l'extrait brut reflète leur capacité à neutraliser les radicaux libres responsables du stress oxydatif. Cette propriété est largement attribuée à la présence de composés phénoliques tels que les polyphénols et les tanins. Afin d'évaluer ce potentiel chez *Salvia officinalis* L. deux tests complémentaires ont été réalisés : le test DPPH et le test ABTS.

6.1 Activité anti radicalaire DPPH

L'activité antioxydante de l'extrait brut des feuilles de *Salvia officinalis* L. vis-à-vis le radical DPPH[•] est évaluée par spectrophotométrie, en suivant la réduction de ce radical qui se traduit par sa transition de la couleur violette à la couleur jaune (517 nm). Dans ce test, le Trolox et l'acide ascorbique sont utilisés comme des standards.

L'évaluation du pouvoir antioxydant de l'extrait brut s'effectue sur la base de la valeur de l'IC₅₀, qui représente la concentration d'extrait brut ou des standards nécessaires pour inhiber 50% des radicaux libres DPPH. Par conséquent, une IC₅₀ plus basse signifie une capacité antioxydante plus forte, et vis vers ça (Babovic *et al.*, 2010).

Les résultats révèlent que l'extrait brut de des feuilles de *S. officinalis* L. possède anti radicalaire plutôt faible vis-à-vis le radical DPPH avec une IC₅₀ de $313,41 \pm 3,10 \mu\text{g/mL}$. Comparativement aux standards, cette activité est bien moindre que celle du trolox, qui a donné une IC₅₀ de $5,12 \pm 0,21 \mu\text{g/mL}$, et aussi considérablement plus faible que celle de l'acide ascorbique, qui a montré une IC₅₀ de $4,39 \pm 0,01 \mu\text{g/mL}$ (fig. 16).

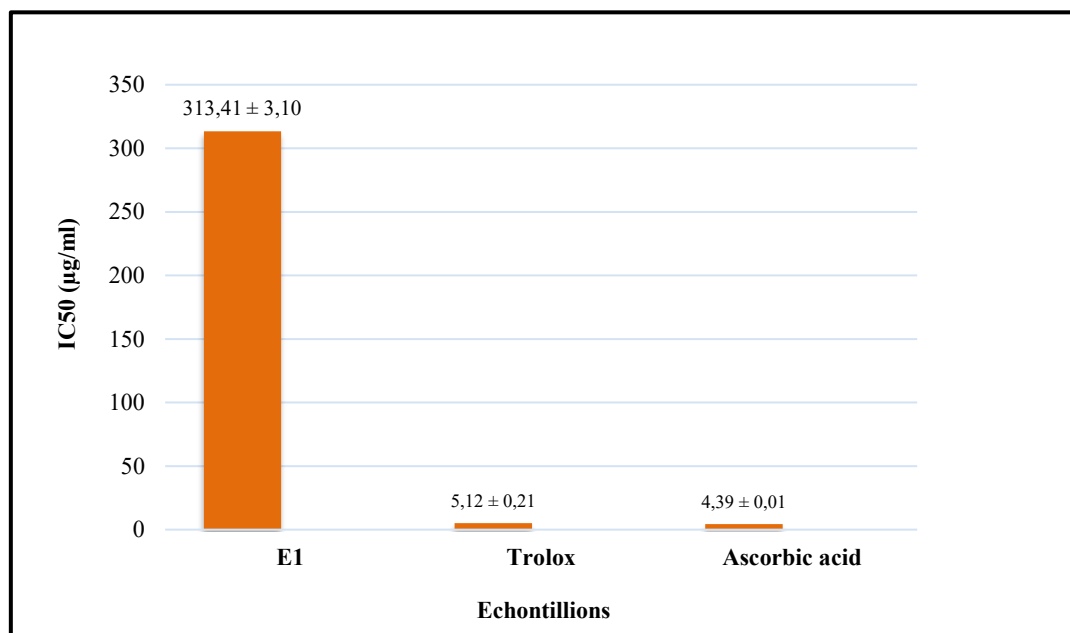


Figure 16 : Valeurs des IC₅₀ du test DPPH.

Par rapport à d'autres travaux, la valeur de l'IC₅₀ ainsi obtenue est nettement plus élevée. En effet, **Ben Farhat et al. (2013)** ont souligné une activité antioxydante très forte est de l'extrait brut de *S. officinalis* L. originaire de Tunisie, avec une valeur d'IC₅₀ de 10,08 µg/mL. De manière analogue, **Petrova et al. (2015)** ont travaillé sur la même plante, et ils ont noté une IC₅₀ de 22,18 µg/mL. Les extraits de *S. officinalis* L. provenant de Lituanie, étudiés par **Miliauskas et al. (2004)** ont donné des valeurs d'IC₅₀ allant de 91,7 à 92,6 µg/mL, alors que celui d'**Et-Touys et al. (2016)** ont donné une IC₅₀ de 65,655 µg/mL.

6.2 Activité du piégeage du cation radical ABTS•+

L'ABTS est un composé organique stable utilisé pour évaluer l'activité antioxydante. Le cation ABTS^{•+} subit une réduction et passe de la couleur bleu-vert à un état neutre incolore, dont l'intensité de la couleur est mesurée à 734 nm.

Les résultats du test ABTS ont révélé que l'extrait brut des feuilles de *S. officinalis* L. présente une IC₅₀ de 147,09 ± 8,32 µg/mL. En effet, cet extrait possède une activité antioxydante modérée en la comparant avec les deux standards, le trolox et l'acide ascorbique, qui ont enregistré des IC₅₀ de 3,21 ± 0,06 et 3,04 ± 0,05 µg/mL, respectivement (**fig. 17**).

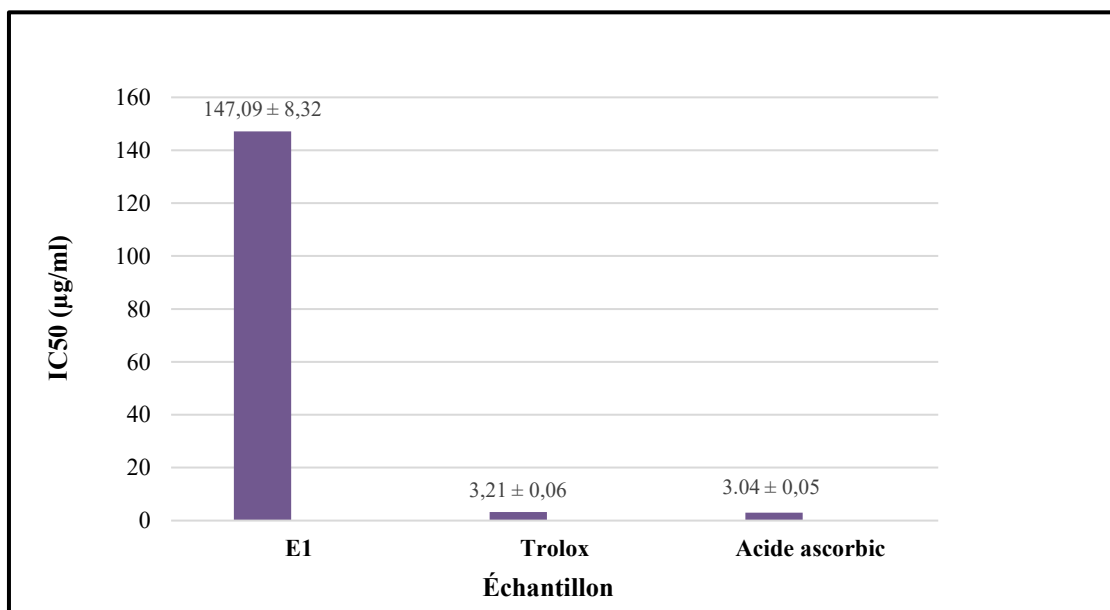


Figure 17 : Valeurs des IC₅₀ du test ABTS.

Cette comparaison met en évidence une distinction notable entre les deux méthodes utilisées pour évaluer l'activité antioxydante de l'extrait brut des feuilles de *Salvia officinalis* L. Le test ABTS a révélé une meilleure activité, avec une valeur d'IC₅₀ de 147,09 ± 8,32 µg/mL, par rapport au test DPPH, qui a montré une activité antioxydante très faible, avec une IC₅₀ de 313,41 ± 3,10 µg/mL.

L'activité antioxydante de *Salvia officinalis* L. est clairement mieux mise en évidence par le test ABTS, confirmant la richesse de l'extrait en composés capables de piéger efficacement ce radical libre dans ce système.

7 Evaluation de l'activité antimicrobienne

L'effet antimicrobien de l'extrait de *Salvia officinalis* L., est examiné par la méthode de diffusion sur disques sur la gélose Mueller-Hinton (**Annexe 2**). Pour cela, une gamme, de bactéries de Gram positif et négatif ainsi que des champignons, est utilisée. Les diamètres des zones d'inhibition sont mesurés après 24h et 48h d'incubation à 30°C pour les bactéries et à 28°C pour les champignons. L'évaluation de l'activité antibactérienne de l'extrait brut de *Salvia officinalis* L. n'a révélé aucun effet inhibiteur vis-à-vis des souches testées, à savoir *Bacillus* sp., *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*. L'absence de zones d'inhibition indique que l'extrait, dans les conditions expérimentales appliquées, ne présente pas d'activité antibactérienne notable contre ces bactéries.

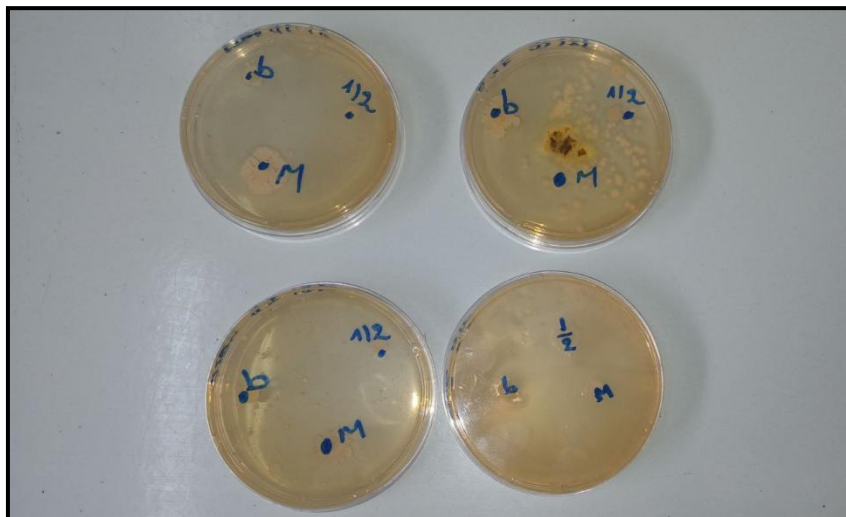


Figure 18: Résultats du test antimicrobien contre *Bacillus sp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* et *Aspergillus niger*.

Concernant la souche *Pseudomonas aeruginosa*, nos résultats sont en accord avec ceux de (Memnune *et al.*, 2009), qui illustrent que l'extrait méthanoïque de *F. officinalis* L. n'exerce aucun effet antibactérien sur toutes les espèces de *Pseudomonas*. Ces résultats concordent également avec ceux obtenus dans notre étude pour l'extrait brut de *Salvia officinalis* L., qui n'a montré aucune activité inhibitrice vis-à-vis de cette souche. Cette absence d'effet pourrait s'expliquer par la nature résistante des bactéries à Gram négatif comme *Pseudomonas*, qui possèdent une membrane externe riche en lipopolysaccharides, formant une barrière contre la pénétration de nombreux composés bioactifs.

Pour la souche de *Staphylococcus aureus*, les observations faites vont dans le sens inverse de ceux obtenus par Memnune *et al.* (2009), qui trouvent que le même extrait de *F. officinalis* L. présente un effet inhibiteur avec un diamètre de 15 mm. Néanmoins, pour les autres espèces de *Staphylococcus* étudiées, l'extrait n'a présenté aucun effet, ce qui concorde avec nos résultats. Dans notre cas, *Salvia officinalis* L. n'a montré aucune activité antibactérienne, y compris contre *Staphylococcus aureus*. Cette divergence peut s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment la variabilité de la souche bactérienne utilisée, ainsi que la composition de l'extrait, qui peut varier en fonction du type de phénols présents et d'autres molécules bioactives.

Ces différences entre les résultats sont probablement dues à la nature des extraits préparés et leurs constitutions en phénols et en autres molécules bioactives d'une part, et à la souche bactérienne étudiée (nature structurale, structure de la paroi cellulaire) d'autre part (Memnune *et al.*, 2009). Les études de Denyer *et al.* (2002) ont montré que la présence de la couche lipidique dans la membrane externe des bactéries à Gram négatif les rend plus résistantes par rapport aux

germes Gram positif, qui sont dépourvus de cette couche. Cette résistance est attribuée au lipopolysaccharide (LPS), constituant majeur de la membrane externe des bactéries à Gram négatif, qui empêche la pénétration de certains composés comme les alcaloïdes et les polyphénols (**Meyer *et al.*, 1999**). **Nikaido (2003)** a rapporté que les porines présentes dans cette membrane excluent les molécules de haut poids moléculaire, ce qui pourrait également expliquer l'absence d'effet antibactérien observé avec l'extrait brut de *Salvia officinalis* L.

Conclusion

Conclusion

Depuis des milliers d'années, les plantes médicinales jouent un rôle crucial dans la préservation de la santé humaine. Leur richesse en composés bioactifs, est à l'origine de nombreux traitements traditionnels et modernes, offrant ainsi une alternative naturelle souvent moins coûteuse que les médicaments de synthèse.

Au cours de ces dernières années, l'intérêt croissant pour les antioxydants naturels n'a fait que grandir, incitant de nombreux chercheurs à se focaliser particulièrement sur des molécules bioactives extraites des plantes aromatiques. Dans cette étude, nous intéressons à *Salvia officinalis* L. une plante médicinale largement employée en médecine traditionnelle pour ses propriétés thérapeutiques. Le travail actuel vise à caractériser les composés bioactifs majeurs de *Salvia officinalis* L. et à évaluer ses propriétés biologiques, dans une optique de valorisation de cette plante.

Pour cela, diverses méthodes analytiques et expérimentales sont utilisées pour explorer les propriétés chimiques et biologiques de *Salvia officinalis* L. En effet, l'extraction par macération au méthanol aqueux a permis d'isoler un large éventail de métabolites secondaires. L'extrait obtenu est ensuite concentré par évaporation pour récupérer l'extrait brut. En parallèle, une hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger a permis d'extraire les huiles essentielles, composés volatils bioactifs. Un criblage phytochimique qualitatif a révélé faible présence de flavonoïdes, polyphénols et tanins dans l'extrait brut. La quantification de ces composés est réalisée par deux dosages : celui des polyphénols totaux par le réactif de Folin-Ciocalteu avec l'acide gallique comme standard, et celui des flavonoïdes par complexation avec le trichlorure d'aluminium, en utilisant la quercétine comme étalon. Enfin, les activités antioxydante (tests DPPH et ABTS) et antibactérienne sont évaluées, permettant de mettre en évidence le potentiel thérapeutique de *Salvia officinalis* L.

Les résultats obtenus dévoilent que les rendements d'extraction obtenus pour *Salvia officinalis* L. sont de 14,18 % pour l'extrait brut et de 14,17 % pour l'extrait méthanoïque. Ces résultats indiquent une efficacité d'extraction similaire, sans aucune différence significative.

L'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation a permis d'obtenir un rendement de 0,18 %. Le criblage phytochimique de *Salvia officinalis* L. a révélé la présence notable de tanins et d'alcaloïdes et une quantité importante en composés phénoliques connus pour leurs effets antioxydants. Ces résultats confirment le potentiel antioxydant important de cette plante.

Par la suite, la quantification des composés phénoliques totaux à l'aide du réactif de Folin-Ciocalteu a mis en évidence concentration modérée en polyphénols, avec une teneur enregistrée de

Conclusion

5,24 \pm 0,299 mg EAG/mg. L'évaluation des flavonoïdes totaux par la méthode au chlorure d'aluminium (AlCl₃) a également révélé une concentration relativement faible, environ 1,4 \pm 0,166 mg EQ/mg.

L'évaluation de l'activité antioxydant de l'extrait brut, par les tests DPPH et ABTS, a montré une efficacité plus marquée avec le test ABTS, avec une IC₅₀ 147,09 \pm 8,32 μ g/mL. En revanche, le test DPPH a donné une IC₅₀ plus élevée de 313,41 \pm 3,10 μ g/mL, indiquant une activité antioxydante moins importante. Ce résultat suggère que les composés bioactifs présents dans l'extrait interagissent plus efficacement avec le radical ABTS•+, ce qui confirme le potentiel antioxydant notable de *Salvia officinalis* L.

Les résultats du test antimicrobien de l'extrait brut de *Salvia officinalis* L. n'a présenté aucune activité antibactérienne et antifongique contre les souches utilisées, ce qui suggère une absence d'effet inhibiteur de croissance significatif dans les conditions expérimentales appliquées.

Pour approfondir les connaissances sur *Salvia officinalis* L. et exploiter pleinement son potentiel thérapeutique, plusieurs perspectives de recherche peuvent être envisagées :

- **Études *in vivo*** : Compléter les résultats des tests *in vitro* par des études sur des modèles animaux ou humains pour évaluer l'efficacité réelle des composés dans un environnement biologique complexe.

- **Influence des facteurs environnementaux** : Étudier l'impact des conditions de culture (sol, climat, altitude) sur la composition chimique et l'activité biologique de la plante, en vue d'optimiser sa culture.

- **Valorisation en phytothérapie** : Explorer les applications possibles de *Salvia officinalis* L. dans le développement de compléments alimentaires, cosmétiques naturels ou médicaments à base de plantes.

- **Analyse par HPLC** pour identifier la composition chimique et les principes actifs de la plante.

Références bibliographiques

A

- **Abdelkader, M., Ahcen, B., Rachid, D., & Hakim, H. (2014).** Phytochemical study and biological activity of sage (*Salvia officinalis* L.). International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering, 8(11), 1231-1235.
- **Aissaoui, A. (2022).** Valorisation de l'activité antibactérienne de cinq plantes locales. Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Algérie, 21.
- **Andriamasinoro, N. A. (2018).** Urification et caractérisation des métabolites secondaires extraits de plantes de la famille des *Asparagaceae* et *Caprifoliaceae*, et évaluation de leurs activités biologiques. Doctoral dissertation, Université Bourgogne Franche-Comté, 1-2.
- **Annane, A., & Boualili, M. (2014).** Evaluation in vitro de l'action antibactérienne d'huile essentielle de Sauge Officinale L. (*Salvia officinalis*) de la région Nord-ouest de Tizi-Ouzou. (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Algérie), 21-22 . Récupéré sur <https://dspace.ummo.dz/server/api/core/bitstreams/3b6f4273-24d0-4103-a003b95e144b31e3/content>

B

- **Babovic, N., Djilas, S., Jadranin, M., Vajs, V., Ivanovic, J., Petrovic, S., & Zizovic, I. (2010).** Supercritical carbon dioxide extraction of antioxidant fractions from selected Lamiaceae herbs and their antioxidant capacity. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 11(1), 98-107.
- **Bae, J. S. (2011).** Antithrombotic and profibrinolytic activities of phloroglucinol. Food and Chemical Toxicology, 49(7), 1572-1577.
- **Balansard G. (2007).** Analyse critique des protocoles pharmacologiques utilisés pour la recherche d'extraits et de substances pures d'origine végétale à propriétés antibactérienne ou antiparasitaire. Revue Ethnopharmacologie, 42.
- **Başkan, S., Öztekin, N., & Erim, F. B. (2007).** Determination of carnosic acid and rosmarinic acid in sage by capillary electrophoresis. Food Chemistry, 101(4), 1748-1752.
- **Bayart, M. (2019).** Élaboration et caractérisation de biocomposites à base d'acide polylactique et de fibres de lin : compatibilisation interfaciale par dépôt de revêtements à base d'époxy, de

Références bibliographiques

- dioxyde de titane, de lignine ou de tanin. Doctoral dissertation, Université de Sherbrooke, Canada, 47.
- **Behradmanesh, S., Derees, F., & Rafieian-Kopaei, M. (2013).** Effect of *Salvia officinalis* on diabetic patients. *Journal of renal injury prevention*, 2(2), 51-54.
 - **Ben Farhat, M., Jordán, M. J., Chaouech-Hamada, R., Landoulsi, A., & Sotomayor, J. A. (2009).** Variations in essential oil, phenolic compounds, and antioxidant activity of Tunisian cultivated *Salvia officinalis* L. *Food Chemistry*, 101(4), 10349-10356.
 - **Benjilali, B. (2005).** Le matériel végétal et l'extraction. Huiles essentielles, de la plante à l'extraction. Manuel pratique. Edition Université de Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, 61-78.
 - **Benkherara, S., Bordjiba, O., & Djahra, A. B. (2011).** Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de la Sauge officinale : *Salvia officinalis* L. sur quelques entérobactéries pathogènes. *Synthèse : Revue des Sciences et de la Technologie*, 23, 72-80.
 - **Bergogne-Berezin E and Dellamonica P. (1995).** Antibiothérapie en pratique clinique. Ed. Masson, Paris, 486.
 - **Bézanger-Beauquesne, L. (1958).** Les alcaloïdes dans les plantes. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 105(5-6), 266-291.
 - **Billing, J., & Sherman, P. W. (1998).** Antimicrobial functions of spices: why some like it hot. *The Quarterly review of biology*, 73(1), 3-49.
 - **Blois, M. S. (1958).** Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199-1200.
 - **Bondu, S. (2009).** Analyses structurales des carbohydrates de l'algue *Soliera chordalis* (Rhodophyta) et étude de leurs fonctions métaboliques, possibilités d'application dans le domaine de la cancérologie-immunologie. Doctoral dissertation, Brest, France, 344.
 - **Boudiaf, K. (2006).** Etude des effets anti-xanthine oxydoreductase et antiradicalaires des extraits des graines de *Nigella sativa*. Université Ferhat Abbas, Setif, Algérie, 8.
 - **Bouhadjer, R., & Zabar, L. (2023).** Étude bibliographique sur l'activité des flavonoïdes sur l'organisme humain. Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri, de Tizi-Ouzou,

Références bibliographiques

Algérie, 1-5. Récupérer sur <https://dspace.ummto.dz/server/api/core/bitstreams/27fb6267-8277-4356-91ba-69733b646ff5/content>

- **Bourgaud, F. M. (2013, janvier 14).** Développement d'un nouveau procédé de production d'actifs pharmaceutiques à partir de plantes médicinales : la technologie des plantes à traire. In les rencontres du végétal. Récupéré sur <https://hal.science/hal-02811231/>
- **Bourkache, K. (2016).** Evaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle et des tanins extraits de *Lavandula stoechas* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie), 12.
- **Bramki M., Nekia. A. (2016).** Recherche des métabolites secondaires du champignon algérien *Pleurotus eryngii* et évaluation de leur activité antibactérienne. Université Constantine 1. 35-38. Récupéré sur <https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/biblio/mmf/2016/239.pdf>

C

- **Cavina, N. (1999).** Investigations Phytochimiques d'une plante indonésienne au rapport antioxydant et antimicrobien. Les réactions enzymatiques 13 (24): 25-49.
- **Chabni, S., & Belabbas, A. (2022).** Activité insecticide des huiles essentielles de la sauge officinale (*Salvia officinalis* L.) et la menthe poivrée (*Mentha piperita* L.) à l'égard des adultes de la bruche chinoise *Callasobruchus chinensis* L. (Coleoptera : Chrysomelidae). Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, Algérie, 30-31.
- **Chalchat, J. C., Michet, A., & Pasquier, B. (1998).** Study of clones of *Salvia officinalis* L. yields and chemical composition of essential oil. Flavour and Fragrance Journal, 13(1), 68-70. Récupéré sur <https://pillbuys.com/research/Salvia%20officinalis/1.pdf>
- **Cherigui Mebarka, Z. H. (2014).** Pouvoir antibactérien et antioxydant des extraits (Huile essentielle et hydrolat) de *Salvia officinalis* de la région de BBA (Doctoral dissertation).
- **Ciulei, L. (1983).** Methodology for analysis of vegetable drugs. UNIDO, 25-27.
- **Couic-Marinier, F., & Lobstein, A. (2013).** Les huiles essentielles gagnent du terrain à l'officine. Actualités pharmaceutiques, 52(525), 18-21. Récupéré sur <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0515370013001304>
- **Cowan, M. M. (1999).** Plant products as antimicrobial agents. Clinical microbiology reviews, 12(4), 564-582.

Références bibliographiques

D

- **Dahmani, S. & Dahmani, F. (2018).** Évaluation de l'activité biologique des différents extraits, et des huiles essentielles de la plante : *Salvia officinalis* L., Université Mohamed Boudiaf - M'Sila, Algérie, 26-27.
- **Délices, L. S. (2025, 5 26).** Sauge officinale - *Salvia officinalis* - Bio - La Serre Ô Délices). Récupéré sur <https://serreodelices.com/produit/sauge-officinale-salviaofficinalis/>.
- **Dent, M., Dragović-Uzelac, V., Penić, M., Bosiljkov, T., & Levaj, B. (2013).** The effect of extraction solvents, temperature and time on the composition and mass fraction of polyphenols in Dalmatian wild sage (*Salvia officinalis* L.) extracts. Food technology and biotechnology, 51(1), 84-91. Récupéré sur <https://hrcak.srce.hr/file/146876>
- **Denyer, S. P., & Maillard, J. Y. (2002).** Cellular impermeability and uptake of biocides and antibiotics in Gram-negative bacteria. Journal of applied microbiology, 92((s1)), 35S-45S.
- **Didier, D. S., Emmanuel, M. M., Alfred, N., France, K. M., & Lagarde, B. J. (2011).** Ethnobotanique et phytomédecine des plantes médicinales de Douala, Cameroun. Journal of Applied Biosciences, 37(9), 2496-2507. Récupéré sur <https://www.m.elewa.org/JABS/2011/37/11.pdf>
- **Djeddi, S., Bouchenak, N., Settar, I., & Halli, L. (2012).** Screening of chemical composition and antimicrobial potential of Algerian sage essential oil. 46 Global Journal of Medicinal Plant Research, 1(1), 46-49.
- **Duletić-Laušević, S., Aradski, A. A., Šavikin, K., Knežević, A., Milutinović, M., Stević, T., & Marin, P. D. (2018).** Composition and biological activities of Libyan *Salvia fruticosa* Mill. and *S. lanigera* Poir. extracts. South African Journal of Botany, 117, 101-109. Récupéré sur <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629917305537>
- **Dworkin MM and Falkow S. (2006).** Proteobacteria : Gamma subclass. Ed. Springer, New York, NY, 1248.

E

Références bibliographiques

- **Coste, E., Françoise, F., Sylvie, R. & Jaumel J. (2015, 1).** Trente-sept plantes chinoises (*Magnoliidae, Ranunculidae, Asteridae*). Caractères botaniques, étude pharmacologique et intérêt thérapeutique / Thirty-seven Chinese herbs (*Magnoliidae, Ranunculidae, Asteridae*). Botanical characteristics, pharmacological inv, 20. Récupéré sur <https://www.researchgate.net/publication/314242871TrenteseptplanteschinoisesMagnoliidaeRanunculidaeAsteridaeCaracteresbotaniquesetudepharmacologiqueetinterettherapeutiqueThirtysevenChineseherbsMagnoliidaeRanunculidaeAsteridaeBota>
- **Ekoumou, C. (2003).** Étude phytochimique et pharmacologique de cinq recettes traditionnelles utilisées dans le traitement de diverses maladies au centre et à l'est du Cameroun. Ed. Bamako, 145.
- **Et-Touys, A., Fellah, H., Mniouil, M., Bouyahya, A., Dakka, N., Abdennebi, E. H., & Bakri, Y. (2016, 1).** Screening of Antioxidant, Antibacterial and Antileishmanial Activities of *Salvia officinalis* L. Extracts from Morocco}. British Microbiology Research Journal, 16, 1-10. doi:10.9734/BMRJ/2016/28307}

F

- **Favier, A. (2003).** Le stress oxydant. Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. L'Actualité chimique. pp. 108-117
- **Fellah, S. (2001).** Valorisation de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* de Tunis, extraction et étude physico-chimique et théorique. Tunis: DEA en chimie organique Fac des Sciences de Tunis, 49.
- **Fellah, S. a. (2006).** Extraction et étude des huiles essentielles de la *Salvia officinalis* L. cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie. Journal de la Société Algérienne de Chimie, 16, 193-202. Récupéré sur https://www.researchgate.net/publication/242364891_extraction_et_etudedes_huiles_essentielles_de_la_salvia_officinalisl_cueillie_dans_deux_regions_differentes_de_la_tunisie
- **Fiorucci, S. (2006).** Activités biologiques de composés de la famille des flavonoïdes : approches par des méthodes de chimie quantique et de dynamique moléculaire. (Doctoral dissertation, Université de Nice Sophia-Antipolis), 15-18. Récupéré sur <https://univ-cotedazur.hal.science/tel-02545765>

G

Références bibliographiques

- **Gantner, M., Brodowska, M., Górska-Horczyczak, E., Wojtasik-Kalinowska, I., Najda, A., Pogorzelska, E., & Godziszewska, J. (2018, 04).** Antioxidant effect of sage (*Salvia officinalis* L.) extract on turkey meatballs packed in cold modified atmosphere. *CyTA - Journal of Food*, 16(1), 628–636. doi:10.1080/19476337.2018.1426632
- **Ghnimi and El Ferchichi, H. W. (2015, 1).** Etude phytochimique des extraits de deux Euphorbiacées: *Ricinus communis* et *Jatropha curcas*. Evaluation de leur propriété antioxydante et de leur action inhibitrice sur l'activité de l'acétylcholinestérase. Université de Lorraine (France), 86. Récupéré sur <https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01751291>
- **Ghorbani, A., & Esmailizadeh, M. (2017).** Pharmacological properties of *Salvia officinalis* and its components. *Journal of traditional and complementary medicine*, 7(4), 433–440. Récupéré sur <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.12.014>
- **Ghorbanpour, M. (2025, 10).** Major essential oil constituents, total phenolics and flavonoids content and antioxidant activity of *Salvia officinalis* plant in response to nano-titanium dioxide. *Indian Journal of Plant Physiology*, 20(3), 249-256. doi:10.1007/s40502-015-0170-7.
- **Guezgouz Yasmina, R. S. (2018).** Etude phytochimique et évaluation de l'activité anti-inflammatoire de *Salvia officinalis* (la sauge) *in vitro* et *in vivo*. (Université Mohamed El Bachir El-Ibrahimi Bordj Bou Arreridj, Algérie, 13-15.

H

- **Haddouchi, F., & Benmansour, A. (2008, 1).** Huiles essentielles, obtentions, utilisations et activités biologiques. Application à deux plantes aromatiques. *Technologies de Laboratoire*, 8. Récupéré sur <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:190541955>
- **Hamrouni-Sellami, I., Rahali, F. Z., Rebey, I. B., Bourgou, S., Limam, F., & Marzouk, B. (2013).** Total phenolics, flavonoids, and antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* L.) plants as affected by different drying methods. *Food and Bioprocess Technology*, 6(3), 806-817.

J

- **Jean Blain, C. (1998).** Aspects nutritionnels et toxicologiques des tanins. *Revue de Medecine Veterinaire France*, 149(10).

K

Références bibliographiques

- **Kaufmann S. H. E. (1997).** Host response to intracellular pathogens. Ed. Springer ; R.G. Landes, New York; Austin, p. 34
- **Khawla, K., Besma, K., Enrique, M., & Mohamed, H. (2019).** Accumulation of trace elements by corn (*Zea mays*) under irrigation with treated wastewater using different irrigation methods. 170, 530–537. Récupéré sur <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.12.025>
- **Khenfer, H. N., & Khinech, C. (2020).** Caractérisation structurale et potentiel biologique des polysaccharides issus de *Salvia officinalis*. Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie, 10.

L

- **Laguerre, M., López-Giraldo, L. J., Lecomte, J., Pina, M., & Villeneuve, P. (2007, 9).** Outils d'évaluation in vitro de la capacité antioxydante. OCL - Oleagineux Corps Gras Lipides, 14(5), 278-292. doi:10.1684/ocl.2007.0140}
- **Laouer, H. (2004).** Inventaire de la flore médicinale utilisée dans les régions de Sétif, de Bejaia, de Msila et de Djelfa, composition et activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Ammoides pusilla* et de *Magydaris pastinacea*. Thèse de Doctorat d'état, Département de Biologie, Faculté des sciences, UFA de Sétif, Algérie, 10.
- **Lehout, R., Laib, M. (2015).** Comparaison de trois méthodes d'extraction des composés phénoliques et des flavonoïdes à partir de la plante médicinale : *Artemisia herba alba* Asso. Biochimie moléculaire et santé. Algérie, 20-22. Récupéré sur https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://fac.umc.edu.dz/snv/faculte/biblio/mmf/2015/252015.pdf&hl=fr&sa=T&oi=gsbggp&ct=res&cd=0&d=486726355454007228&ei=dxoaP61MKm7ieoP1JuLsA8&scisig=AAZF9b-6N7aYMcSP0CtKMPLb1vV8
- **LI, Y. (2009).** The health efficacy of aloe and its development and utilization. Asian Social Science, 5(9), 151-154. Récupéré sur <https://www.aloe-arborescens.org/wp-content/uploads/2015/05/Aloe-healthefficacy.pdf>
- **Loft, S., Møller, P., Cooke, M. S., Rozalski, R., & Olinski, R. (2008).** Antioxidant vitamins and cancer risk: is oxidative damage to DNA a relevant biomarker?. European journal of nutrition, 47, 19-28.

M

Références bibliographiques

- **Maouel, S., & Mahfouf, F. (2016).** Les métabolites primaires et secondaires à activité biologique d'*Urtica dioica* (la grande ortie) et contrôle de qualité de quelques produits alimentaires commercialisés. Université Mouloud Mammeri, Algérie, 6.
- **Marfak, A. (2003).** Radiolyse gamma des flavonoïdes, Etude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools: formation de depsides. Université de Limoges, 24-26. Récupéré sur https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://cdn.unilim.fr/files/thesesdoctorat/2003LIMO330E.pdf&hl=fr&sa=T&oi=gsbgrp&ct=res&cd=0&d=12299346754861885605&ei=Egk-aJ6CK-WBieoP0PLYiAU&scisig=AAZF9b_bJeZEi1LdjimndGjF0Y4-
- **McMahon, L. R., McAllister, T. A., Berg, B. P., Majak, W., Acharya, S. N., Popp, J. D., ... & Cheng, K. J. (2000).** A review of the effects of forage condensed tannins on ruminal fermentation and bloat in grazing cattle. Canadian Journal of Plant Science, 80(3), 469-485. Récupéré sur <https://cdnsiencepub.com/doi/pdf/10.4141/P99-050>
- **Mellas, M. (2015).** Etude structurale et conformationnelle de flavonoides aglycones. Université Mouloud Mammeri, Algérie, 3. Récupéré sur <https://dspace.ummto.dz/server/api/core/bitstreams/74825747-f815-47ff-9950-0e532a6a7541/content>
- **Memnune, S., Yildiz, H., Gungor, N., Cetin, B., Eser, Z., & Ercisli, S. (2009).** Total phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of some medicinal plants. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences, 22(1), 102-106.
- **Meyer, S., Weiss, G., & von Haeseler, A. (1999).** Pattern of nucleotide substitution and rate heterogeneity in the hypervariable regions I and II of human mtDNA. Genetics, 152((3)), 1103-1110.
- **Miliauskas, G., Venskutonis, P. R., & Van Beek, T. A. (2004).** Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. Food Chemistry, 85(2), 231-237. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.05.007>

N

- **Naama, S. (2009).** Application des procédés d'extraction par solvant volatil à la récupération de la concrète d'origan *Origanum glandulosum* (Desf) [ressource textuelle, sauf manuscrits]. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediène, 73-79.

Références bibliographiques

- **Nikaido, H. (2003).** Molecular basis of bacterial outer membrane permeability revisited. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 67 ((4)), 593-656.
- **Nouri, W., & Mezoued, L. (2024).** Evaluation de l'effet de l'extrait et de l'huile essentielle de la *Salvia Officinalis* sur la fertilité des lapins mâles infantiles de la population blanche. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, 5-7. Récupéré sur <https://dspace.ummto.dz/handle/ummto/25887>
- **Nursery, P. (2025, 5 31).** *Salvia* 'African Skies' | Shop Well established *Salvia* | Proctors Nursery. Récupéré sur <https://proctorsnursery.co.uk/product/salviaafrican-skies>

P

- **Percival, S., Chalmers, R., Embrey, M., Hunter, P., Sellwood, J., & Wyn-Jones, P. (2004).** *Microbiology of waterborne diseases* (pp. vii+-480).
- **Petrova, M., Nikolova, M., Dimitrova, L., & Zayova, E. (2015).** Micropropagation and evaluation of flavonoid content and antioxidant activity of *Salvia officinalis* L.. *Genetics and Plant Physiology*, 5(1), 48-60. Récupéré sur https://www.researchgate.net/publication/301888959_Micropropagation_and_evaluation_of_flavonoid_content_and_antioxidant_activity_of_Salvia_officinalis_L

R

- **Ranoarisoa, K. M. (2012).** Evolution historique et Etat des lieux de la filière girofle à Madagascar. Document de travail de synthèse n° 1, 2012. Projet AFS4FOOD, 22. Récupéré sur <https://afs4food.cirad.fr/fr/content/download/4421/33648/version/2/file/Ranoarisoahistoriquefilie-regirofle2012.pdf>
- **Rasooli, I., & Abyaneh, M. R. (2004).** Inhibitory effects of Thyme oils on growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus*. *Food control*, 15(6), 479-483.
- **Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999).** Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231-1237. Récupéré sur <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0891584998003153>

Références bibliographiques

- **Reffas, I., & Slimani, L. (2019).** Contribution à l'étude phytochimique et à l'évaluation de quelques activités biologiques d'un mélange d'épices "Ras El Hanout" de la région de Biskra. Université Mohamed Khider de Biskra, Algérie, 7.
- **Roch, L. (2018).** Etude intégrative et comparative du métabolisme primaire des fruits au cours de leur développement. Thèse de Doctorat, L'université de Bordeaux, France, 30. Récupéré sur https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://theses.hal.science/tel02172187/&hl=fr&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=4293899083708371488&ei=PhQaKaUFYqIieoPj_7kqQE&scisig=AAZF9b_oDgqrS2L1BS6LEWPR6nYk
- **Rodolfo, J. H., Korocho, A., Simon, J. E., Hitimana, N., Daka, A., Ranarivelo, L., & Langenhoven, P. (2006).** Quality of geranium oils: case studies in southern and eastern Africa. Journal of essential oil research, Sept-Oct. 1-6.
- **Rousserie, P. (2019).** De la synthèse des flavanols aux tanins du vin : quelle place pour les pépins de raisin ? Université de Bordeaux, 47. Récupéré sur https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://theses.hal.science/tel02908391/&hl=fr&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=4219147455685569013&ei=7Roal3uOcy8ieoPzjf4A8&scisig=AAZF9b_i_6uTAWbign18Afg5Flqe

S

- **Sabiha, A. (2013, 11).** Dietary polyphénols : extraction, antioxidant activity and metal ion interaction. (Doctoral dissertation, Université d'Avignon; Université Abderrahmane Mira-Bejaïa (Bejaïa, Algérie)), 6. Récupéré sur <https://theses.hal.science/tel-00978529/document>
- **Salhi, C., & Larkeche, A. (2019).** Étude phytochimique et activité antioxydante d'une plante médicinale Algérienne de la famille Plumbaginacée. Université des Frères Mentouri-Constantine 1, Algérie, 39-40.
- **Sharma P., Jha A. B., Dubey R. S., Pessarakli M. (2012).** Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative. Defense mechanism in plants under stressful conditions. J. Botany. 2012. Article ID 217037: 26.
- **Singh, R., Kumar, N., Islam, M. U., Singhal, S., & Sharma, H. (2022).** Phytochemical and pharmacological investigation of *Apium graveolens*. Jundishapur Journal of Microbiology, 15(1), 7343-7366.
Récupéré sur

Références bibliographiques

- https://www.researchgate.net/publication/369528586_Phytochemical_and_Pharmacological_Inv estigation_of_apium_Graveolens
- **Singleton, V. L. (1965).** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. American journal of Enology and Viticulture, 16 (3), 144-158. Récupéré sur https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://www.ajevonline.org/content/16/3/144.short&hl=fr&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=15545676240268089121&ei=PCI-aJiIJYOuieoP-ZTn2Aw&scisig=AAZF9b8KFB3ojNDY8a03Ai3O-fjg
 - **Sobiesiak, M. (2017).** Chemical structure of phenols and its consequence for sorption processes. Phenolic compounds-natural sources, importance and applications, 3-26. doi :10.5772/66537
 - **Souaadi, A. (2022).** Contribution à l'étude des métabolites secondaires et leurs activités biologiques de *Salvia officinalis* L. Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila, Algérie, 15. Récupéré sur <https://dspace.centre-univ-mila.dz/jspui/bitstream/123456789/1932/1/Contribution%20%C3%A0%20l%E2%80%99%C3%A9tude%20des%20m%C3%A9tabolites%20secondaires%20et%20leurs%20activit%C3%A9s%20biologiques%20de%20Salvia%20officinalis%20L..pdf>
 - **Soualeh, N., & Soulimani, R. (2016).** Huiles essentielles et composés organiques volatils, rôles et intérêts. Phytothérapie, 1(14), 44-57.
 - **Stojanović, J. B., Veličković, D. T., Nikolova, M. T., Ivancheva, S. V., & Veljković, V. B. (2007).** Extraction of flavonoids from garden (*Salvia officinalis* L.) and glutinous (*Salvia glutinosa* L.) sage by ultrasonic and classical maceration. Journal of the Serbian Chemical Society, 72(1), 73-80. Récupéré sur <https://www.researchgate.net/publication/26451345ExtractionofflavonoidsfromgardenSalviaofficinalisLandglutinousSalviaglutinosaLsagebyultrasonicandclassicalmaceration>
 - **Suhaj, M. (2006).** Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review. Journal of Food Composition and Analysis, 19(6-7), 531--537.
- T
- **Tayeb-Cherif, Y. M., Ghoribi, L., & Menacer, I. (2016).** L'activité antibactérienne des huiles essentielles du *Rosmarinus officinalis* et d'*Origanum vulgare* sur la bactérie 'Escherichia coli. Université des Frères Mentouri Constantine 1, Algérie, 14. Récupéré sur <https://fac.umc.edu.dz/snv/faculte/biblio/mmf/2017/L%E2%80%99activit%C3%A9%20antibact>

Références bibliographiques

[%C3%A9rienne%20des%20huiles%20essentielles%20du%20Rosmarinus%20officinalis%20et%20de%20Origanum%20vulgare%20sur%20la%20bact%C3%A9rie%20E.coli.pdf](#)

- **Tchoumboungang, F. D. (2009).** Activité larvicide sur *Anopheles gambiae* Giles et composition chimique des huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées. Base. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 13(1), 77-84. Récupéré sur https://www.researchgate.net/publication/26594294_ActivitelarvicidesurAnophelesgambiaeGilesetcompositionchimiquedeshuilesessentiellesextraitesdequatreplantescultiveesauCameroun
- **Tomi, F., & Casanova, J. (2000).** Contribution de la RMN du carbone-13 à l'analyse des huiles essentielles. Annales des Falsifications de l'Expertise Chimique et Toxicologique (France), 93(9526). Récupéré sur <https://www.researchgate.net/publication/280954555ContributiondelaRMNducarbone-13al'analysedeshuilesessentielles>
- **Tosun, M., Ercisli, S., Sengul, M., Ozer, H., Polat, T., & Ozturk, E. (2009).** Antioxidant properties and total phenolic content of eight *Salvia* species from Turkey. Biological Research, Biological Research, 42(2), 175-181. Récupéré sur <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-97602009000200005>
- **Tundis, R., Leporini, M., Bonesi, M., Rovito, S., & Passalacqua, N. G. (2020).** *Salvia officinalis* L. from Italy: A comparative chemical and biological study of its essential oil in the mediterranean context. Molecules, 25(24), 5826. doi:10.3390/molecules25245826
- **Turkmen, N., Velioglu, Y. S., Sari, F., & Polat, G. (2007).** Effect of extraction conditions on measured total polyphenol contents and antioxidant and antibacterial activities of black tea. Molecules (Basel, Switzerland), 12(3), 484–496. doi: 10.3390/12030484

U

- **Ulanowska, K., Majchrzyk, A., Moskot, M., Jakóbkiewicz-Banecka, J., & Węgrzyn, G. (2007).** Assessment of antibacterial effects of flavonoids by estimation of generation times in liquid bacterial cultures. Biologia, 62, 132-135.

V

- **Van Delden, C., & Iglewski, B. H. (1998).** Cell-to-cell signaling and *Pseudomonas aeruginosa* infections. Emerging infectious diseases, 4(4), 551.

Références bibliographiques

- **Vasquez, P. O. (2018).** Recherche des molécules antiparasitaires à l'interface de l'ethnopharmacologie, des sciences analytiques et de la biologie. Université Paris Saclay (COMUE), 179. Récupéré sur <https://theses.hal.science/tel-02153075>
- **Vigan, M., & Besançon, C. (2009).** Les huiles essentielles : Leur retour et leur toxicité. Progrès En Dermato Allergologie Bordeaux, France, 123-136.

W

- **Wijesekera, K. & Aruna S. Dissanayake. (2022).** Terpenes. Chemistry of Natural Products: Phytochemistry and Pharmacognosy of Medicinal Plants, 19, 65. doi:10.1515/9783110595949-004
- **Wikimedia, C. a. (2024, mai 8).** Sauge officinale. Wikipédia, l'encyclopédie libre. À partir de https://fr.wikipedia.org/wiki/Sauge_officinale#/media/Fichier:Graines_sauge.jpg

X

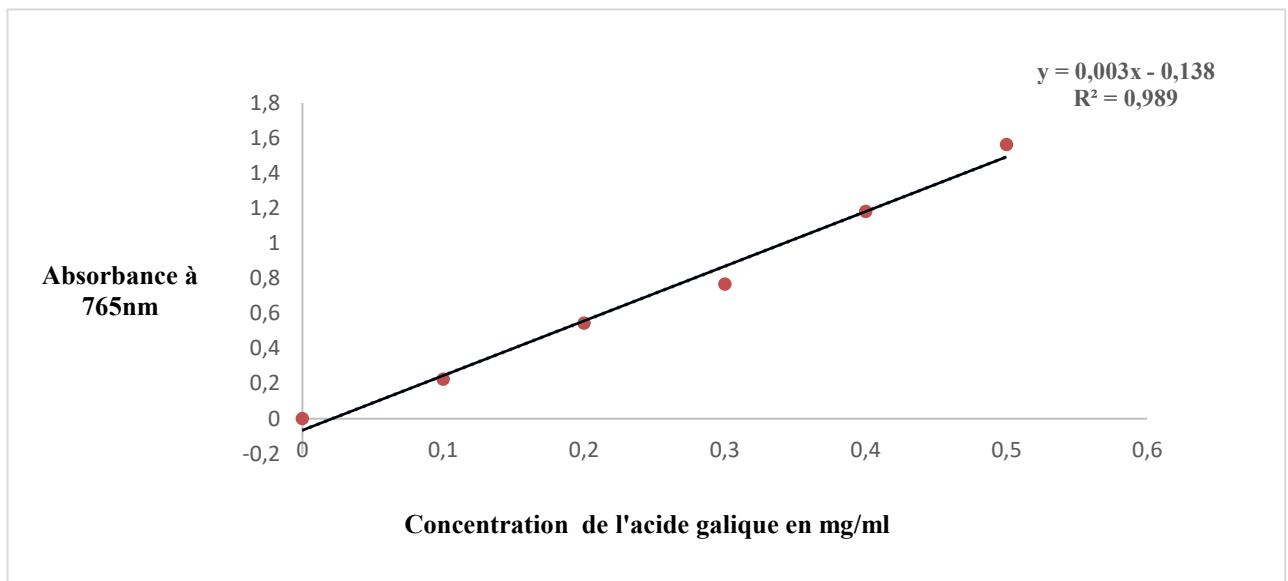
- **Xiao, F., Xu, T., Lu, B., & Liu, R. (2020).** Guidelines for antioxidant assays for food components. Food Frontiers, 1, 60-69. doi:10.1002/fft2.10

Z

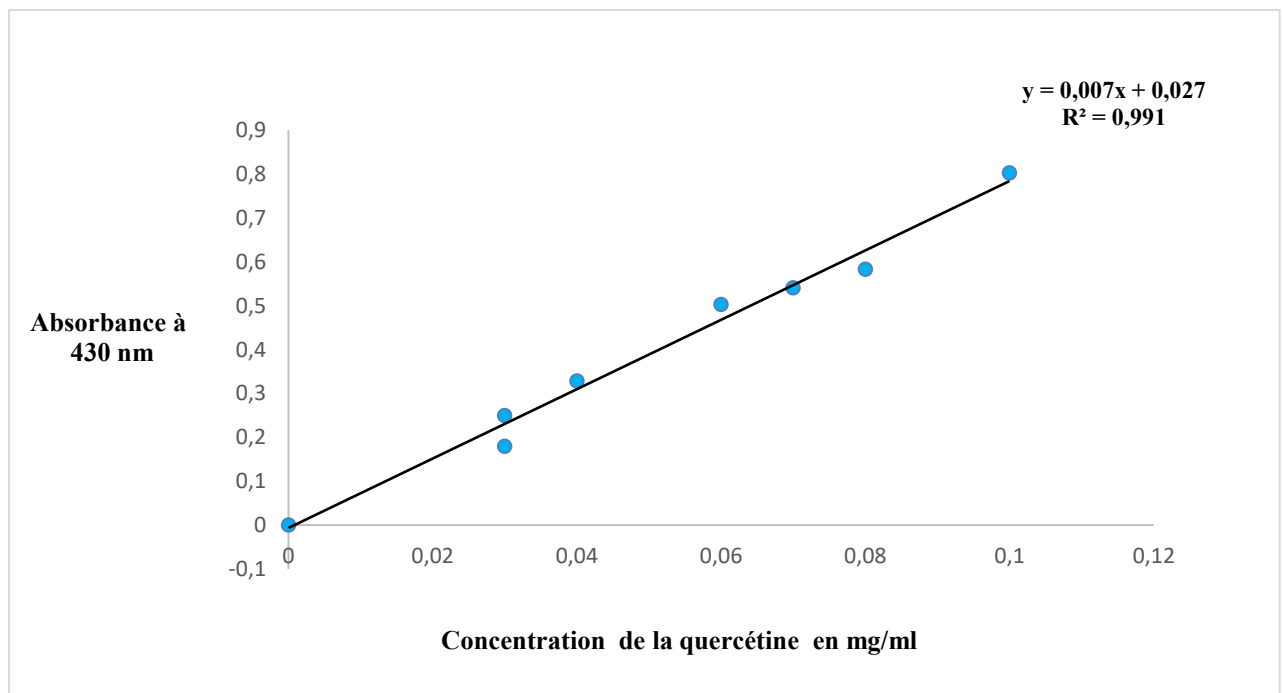
- **Zapata, P. J., Navarro, D., Guillén, F., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Valero, D., & Serrano, M. (2013).** Characterisation of gels from different *Aloe spp.* as antifungal treatment. Industrial Crops and Products, 42, 223-230. Récupéré sur <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.06.002>
- **Sites internet**
<https://images.app.goo.gl/ikhqNe8R6prWgZr66>

Annexes

Annexe 1



a. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique



b. Courbe d'étalonnage de la quercétine

Annexe 2

Composition de milieux de cultures

Mueller-Hinton

Infusion de viande de Bœuf.....	300,0 ml
Peptone de Caséine.....	17,5 g
Amidon de maïs	1,5 g
Agar.....	17,0
Ph	g 7

Sabouraud

Peptone.....	10g
Glucose massé.....	20g
Agar-agar	15g
Eau distillée (qsp).....	1000ml
Vitamines et facteur de croissance	6,0
pH.....	

Résumés

Résumé

Ce travail s'inscrit dans une démarche de valorisation de *Salvia officinalis* L., plante médicinale appartenant à la famille des Lamiacées, largement reconnue en médecine traditionnelle pour ses nombreuses vertus thérapeutiques. L'objectif principal de cette étude est d'extraire les huiles essentielles, de réaliser un criblage phytochimique pour identifier les composés bioactifs, de doser les polyphénols totaux et les flavonoïdes, et d'évaluer les activités antioxydante et antibactérienne des composés bioactifs présents dans les feuilles de cette plante. L'étude a commencé par l'obtention de deux types d'extraits à partir des feuilles : un extrait brut et un extrait méthanoïque. Les rendements obtenus sont pratiquement identiques (14,18 % pour l'extrait brut et 14,17 % pour l'extrait méthanoïque), ce qui a conduit à privilégier l'extrait brut pour les analyses ultérieures. Les huiles essentielles sont extraites par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger, permettant d'isoler les composés volatils présents dans les feuilles. Le rendement obtenu (0,18 %) est cohérent avec ceux généralement observés pour les plantes aromatiques. Le criblage phytochimique de l'extrait brut a révélé la présence de plusieurs classes de métabolites secondaires, notamment les alcaloïdes, les tanins et les polyphénols. Le dosage a montré une concentration en polyphénols totaux de $5,24 \pm 0,299$ mg EAG/mg et en flavonoïdes de $1,4 \pm 0,166$ mg EQ/mg. L'évaluation de l'activité antioxydante *in vitro* à l'aide des tests DPPH et ABTS a mis en évidence une efficacité plus marquée vis-à-vis du radical ABTS ($IC_{50} = 147,09 \pm 8,32$ µg/mL), tandis que l'activité contre le DPPH était plus faible ($IC_{50} = 313,41 \pm 3,10$ µg/mL). Enfin, l'activité antimicrobienne testée par la méthode de diffusion sur disque contre trois souches bactériennes (*Bacillus sp.*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*) et une moisissure (*Aspergillus niger*) n'a montré aucun effet inhibiteur notable de l'extrait brut, que ce soit antibactérien ou antifongique.

Les mots clés : *Salvia officinalis* L. , activités biologiques, polyphénols, flavonoïdes, huiles essentielles, criblage phytochimique.

المخلص

يُدرج هذا العمل ضمن إطار تثمين نبتة *Salvia officinalis*، وهي نبتة طبية تنتمي إلى فصيلة الشفويات، وتُعرف على نطاق واسع في الطب التقليدي لما تتمتع به من خصائص علاجية متعددة. يتمثل الهدف الرئيسي من هذه الدراسة في استخلاص الزيوت الأساسية، وإجراء كشف فيتوكيميائي لتحديد المركبات النشطة بيولوجيًا، بالإضافة إلى قياس نسبة البوليفينولات الكلية والفلافونويدات، وتقييم الأنشطة المضادة للأكسدة والمضادة للبكتيريا للمركبات الفينولية والفلافونويدية الموجودة في أوراق هذه النبتة. بدأت الدراسة باستخلاص نوعين من المستخلصات من الأوراق: مستخلص خام ومستخلص ميثانوي. كانت مردودات الاستخلاص متقاربة جدًا (14.18% للمستخلص الخام و14.17% للمستخلص الميثانوي)، مما دفع إلى اعتماد المستخلص الخام للتحاليل اللاحقة. تم استخراج الزيت الأساسي عن طريق التقطير المائي باستخدام جهاز من نوع كليفنجر، مما سمح بعزل المركبات الطيارة الموجودة في الأوراق. وبلغت نسبة المردود 0.18%، وهي نسبة متوافقة مع القيم المعتادة لدى النباتات العطرية. أظهر الكشف الفيتوكيميائي للمستخلص الخام وجود عدة فئات من المستقلبات الثانوية، من بينها البوليفينولات، التانينات، والفلافونويدات. أما التحليل الكمي، فقد بيّن أن تركيز البوليفينولات الكلية بلغ $5,24 \pm 0,299$ ملغ مكافئ حمض الغاليك/ملغ، بينما بلغ تركيز الفلافونويدات $1,4 \pm 0,166$ ملغ مكافئ كيرسيتين/ملغ. تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة في المختبر باستخدام اختباري DPPH وABTS، وقد أظهرت النتائج فعالية أكبر ضد الجذر الحر (ABTS بقيمة $IC_{50} = 147.09 \pm 8.32$ ميكروغرام/مل)، بينما كانت الفعالية ضد DPPH أضعف نسبيًا (بقيمة $IC_{50} = 313.41 \pm 3.10$ ميكروغرام/مل). وأخيرًا، فإن النشاط المضاد للبكتريات الذي تم اختباره بطريقة الانتشار على الأقراص ضد ثلاث سلالات بكتيرية (*Bacillus sp.* ، *Staphylococcus aureus* ، *Pseudomonas aeruginosa*) بالإضافة إلى فطر (*Aspergillus niger*)، لم يُظهر أي تأثير مثبت يُذكر للمستخلص الخام، سواء ضد البكتيريا أو الفطريات.

الكلمات المفتاحية: السوج (الميرمية)، الأنشطة البيولوجية، البوليفينولات، الفلافونويدات، الزيوت الأساسية، التحري الكيميائي النباتي.

Summary

This work is part of an effort to valorize *Salvia officinalis* L., a medicinal plant belonging to the Lamiaceae family, widely recognized in traditional medicine for its numerous therapeutic properties. The main objective of this study is to extract essential oils, conduct a phytochemical screening to identify bioactive compounds, measure the total polyphenols and flavonoids content, and evaluate the antioxidant and antibacterial activities of the phenolic and flavonoid compounds present in the leaves of this plant. The study began with the extraction of two types of extracts from the leaves: a crude extract and a methanoic extract. The yields were very similar (14.18% for the crude extract and 14.17% for the methanoic extract), leading to the selection of the crude extract for subsequent analyses. The essential oil was obtained by hydrodistillation using a Clevenger-type apparatus, which allowed the isolation of volatile compounds present in the leaves. The yield obtained (0.18%) was consistent with values generally reported for aromatic plants. Phytochemical screening of the crude extract revealed the presence of several classes of secondary metabolites, including polyphenols, tannins, and alkaloids. Quantitative analysis showed a total polyphenol content of $5,24 \pm 0,299$ mg GAE/mg and a flavonoid content of $1,4 \pm 0,166$ mg QE/mg. The antioxidant activity was evaluated in vitro using DPPH and ABTS assays revealed greater efficacy against the ABTS radical ($IC_{50} = 147.09 \pm 8.32$ μ g/mL), while the activity against DPPH was comparatively weaker ($IC_{50} = 313.41 \pm 3.10$ μ g/mL). Finally, the antimicrobial activity tested by the disc diffusion method against three bacterial strains (*Bacillus sp*, *Staphylococcus aureus*, and *Pseudomonas aeruginosa*) as well as a mold (*Aspergillus niger*) showed no significant inhibitory effect of the crude extract, whether antibacterial or antifungal.

Keywords: *Salvia officinalis* L., biological activities, polyphenols, flavonoids, essential oils, phytochemical screening.

Année universitaire : 2024-2025	Présenté par : Mezli Roumaissa Naïdja Malak
Étude phytochimique et évaluation du potentiel antioxydant et antimicrobien de l'extrait brut de <i>Salvia officinalis</i> L.	
Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biochimie Appliquée	
Résumé <p>Ce travail s'inscrit dans une démarche de valorisation de <i>Salvia officinalis</i> L., plante médicinale appartenant à la famille des Lamiacées, largement reconnue en médecine traditionnelle pour ses nombreuses vertus thérapeutiques. L'objectif principal de cette étude est d'extraire les huiles essentielles, de réaliser un criblage phytochimique pour identifier les composés bioactifs, de doser les polyphénols totaux et les flavonoïdes, et d'évaluer les activités antioxydante et antibactérienne des composés phénoliques et flavonoïdiques présents dans les feuilles de cette plante. L'étude a commencé par l'obtention de deux types d'extraits à partir des feuilles : un extrait brut et un extrait méthanoïque. Les rendements, très proches (14,18 % pour l'extrait brut et 14,17 % pour l'extrait méthanoïque), ont conduit à privilégier l'extrait brut pour les analyses ultérieures. L'huile essentielle a été extraite par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger, permettant d'isoler les composés volatils présents dans les feuilles. Le rendement obtenu (0,18 %) est cohérent avec ceux généralement observés pour les plantes aromatiques. Le criblage phytochimique de l'extrait brut a révélé la présence de plusieurs classes de métabolites secondaires, notamment les polyphénols, les tanins et les alcaloïdes. Le dosage a montré une concentration en polyphénols totaux de $5,24 \pm 0,299$ mg EAG/mg et en flavonoïdes de $1,4 \pm 0,166$ mg EQ/mg. L'évaluation de l'activité antioxydante in vitro à l'aide des tests DPPH et ABTS a mis en évidence une efficacité plus marquée vis-à-vis du radical ABTS ($IC_{50} = 147,09 \pm 8,32$ µg/mL), tandis que l'activité contre le DPPH était plus faible ($IC_{50} = 313,41 \pm 3,10$ µg/mL). Enfin, l'activité antimicrobienne testée par la méthode de diffusion sur disque contre trois souches bactériennes (<i>Bacillus sp</i>, <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Pseudomonas aeruginosa</i>) ainsi qu'une moisissure (<i>Aspergillus niger</i>) n'a montré aucun effet inhibiteur notable de l'extrait brut, que ce soit antibactérien ou antifongique.</p> <p>Mots-clés : <i>Salvia officinalis</i> L. , activités biologiques, polyphénols, flavonoïdes, huiles essentielles, criblage phytochimique.</p>	
Laboratoires de recherche : Laboratoire de Biochimie RDC (U Constantine 1 Frères Mentouri).	
Présidente du jury : Dr. MOUSSAOUI S. (MCB – UFM Constantine1 Frères Mentouri). Encadrante : Dr. KASSA LAOUAR M. (MAB - UFM Constantine 1 Frères Mentouri). Examinatrice : Dr. BIOUD K. (MAB- UFM Constantine 1 Frères Mentouri).	