

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

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE

N°:



DOMAINE : SCINCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCES BIOLOGIQUES

OPTION : MICRPBIOLOGIE APPLIQUEE

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par

REHABI Selma

HEBOUB Hadil

TERCHI Hana

Intitulé

Etude de quelques activités biologiques d'extraits de
***Salvia aegyptiaca* L.**

Soutenu devant le jury composé de

Dr KHERBACHE Abdallah

UMB M'sila

Président

Prof. HENDEL Noui

UMB M'sila

Rapporteur

Prof. MEDJEKAL Samir

UMB M'sila

Examineur

Année universitaire : 2024 /2025

Dédicace

الحمد لله عند البدء والختام

وأخيرا وصلت، نجحت، فزت وانتصرت لم يخيبني الله أبدا ورزقني فرحة الوصول فأحسنوا الظن بالله

واسعوا لبلوغ القمة التي تريدونها

I dedicate this work to My mom **Ghania**, the magical, soft, reassuring word, I love you, thank you for your bright smile, your bright smile, your kind gaze, the strength of your gentleness, your natural and eternal beauty, your patience, your perseverance, and your presence in all circumstances.

To my dear father **Yahya**, who has always supported me in my life, and for his love, sacrifice, support and patience throughout my life, his support and patience throughout my life

To my brothers : **Oussama , Sami , Salim**

who are waiting for my moment of joy with my degree, thank you for your psychological support and motivational.

My friends, in memory of our laughter and good times, in memory of everything we did together.

I wish with all my heart that our friendship will last forever.

To my colleagues: Hadil & Hana

To our esteemed professor Pr. HENDEL N, may God protect him and keep him healthy and well, we thank him for his kindness

We thank him for the advice, effort, time and work he has given us that he gave us

You can do it if you believe in it

SELMA Rehabi

الاهداء

بكل حب أهدي ثمرة نجاحي وتخرجي وحصاد ما زرعته سنينا طويلة في سبيل العلم:

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار، إلى من علمني العطاء بدون انتظار إلى من أحمل اسمه بكل افتخار، إلى من حصد الاشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم بعد فضل الله ما أنا فيه، إلى أبي الذي سعى طوال حياته لكي تكون افضل منه ، الى من استمديت منه قوتي واعتازي بنفسه " أبي الغالي "

إلى من جعل الله الجنة تحت أقدامها ، من سهلت لي الشدائد بدعائها ، ملاكي في الحياة معنى الحب والحنان سر الوجود، صاحبة القلب الحنون سر قوتي ونجاحي الى من كانت الداعم الأول لتحقيق طموحاتي " أمي الغالية "

إلى من وهبني الله نعمة وجودهم إلى من شددت عضدي بهم فكانوا ينابيع ارتوي منها إلى خيرة أيامي ، مصدر قوتي الداعمين الساندين اللذين آمنوا بشجاعتي مهما ضعفت وارتخيت واقفين خلفي مثل ظلًا مهما كثرت تحبطاتي من بذلوا جهدًا في مساعدتي وكانوا عونًا وسندا إلى الشموع التي تنير طريقي " إخوتي يوسف إدريس عبد الستار "

إلى صديقات المواقف لا السنين ، من ضاقت بيا الدنيا وسعت بخطاهم وإن سقطت كانوا أول من رفعوني بكلماتهم إلى من رافقوني بالقلب قبل الدرب " صديقاتي منى نور زينب "

إلى صاحبتني الفضل العظيم من كانتا عونًا وسندا في هذا الطريق ، صديقتي الرحلة والنجاح إلى من وقتنا بجانبني " سلمى هناء "

إلى كل من كان عونًا وسندا في هذا الطريق لأصحاب الشدائد والازمات إلى من أفاضني بمشاعره ونصائحه المخلصة

"عائلتي"

إلى "نفسي"

واخيرا من قالها أنا لها نالها وأنا لها وإن أبت رغما عنها أتيت بها فالحمد لله الذي ما تيقنت به خيرا أملا واغرقني سرورا وفرحا ينسي مشقتي

(وَأَخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ)

الاهداء

ما سلكنا البدايات إلا بتيسيره وما بلغنا النهايات إلا بتوفيقه وما حققنا الغايات إلا بفضلته فالحمد لله حبا وشكرا وامتنانا.

ها أنا اليوم أهدي تخرجي ونجاحي إلى كل من سعى معي لإتمام هذه المسيرة.

إلى مصدر الأمان الذي أستمد منه قوتي إلى نور عيني وحضي الجيد وفوزي وفخري، إلى اليد الخفية والقلب الحنون وصاحبة الدعاء الصادق، إلى من كانت الداعم الأول لتحقيق طموحي، إلى من كانت ملجأ يدي اليمنى في حياتي.

" أمي الغالية "

إلى من كلل العرق جبينه وعلمني أنّ النجاح لا يأتي إلا بالصبر والإصرار، إلى من أحمل اسمه بكل افتخار، من غرس فيّ الطموح وسقاه بالعطاء، ومن وهبني الحياة الكريمة وسعى جاهدا لراحتي وتقديمي.

" أبي الغالي "

إلى السند والكتف الثابت الذين إذا مالت الدنيا لا يميلون، مُلهمي نجاحي، إلى من شددت عضدي بهم فكانوا لي ينابيع أرتوي منها، إلى خيرة أيامي وصفوها، إلى قرّة عيني، القلب الدافئ والابتسامة الصادقة، أول الداعمين.

" إخواني وأخواتي "

إلى صديقات المواقف لا السنين، شريكات الدرب الطويل، من كانوا في سنوات العجاف سحابا ممطرا.

" صديقاتي العزيزات "

إلى رفيقتي رحلة العلم والمعرفة، إلى شريكتي الدرب والكفاح، ما كنا لنصل لولا تشاركنا الصدق والعمل والارادة، لكما نصف هذا النجاح ونصف الامتنان.

"سلمى وهديل"

إلى " نفسي "

أسأل الله تعالى أن ينفعني بما علمني وأن يعلمني ما أجهل ويجعله حجة لي لا علي.

(وَأَخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ)

هناء طرشي

Remerciements

Avant tout, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers Allah le Tout-Puissant, qui nous a accordé la force, le courage, la patience et l'opportunité de mener à bien ce modeste travail et d'atteindre ce stade.

*Nos remerciements les plus sincères vont tout d'abord à notre promoteur, le **Professeur HENDEL Noui**, enseignant à la Faculté des Sciences de l'Université Mohamed Boudiaf de M'sila, pour le temps précieux qu'il nous a consacré, ses remarques constructives, ses enseignements enrichissants et ses conseils avisés qui ont grandement contribué à la réalisation de ce travail.*

*Nous adressons également notre reconnaissance aux membres du jury, le **Professeur MEDJEKAL Samir** et le **Dr. KHERBACHE Abdallah**, qui ont accepté d'évaluer notre travail avec bienveillance et rigueur.*

*Nous souhaitons exprimer notre vive gratitude à **Madame Ilhame** et à **Madame Hamida**, ingénieures du laboratoire de Microbiologie Appliquée, pour leur soutien technique, leurs précieux conseils et leurs efforts constants tout au long de ce projet.*

Enfin, nous gardons une pensée reconnaissante pour toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Sommaire

Dédicace

Remerciements

ملخص	i
Abstract	ii
Résumé	iii
Liste des abréviations	iv
Liste des figures	v
Liste des tableaux	vi
Introduction	1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités	2
1.1. Les plantes médicinales	2
1.2. Méthodes d'extraction des métabolites secondaires végétaux	2
1.2.1. Décoction	2
1.2.2. Macération	2
1.2.3. Infusion	3
1.2.4. Hydrodistillation	3
1.2.5. Extraction par Soxhlet.....	4
1.3. Activité biologiques	4
1.4. Activité antibactérienne	4
1.5. Activité antifongique.....	5
1.6. Présentation générale de la plante étudiée : <i>Salvia aegyptiaca</i> L.	5

CHAPITRE II : MATÉRIELS ET MÉTHODES

2. Matériel et Méthodes	9
3.1. Matériel végétal.....	9
3.1.1. Broyage de la plante.....	9
3.1.2. Procédés d'extraction.....	9
3.1.2.1. Extraction par macération dans le Méthanol.....	9
3.1.2.2. Extraction par décoction dans de l'eau	10
3.1.2.3. Calcul du rendement	10
3.2. Dosage des composés phénoliques	11
3.2.2. Dosage des flavonoïdes.....	11
3.3. Evaluation de l'activité antioxydante.....	11

3.3.1.	Test au DPPH.....	11
3.4.	Evaluation de l'activité antimicrobienne de la plante	12
3.4.1.	Microorganismes.....	12
3.4.2.	Préparation des solutions d'extraits	13
3.4.3.	Préparation de l'inoculum	13
3.5.	Activité antibactérienne	13
3.5.1.	Méthode des puits de diffusion	13
3.5.2.	Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)	14
3.6.	Activité antifongique.....	14
3.7.	Analyse statistique	15

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

3.	Résultats et discussion	16
3.1.	Rendement en extraits de la plante	16
3.2.	Dosage des polyphénols et flavonoïdes	16
3.3.	Activité antioxydante	17
3.4.	Activité antibactérienne	18
4.1.	Activité antifongique.....	20
	Conclusion.....	21

Références Bibliographiques

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم الإمكانيات الكيميائية النباتية والبيولوجية لنبات القيصعين المصري *Salvia aegyptiaca*. أظهر المستخلص الميثانولي (EM) محتوى أعلى من المركبات الفينولية (61-72 ميكروغرام EAG مكافئ من حمض الغاليك/ملغ) والفلافونويدات (54 ميكروغرام مكافئ من الكرستين/ملغ) مقارنة بالمستخلص المائي (EA). كما أبدى المستخلص الميثانولي نشاطاً مضاداً للأوكسدة قوياً ($IC_{50} = 26.9$ ميكروغرام/مل)، مماثلاً لحمض الأسكوربيك. بالنسبة للفعل المضاد للميكروبات، كان المستخلص الميثانولي أكثر فعالية ضد البكتيريا إيجابية الغرام: *B. subtilis* (قطر تثبيط = 15.8 ملم) وبعض الفطريات: *A. alternata* (تثبيط بنسبة 28.1%)، رغم أن تركيزات القاتلة للبكتيريا (CMB العالية >300 ملغ/مل) تشير إلى تأثير بكتيريوستاتي رئيسي. تؤكد هذه النتائج على إمكانيات نبات القيصعين المصري كمصدر للمركبات الحيوية النشطة، حيث يعتمد الأداء على نوع المذيب المستخدم في الاستخلاص والسلالة المستهدفة. هناك حاجة إلى دراسات إضافية لتحديد المكونات الفعالة وآليات عملها.

الكلمات المفتاحية: *Salvia aegyptiaca*، النشاط المضاد للأوكسدة، النشاط المضاد للبكتيريا، النشاط المضاد للفطريات، البوليفينولات، الفلافونويدات، المستخلص الميثانولي، المستخلص المائي.

Abstract

This study evaluated the phytochemical and biological potential of *Salvia aegyptiaca*. The methanolic extract (ME) showed higher polyphenol (72-61 µg GAE/mg) and flavonoid (54 µg QE/mg) content than the aqueous extract (AE). The ME demonstrated strong antioxidant activity (IC₅₀ = 26.9 µg/mL), comparable to ascorbic acid. Antimicrobial tests revealed greater efficacy of ME against Gram-positive bacteria (*B. subtilis*: IZ = 15.8 mm) and certain fungi (*A. alternata*: 28.1% inhibition), though high MBC values (>300 mg/mL) suggest primarily bacteriostatic effects. These findings highlight *S. aegyptiaca*'s potential as a source of bioactive compounds, with performance depending on extraction solvent and target strain. Further studies are needed to identify active principles and their mechanisms of action.

Key words - *Salvia aegyptiaca*, antioxidant activity, antibacterial activity, antifungal activity, polyphenols, flavonoids, methanolic extract, aqueous extract.

Résumé

Cette étude a évalué *Salvia aegyptiaca* pour son potentiel phytochimique et biologique. L'extrait méthanolique (EM) a montré des teneurs plus élevées en polyphénols (72 - 61 µg EAG/mg) et flavonoïdes (54 µg EQ/mg) que l'extrait aqueux (EA). L'EM a démontré une forte activité antiradicalaire ($IC_{50} = 26,9 \text{ µg/mL}$), similaire à l'acide ascorbique. Sur le plan antimicrobien, l'EM a été plus efficace contre les bactéries Gram+ (*B. subtilis* : ZI = 15,8 mm) et certains champignons (*A. alternata* : 28,1% d'inhibition), bien que des CMB élevées (>300 mg/mL) suggèrent un effet principalement bactériostatique. Ces résultats soulignent le potentiel de *S. aegyptiaca* comme source de composés bioactifs, avec des performances dépendant du solvant d'extraction et de la souche cible. Des études supplémentaires sont nécessaires pour identifier les principes actifs et leurs mécanismes d'action.

Mot clé – *Salvia aegyptiaca*, activité antioxydante, activité antibactérienne, activité antifongique, polyphénols, flavonoides, extrait méthanolique, extrait aqueux.

Liste des abréviations

EM : Extrait Méthanolique

EAQ : Extrait Aqueuse

Na_2CO_3 : Carbonate de Sodium

AlCl_3 : Trichlorure d'Aluminium

GN : Gélose Nutritive

MH : Mueller-Hinton

SNC : Système Nerveux Central

CMI : Concentration Minimale Inhibitrice

CMB : Concentration Minimale Bactéricide

DMSO : Diméthylsulphoxide

AA : Acide Ascorbique

IC₅₀ : Concentration Inhibitrice à 50%

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

μg EAG/mg E : Microgramme Équivalent Acide Gallique par Milligramme d'Extrait

μg EQ/mg E : Microgramme Équivalent de quercétine par Milligramme d'Extrait

ZI : Zone D'inhibition

Liste des figures

Figure 1. <i>Salvia aegyptiaca</i> : A) Plante entière B) partie florale.	6
Figure 2. Distribution géographique de <i>Salvia aegyptiaca</i> L. Dans le monde.....	8
Figure 3. Le matériel végétal broyé de <i>S. aegyptiaca</i>	9
Figure 4. Etapes de l'extraction par macération et par décoction..	10
Figure 5. Effet des extraits EA et EM de <i>S. aegyptiaca</i> sur la croissance fongique : diamètre des colonies (mm) au 7ième jour d'incubation à 25 °C.	20

Liste des tableaux

Tableau 1. Rendements en différents extraits de <i>Salvia aegyptiaca</i>	16
Tableau 2. Polyphénols et flavonoïdes totaux, valeurs IC50 des extraits EA et EM de <i>S. aegyptiaca</i> et de l'AA dans le test de DPPH.	17
Tableau 3. Activité antibactérienne des extraits de <i>Salvia aegyptiaca</i> : diamètres des zones d'inhibition (mm) pour les extraits EA, EM et l'antibiotique de référence (chloramphénicol 30 µg).....	18
Tableau 4. Concentrations minimales inhibitrices (CMI) et bactéricides (CMB/CMF) des extraits EM et EA de <i>S. aegyptiaca</i> sur les souches microbiennes testées.....	19

INTRODUCTION

Introduction

Les plantes médicinales constituent des ressources thérapeutiques essentielles pour les populations africaines, tant en milieu rural qu'urbain, représentant souvent le premier recours en matière de soins de santé (Badiaga, 2011). Bien que la pharmacologie moderne ait accompli des progrès significatifs, l'usage des plantes médicinales demeure largement répandu, particulièrement dans les pays en développement. Depuis l'Antiquité, les plantes aromatiques et médicinales occupent une place centrale dans les systèmes de santé traditionnels à l'échelle mondiale. Leur utilisation, profondément ancrée dans les pratiques culturelles des civilisations anciennes, conserve aujourd'hui une importance capitale, notamment dans les régions en développement où, selon l'Organisation Mondiale de la Santé, environ 80% de la population dépend principalement des médecines traditionnelles (Mahraz, 2024).

L'Algérie dispose d'un patrimoine floristique exceptionnel, comprenant plus de 3000 espèces végétales dont 15% présentent un caractère endémique (Mouheb *et al.*, 2018). Parmi cette richesse botanique, les plantes aromatiques et médicinales spontanées, particulièrement celles appartenant à la famille des Lamiacées riches en composés bioactifs, jouent un rôle prépondérant dans les usages quotidiens. Les Lamiacées (ou Labiées) représentent l'une des familles botaniques les plus importantes et distinctives parmi les plantes à fleurs, regroupant approximativement 220 genres et près de 4000 espèces à travers le monde (Naghibi *et al.*, 2005). Le genre *Salvia*, l'un des plus importants de cette famille, fait l'objet d'un intérêt particulier en raison de ses propriétés pharmacologiques.

Salvia aegyptiaca L., espèce appartenant à ce genre, est couramment utilisée en médecine traditionnelle. Plusieurs études ont mis en évidence les propriétés biologiques remarquables de ses différents extraits, démontrant notamment des activités antioxydante (Mohammadi *et al.*, 2016), antibactérienne et antifongique (Pratima and Policepatil, 2017), ainsi que des effets anti-angiogéniques et anti-inflammatoires (Al-Yousuf *et al.*, 2002).

Dans le cadre de la valorisation de la flore locale, cette étude se propose d'évaluer certaines activités biologiques de *Salvia aegyptiaca* collectée dans la région de Bou Saâda – M'sila.

Ce travail s'articule autour de trois chapitres principaux. Le premier chapitre présente une revue bibliographique sur les plantes médicinales et leurs activités biologiques, suivie d'une présentation de l'espèce étudiée, *S. aegyptiaca*. Le deuxième chapitre expose la méthodologie employée, incluant les procédures expérimentales. Le troisième chapitre propose une discussion des résultats obtenus. Enfin, une conclusion synthétise les principales observations et ouvre des perspectives pour des recherches ultérieures.

CHAPITRE I :

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités

1.1. Les plantes médicinales

Les plantes médicinales sont utilisées depuis l'Antiquité pour leurs propriétés thérapeutiques dans le traitement des affections humaines. Leurs effets bénéfiques résultent de la présence de centaines, voire de milliers de composés bioactifs naturels, communément appelés métabolites secondaires. Ces molécules sont synthétisées par la plante puis accumulées dans différents organes végétaux, parfois au sein de cellules spécialisées (Boudjouref, 2018).

En Afrique, ces plantes représentent une ressource thérapeutique majeure, particulièrement pour les populations rurales. Selon Mpondo *et al.* (2012), plus de 80% de ces communautés ont recours à la phytothérapie comme principal moyen de soins de santé.

1.2.Méthodes d'extraction des métabolites secondaires végétaux

Parmi les méthodes couramment utilisées pour l'extraction des composés bioactifs végétaux, on peut citer la macération, la décoction et l'extraction par Soxhlet, chacune présentant des avantages spécifiques en termes de rendement et de sélectivité.

1.2.1. Décoction

La décoction constitue une méthode d'extraction traditionnelle particulièrement adaptée aux plantes médicinales, permettant d'isoler efficacement leurs composés bioactifs hydrosolubles. Selon le protocole décrit par Bohui *et al.* (2018), cette technique implique plusieurs étapes clés : la poudre végétale est d'abord soumise à ébullition dans 100 mL d'eau distillée pendant 30 minutes, suivie d'une phase de refroidissement et de filtration. L'extrait aqueux obtenu est ensuite concentré sous vide à 50°C à l'aide d'un évaporateur rotatif, puis séché à l'étuve à 46°C pendant 24 heures avant d'être pesé et conditionné dans des récipients stériles hermétiquement fermés. Cette méthode présente l'avantage d'être simple, économique et efficace pour l'extraction de nombreux composés thermostables tels que les polyphénols et les alcaloïdes. Toutefois, comme le souligne Meyer-Warnod (1984), son principal inconvénient réside dans la possible dégradation des molécules thermosensibles lors de l'étape d'ébullition. Malgré cette limitation, la décoction reste une technique de référence en recherche phytochimique, particulièrement utile pour les études préliminaires d'activité biologique, en raison de sa reproductibilité et de son adéquation avec les composés hydrosolubles stables à la chaleur.

1.2.2. Macération

L'extraction des principes actifs végétaux repose fondamentalement sur la séparation des phases solide et liquide, utilisant généralement un solvant organique ou aqueux comme phase

extractrice (Cacique *et al.*, 2020). Parmi les différentes techniques disponibles, la macération se distingue comme une méthode simple mais nécessitant un temps d'extraction prolongé, avec comme inconvénient majeur une faible efficacité pour les composés thermolabiles tels que les campestérols (Hidayat and Wulandari, 2021). Cette technique implique un contact prolongé à température ambiante entre la matière végétale préalablement déshydratée et le solvant d'extraction (Faye *et al.*, 2022), se déclinant principalement en deux variantes : la macération aqueuse utilisant l'eau comme solvant, et la macération hydroalcoolique employant un mélange eau/alcool.

Le protocole expérimental décrit par Bohui *et al.* (2018) illustre parfaitement cette méthode : 10 g de poudre végétale sont mis en contact avec 100 mL d'eau distillée sous agitation magnétique continue pendant 24 heures à température ambiante, suivis d'une filtration, d'une concentration sous vide à 50°C, puis d'un séchage à l'étuve à 46°C pendant 24 heures avant conditionnement en flacon stérile hermétique. Bien que présentant l'avantage d'être une méthode douce préservant les composés thermosensibles et d'avoir un faible coût de mise en œuvre, la macération souffre néanmoins d'un temps d'extraction long et de rendements parfois limités, ce qui en fait une technique à choisir en fonction de la nature des composés cibles et des contraintes expérimentales.

1.2.3. Infusion

L'infusion constitue une méthode d'extraction traditionnelle particulièrement adaptée aux composés végétaux thermosensibles. Selon Handa (2008), cette technique consiste à immerger la matière végétale dans de l'eau froide ou bouillante pendant une durée relativement courte, permettant d'obtenir une solution diluée des principes actifs hydrosolubles. Le protocole expérimental décrit par Bohui *et al.* (2018) illustre parfaitement cette approche : 10 g de poudre végétale sont placés dans 100 mL d'eau distillée bouillante pendant 30 minutes, suivis d'une phase de refroidissement naturel. Après filtration, l'extraît aqueux est concentré sous vide à 50°C à l'aide d'un évaporateur rotatif, puis séché à l'étuve à 46°C pendant 24 heures avant conditionnement en flacon stérile hermétique. Comparée à d'autres méthodes comme la décoction ou la macération, l'infusion présente l'avantage de préserver les composés thermolabiles grâce à un temps d'exposition à la chaleur réduit. Cependant, cette méthode peut montrer des limites en termes de rendement d'extraction pour certains composés peu hydrosolubles, ce qui en fait une technique particulièrement adaptée aux substances actives fragiles et facilement extractibles.

1.2.4. Hydrodistillation

L'hydrodistillation est une technique d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau, particulièrement adaptée aux composés volatils végétaux (Boukhatem *et al.*, 2019). Cette méthode consiste à chauffer la matière végétale dans l'eau sous pression atmosphérique, avec possibilité de

cohobage pour recycler les eaux aromatiques. Bien qu'écologique (absence de solvants organiques), elle présente une consommation énergétique notable et des rendements variables selon les composés cibles. Son principal avantage réside dans sa capacité à extraire sélectivement les molécules aromatiques thermostables tout en préservant leur intégrité.

1.2.5. Extraction par Soxhlet

L'extraction Soxhlet est une technique d'extraction semi-continue particulièrement efficace pour l'isolement des composés lipophiles. Le principe opératoire repose sur un cycle répétitif : la matière végétale, placée dans une cartouche poreuse, est percolée par un solvant organique chauffé qui s'évapore, se condense, puis percole à travers l'échantillon avant de retourner au ballon par siphonage. Cette méthode présente l'avantage majeur d'utiliser des volumes de solvant réduits tout en assurant une extraction exhaustive, surpassant ainsi en efficacité les méthodes statiques comme la macération. Son application est particulièrement indiquée pour l'extraction des composés thermostables peu solubles, bien qu'elle nécessite des temps d'extraction prolongés et une surveillance constante des paramètres thermiques (De Castro and Priego-Capote, 2010).

1.3. Activité biologiques

Les plantes médicinales présentent une grande diversité d'activités biologiques potentielles, incluant des propriétés antioxydantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires et bien d'autres. Dans le cadre de cette étude, nous nous intéresserons à trois activités spécifiques : l'activité antioxydante, l'activité antibactérienne et l'activité antifongique. Ces propriétés revêtent une importance thérapeutique majeure, notamment pour la protection cellulaire, la lutte contre les pathogènes d'intérêt clinique ou la prévention des infections et des altérations alimentaires.

1.3.1. Activité antioxydante

L'étude des propriétés antioxydantes des plantes médicinales vise à identifier des composés capables de neutraliser les espèces réactives de l'oxygène (ERO), impliquées dans le stress oxydatif. Bien que les études *in vitro* démontrent l'efficacité des polyphénols et flavonoïdes, leur application *in vivo* reste limitée par une faible biodisponibilité et une métabolisation rapide (Manach *et al.*, 2005; Halliwell, 2012). Par exemple, la quercétine, puissant antioxydant *in vitro*, présente une absorption intestinale inférieure à 5% chez l'homme. Ces contraintes expliquent la nécessité d'études cliniques pour confirmer leur potentiel thérapeutique contre les maladies liées à l'oxydation. Des stratégies comme la nano-encapsulation sont désormais explorées pour améliorer leur efficacité (Zhang *et al.*, 2022).

1.4. Activité antibactérienne

Face à l'émergence des résistances aux antibiotiques, les plantes médicinales, grâce à leur richesse en métabolites secondaires (alcaloïdes, terpénoïdes, polyphénols), représentent une alternative prometteuse (Ríos and Recio, 2005). Leur efficacité antibactérienne, bien documentée *in vitro*, se heurte néanmoins à des défis majeurs : variabilité de composition, interactions complexes entre composés et difficultés de standardisation. Les recherches actuelles visent à optimiser les méthodes d'extraction, élucider les mécanismes d'action spécifiques (notamment des flavonoïdes) et valider ces solutions par des essais cliniques rigoureux (Cushnie and Lamb, 2005).

1.5. Activité antifongique

Les plantes médicinales produisent divers métabolites secondaires, notamment des polyphénols, des flavonoïdes et des terpénoïdes, qui présentent une remarquable activité antifongique. Ces composés agissent selon plusieurs mécanismes : inhibition des enzymes clés par interaction avec leurs groupements thiols, perturbation de l'intégrité membranaire et induction de stress oxydatif. Parmi ces métabolites, les composés phénoliques des huiles essentielles (thymol, carvacrol, eugénol) se distinguent par leur efficacité, même contre des souches fongiques résistantes. Leur structure aromatique hydroxylée leur permet de former des liaisons hydrogènes avec les sites actifs des enzymes fongiques, bloquant ainsi des voies métaboliques essentielles. Cette action ciblée, combinée à une faible toxicité pour les cellules humaines, fait des métabolites secondaires végétaux, et particulièrement des composés phénoliques des huiles essentielles, des candidats prometteurs pour le développement de nouveaux antifongiques (Ultee *et al.*, 2002; Tariq *et al.*, 2019).

1.6. Présentation générale de la plante étudiée : *Salvia aegyptiaca* L.

Le genre *Salvia* (Lamiaceae), qui compte plus de 1000 espèces, représente l'un des groupes botaniques les plus importants en pharmacopée traditionnelle et moderne. Selon une étude phylogénétique (Walker *et al.*, 2004), cette diversité serait le résultat d'une évolution rapide des systèmes de défense chimique, particulièrement des diterpènes abiétainiques et des huiles essentielles. Les recherches ethnopharmacologiques documentent son utilisation depuis l'Antiquité, mentionnant *S. officinalis* pour ses vertus cicatrisantes (Rivera *et al.*, 2005). Les analyses métabolomiques modernes révèlent que 78% des espèces étudiées produisent des composés bioactifs à potentiel thérapeutique (Wu *et al.*, 2012).

1.6.1. Historique et étymologie de *Salvia aegyptiaca* L.

Salvia aegyptiaca L. (Lamiaceae), communément appelée "sauge égyptienne" (Egyptian sage) ou localement "Shajarat al ghazal" et "Ghabeisha", est un arbuste nain caractéristique des zones arides de la péninsule arabique, d'Égypte, Palestine et d'Asie occidentale (Iran, Afghanistan)

(Migahid, 1978). L'appellation générique *Salvia* dérive du latin "*salvare*" (sauver), reflétant son importance historique en médecine traditionnelle, où elle était considérée comme une plante aux vertus quasi-magiques pour la préservation de la vie. Cette racine étymologique a évolué à travers les langues, donnant naissance aux termes "sauge" en français et "sage" en anglais moderne, attestant de sa persistance dans les pharmacopées européennes depuis le Moyen-Âge et Arabe Maryamiya, "مريمية", alqaseayn "القصعين" lié à la Vierge Marie (Fellah *et al.*, 2006).

1.6.2. Description botanique

Salvia aegyptiaca (Figure 1) est un arbuste nain (30-40 cm) au port buissonnant et densément ramifié, présentant des tiges ligneuses entrelacées à la base, avec des rameaux florifères se ramifiant uniquement dans leur partie supérieure. Ses feuilles lancéolées (1-2 cm), à marge profondément dentelée, contrastent avec ses inflorescences compactes composées de verticilles de 4-6 fleurs vert clair à teinte violacée. Ces fleurs, typiques des Labiées, se caractérisent par un calice bilabié à lobes divergents (3-4 mm) et des bractées membraneuses réduites (2-3 mm), tandis que le style nettement exsert (3-4 mm) facilite la pollinisation entomophile. Cette architecture végétative, combinant compacité et réduction des surfaces foliaires, reflète une adaptation aux conditions arides (Quézel and Santa, 1963)

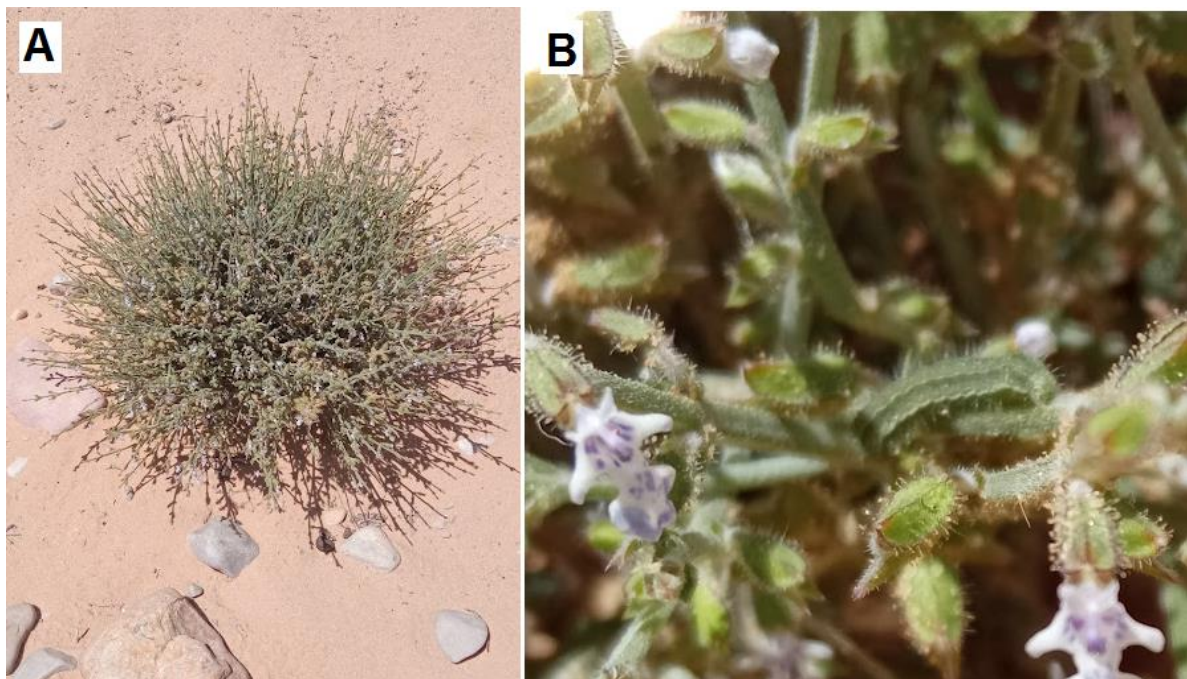


Figure 1. *Salvia aegyptiaca*: A) Plante entière B) partie florale ; (Photo de HENDEL, Bou Saâda – M'sila, le 01/05/2024).

1.6.3. Position systématique

La classification systématique de *Salvia aegyptiaca* L. (Saleem and Idris, 2016) est la suivante :

Règne	Plantae
Sous règne	Tracheobionta
Super division	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	<i>Salvia</i>
Espèce	<i>Salvia aegyptiaca</i>

1.6.4. Répartition géographique de *Salvia aegyptiaca* L.

Salvia aegyptiaca L. (Lamiaceae) présente une distribution saharo-arabique discontinue, couvrant les zones arides et semi-arides de l'Afrique du Nord (du Maroc à l'Égypte), de la péninsule Arabique (principalement dans les régions désertiques et montagneuses) et du sud-ouest asiatique (Iran, Afghanistan, Pakistan) (Figure 2). Cette espèce xérophytique se rencontre principalement dans les écosystèmes désertiques et semi-désertiques, entre 0 et 1500 m d'altitude, avec une préférence pour les sols rocaillieux ou sableux bien drainés. Sa répartition fragmentée reflète à la fois ses adaptations écologiques aux conditions arides et son histoire évolutive complexe, marquée par des périodes d'isolement géographique durant les fluctuations climatiques du Quaternaire. Cette espèce partage partiellement son aire de distribution avec d'autres sauges arido-adaptées comme *S. lanigera* et *S. dominica*, mais s'en distingue par sa plus grande tolérance aux conditions hyperarides (Walker *et al.*, 2004).



Figure 2. Distribution géographique de *Salvia aegyptiaca* L. Dans le monde (kew.org, 2025).

1.6.5. Usage traditionnel

Dans le cadre des médecines traditionnelles saharo-arabiques, *Salvia aegyptiaca* L. représente un archétype de plante-médicament au sens défini par Boudani *et al.* (2022), servant à la fois de remède direct et de source de principes actifs. Ses applications multiséculaires couvrent : les troubles digestifs (graines anti-diarrhéiques documentées par Ghazanfar en 1994, feuilles stomachiques), les affections inflammatoires (traitement des hémorroïdes et blépharites par ses huiles essentielles riches en camphre selon Rizk and El-Ghazaly, 1995). Ces usages, reposant sur un complexe de polyphénols (acide rosmarinique), terpènes (camphre, 1,8-cinéole) et alcaloïdes, trouvent aujourd'hui une validation scientifique croissante, comme en témoignent les analyses pharmacologiques d'Al-Fatimi *et al.* (2005) confirmant ses propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires et neuro-modulatrices.

1.6.6. Phytochimie

Salvia aegyptiaca synthétise divers métabolites secondaires aux propriétés pharmacologiques notables, dont trois groupes majeurs :

- **Les polyphénols**, composés ubiquitaires impliqués dans la physiologie végétale et présentant une distribution variable selon les organes et stades de développement (Martin and Andriantsitohaina, 2002 ; Macheix *et al.*, 2005), influençant la qualité des plantes et leurs interactions biologiques (Petti and Scully, 2009) ;

- **Les flavonoïdes**, représentés par plus de 5 000 structures (Ferguson, 2001), dont *S. aegyptiaca* produit des spécificités comme l'apigénine-7-glucoside, la lutéoline-7-glucoside et des dérivés méthoxylés (Missiry *et al.*, 1994 ; Rizk and El-Ghazaly, 1995 ; Al Yousuf *et al.*, 2002) ;
- **Les huiles essentielles**, composés volatils aux applications thérapeutiques (antifongiques contre les dermatophytes et antibactériennes) et industrielles (Mehani and Segni, 2014). Cette diversité chimique explique son importance en médecine traditionnelle et son potentiel pour des applications modernes.

PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE II : MATÉRIELS ET
MÉTHODES

2. Matériel et Méthodes

L'étude a été réalisée dans les laboratoires de microbiologie et biochimie de l'Université Mohamed Boudiaf de M'sila, comprenant successivement : (1) l'extraction des principes actifs de *Salvia aegyptiaca* par différentes méthodes, (2) l'isolement et la purification des souches bactériennes de référence disponibles au laboratoire, et (3) l'évaluation de l'activité antimicrobienne par des tests standardisés sur les souches sélectionnées, permettant une caractérisation complète du potentiel antimicrobien de cette plante médicinale.

3.1. Matériel végétal

Salvia aegyptiaca L. a été récoltée à l'état sauvage durant sa période de floraison (mai 2024) dans la région de Bou Saâda - M'sila (Figure 2). Le matériel végétal a subi un séchage naturel à l'abri de la lumière directe dans des conditions contrôlées (température ambiante, ventilation optimale), puis les parties aériennes (feuilles, tiges florifères et inflorescences) ont été triées, conditionnées en sacs en papier et conservées à l'abri de l'humidité en attendant les extractions.

3.1.1. Broyage de la plante

Le matériel végétal a été broyé à l'aide d'un broyeur électrique. Le procédé de broyage se fait toujours juste avant le procédé d'extraction (Figure 3).



Figure 3. Le matériel végétal broyé de *S. aegyptiaca*.

3.1.2. Procédés d'extraction

3.1.2.1. Extraction par macération dans le Méthanol

L'extrait méthanolique a été obtenu selon une méthode adaptée de Bayaga *et al.*, (2020) impliquant la macération de 50 g de poudre végétale dans 500 mL de méthanol (rapport 1:10) pendant 24 heures sous agitation à température ambiante, suivie d'une filtration sur papier Whatman N°1 et d'une évaporation du solvant sous vide à 40°C à l'aide d'un évaporateur rotatif

(Figure 6), aboutissant à un extrait méthanolique brut (EM) qui a été conditionné dans des flacons stériles et conservé à 4°C jusqu'à son utilisation ultérieure pour les analyses biologiques.

3.1.2.2. Extraction par décoction dans de l'eau

La préparation de l'extrait aqueux (EA) a été réalisée selon une méthode adaptée d'Akassa *et al.* (2019) impliquant la décoction de 20 g de poudre végétale dans 200 mL d'eau distillée (rapport 1:10), avec maintien à ébullition sous agitation continue pendant 30 minutes, suivie d'une filtration sur papier Whatman N°1 (Figure 4), puis séchage de l'extrait à 40°C dans une étuve ventilée avant conservation à 4°C en vue des analyses ultérieures.

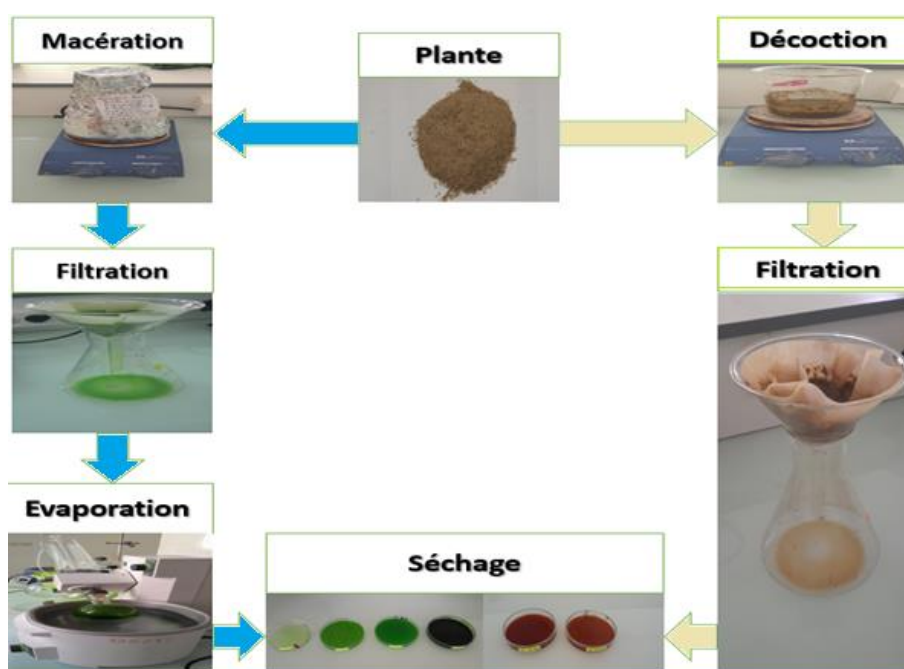


Figure 4. Etapes de l'extraction par macération et par décoction..

3.1.2.3. Calcul du rendement

Le rendement d'extraction a été quantifié selon la méthode de Falleh *et al.* (2008) selon la relation :

$$\text{Rendement (R)\%} = M_{\text{Ext}} / M_{\text{Ech}} \times 100$$

Où

M_{Ext} : Masse de l'extrait après évaporation du solvant en g.

M_{Ech} : Masse de l'échantillon végétal en g.

3.2. Dosage des composés phénoliques

3.2.1. Dosage des polyphénols

Le dosage des polyphénols totaux dans les extraits de *S. aegyptiaca* a été effectué selon une méthode adaptée de Li *et al.* (2007), basée sur la réaction oxydative des groupements phénoliques avec le réactif de Folin-Ciocalteu (mélange d'acides phosphotungstique et phosphomolybdique). Cette réaction génère des oxydes bleus de tungstène et molybdène dont l'absorbance à 760 nm est proportionnelle à la concentration en polyphénols. Dans notre protocole, 100 μ L d'extrait ont été incubés avec 500 μ L de réactif de Folin-Ciocalteu (10%) pendant 4 min, suivis de l'ajout de 400 μ L de carbonate de sodium (7,5%) et d'une incubation de 2h à l'abri de la lumière. La quantification a été réalisée par spectrophotométrie à 765 nm en utilisant une courbe étalon d'acide gallique (0-200 μ g/mL), avec expression des résultats en μ g d'équivalents d'acide gallique par mg d'extrait (μ g EAG/mg).

3.2.2. Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes totaux dans les extraits de *S. aegyptiaca* a été réalisé selon une adaptation de la méthode colorimétrique de Bajorun *et al.* (1996), impliquant la formation d'un complexe entre les flavonoïdes et le chlorure d'aluminium. Dans ce protocole, 1 mL d'extrait ou de solution étalon de quercétine (gamme 2,5-40 μ g/mL) a été mélangé avec 1 mL de solution de $AlCl_3$ (2% dans le méthanol), puis incubé 10 minutes à l'abri de la lumière avant la mesure d'absorbance à 430 nm. La quantification a été effectuée par interpolation sur une courbe étalon de quercétine, permettant d'exprimer les résultats en microgrammes d'équivalent quercétine par milligramme d'extrait sec (μ g EQ/mg), ce qui fournit une estimation fiable de la teneur totale en flavonoïdes des échantillons analysés.

3.3. Evaluation de l'activité antioxydante

3.3.1. Test au DPPH

L'activité antiradicalaire des extraits de *Salvia aegyptiaca* a été déterminée selon une méthode adaptée de Sánchez-Moreno *et al.* (1998) utilisant le radical libre DPPH (1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl). Une solution mère de DPPH (0,004 mg/100 mL de méthanol) a été préparée, puis 600 μ L de cette solution ont été mélangés avec 600 μ L d'extrait ou d'acide ascorbique (témoin positif) avant incubation à l'obscurité pendant 30 minutes. La réduction du radical DPPH, se traduisant par une diminution de l'absorbance à 517 nm, a été mesurée par spectrophotométrie. Pour chaque série d'analyses, un témoin négatif (DPPH seul) a été inclus. La concentration inhibitrice IC_{50} , correspondant à la quantité d'extrait nécessaire pour neutraliser 50% des radicaux DPPH, a été calculée à partir des courbes de dilution et exprimée en moyenne $\pm$ écart-type,

permettant ainsi une évaluation quantitative du pouvoir antioxydant des différents extraits testés. Le contrôle positif utilisé est l'acide ascorbique (AA).

3.4. Evaluation de l'activité antimicrobienne de la plante

3.4.1. Microorganismes

Les **souches bactériennes** utilisées pour évaluer l'activité des extraits EM et EA de *Salvia aegyptiaca* sont des souches de référence disponibles au laboratoire de microbiologie du Département de Microbiologie et Biochimie. Elles comprennent :

- *Staphylococcus aureus* ATCC 6538
- *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853
- *Enterococcus faecalis* ATCC 51299---(*E. faecalis* 1)
- *Enterococcus faecalis* ATCC 49452---(*E. faecalis* 2)
- *Bacillus subtilis* ATCC 9372
- *Escherichia coli* ATCC 25922
- *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228
- *Listeria* sp. (provenant du laboratoire de biologie végétale de l'Université de Sétif).

Les **isolats fongiques** d'origine alimentaire testés étaient :

- *Alternaria alternata*
- *Aspergillus flavus*
- *Penicillium expansum*
- *Penicillium italicum*
- *Trichoderma harzianum*

ainsi que la levure *Candida albicans*. Toutes ces souches étaient également disponibles dans le laboratoire mentionné précédemment.

L'évaluation de la pureté des souches bactériennes a été réalisée par des repiquages successifs sur bouillon nutritif (BN), dans des conditions contrôlées au laboratoire. Pour confirmer leur homogénéité, un ensemencement en stries d'épuisement a été effectué sur gélose nutritive, suivie d'une incubation de 24 heures à 37 °C. Le processus de transfert a été répété entre la gélose et le bouillon nutritif, puis inversement, afin de garantir la pureté et la stabilité des souches. Enfin, une coloration de Gram a été réalisée, complétée par des observations microscopiques pour analyser la morphologie des colonies et vérifier l'absence de contamination.

Les **tests antimicrobiens** ont été menés sur deux milieux de culture principaux : la gélose nutritive (GN) et la gélose Mueller-Hinton (MHA). Ces milieux permettent non seulement l'isolement et la conservation des souches bactériennes dans des conditions optimales, mais aussi

l'évaluation de leur sensibilité aux agents antimicrobiens. Pour les tests antifongiques, le milieu Potato Dextrose Agar (PDA) a été utilisé, adapté à la culture des champignons et à l'analyse de leur croissance en présence des extraits végétaux étudiés.

Pour la conservation, les souches bactériennes ont été ensemencées sur gélose nutritive inclinée dans des tubes, incubées à 37°C pendant 24 heures, puis stockées à 5°C. Les souches fongiques ont été traitées selon le même protocole mais sur milieu PDA (Potato Dextrose Agar) incliné, permettant ainsi leur préservation pour les analyses futures.

3.4.2. Préparation des solutions d'extraits

Pour les tests de puits de diffusion : Les extraits EA et EM ont été dissous directement dans du diméthylsulfoxyde (DMSO) pur pour obtenir les concentrations souhaitées.

Pour la détermination des CMI et CMB : Les extraits ont été dilués dans du bouillon nutritif contenant 2% (v/v) de DMSO, permettant ainsi une meilleure compatibilité avec les milieux de culture.

3.4.3. Préparation de l'inoculum

L'inoculum bactérien a été préparé à partir d'un bouillon nutritif adapté à la souche étudiée, prélevé en phase stationnaire de croissance, puis incubé à température optimale pour favoriser son activité métabolique. Les souches ont été ensemencées sur milieu GN par la méthode d'épuisement et incubées à 37 °C pendant 24 h pour obtenir des colonies isolées. Deux colonies distinctes par souche ont été prélevées à l'anse de platine stérile, suspendues dans 9 mL de NaCl 0,9 %, puis homogénéisées par agitation. La turbidité a été ajustée au standard 0,5 de l'échelle de McFarland (correspondant à une densité optique de 0,08 à 0,13 à 620 nm), équivalant à une concentration d'environ 10⁸ UFC/mL.

3.5. Activité antibactérienne

3.5.1. Méthode des puits de diffusion

Des puits de 6 mm de diamètre ont été creusés à l'aide d'un emporte-pièce dans des boîtes de Pétri contenant le milieu MHA, préalablement ensemencée par écouvillonnage avec une suspension bactérienne calibrée à 1 × 10⁸ UFC/mL. Les puits ont été positionnés selon une répartition équidistante entre le centre et la périphérie de la boîte.

Sous conditions aseptiques, les extraits EM et EA de *Salvia aegyptiaca* ont été dissous dans du DMSO pour atteindre une concentration finale de 300 mg/mL. Un volume de 30 µL de chaque solution a été déposé dans les puits correspondants. Une pré-incubation à 4 °C pendant 1 h a été

réalisée pour permettre une diffusion homogène des extraits dans la gélose, suivie d'une incubation à 37 °C pendant 24 h en conditions statiques.

Après incubation, les diamètres des zones d'inhibition (ZI) (incluant le diamètre du puits) ont été mesurés. Le DMSO seul a été utilisé comme témoin négatif, tandis que le Chloramphénicol (C30 µg/disque) a servi de contrôle positif, conformément au protocole décrit par Bouyahya *et al.* (2017).

3.5.2. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

La CMI a été déterminée selon un protocole de microdilution en milieu liquide. Initialement, 300 mg de chaque extrait (EA et EM) ont été dissous dans 200 µL de DMSO, puis complétés avec 1 mL de bouillon nutritif pour obtenir une solution mère homogène après agitation vigoureuse. Une série de dix dilutions décimales a ensuite été préparée à partir de cette solution. Les différentes concentrations ont été distribuées dans une microplaque 96 puits (100 µL/puits), auxquels ont été ajoutés 95 µL de bouillon nutritif stérile et 5 µL d'une suspension bactérienne standardisée à 10⁸ UFC/mL, atteignant ainsi un volume final de 200 µL par puits. Deux contrôles essentiels ont été inclus : un témoin positif (195 µL de bouillon + 5 µL de suspension bactérienne) pour vérifier la croissance microbienne, et un témoin négatif (200 µL de bouillon seul) pour confirmer l'asepsie du milieu. Après incubation à 37°C pendant 18-24 heures, la CMI a été définie comme la plus faible concentration inhibant toute croissance bactérienne visible, évaluée par l'absence de turbidité (Toty *et al.*, 2013). La validité des essais a été confirmée par la croissance dans le témoin positif et la clarté du témoin négatif.

3.6. Activité antifongique

L'activité antifongique de l'extrait méthanolique (EM) de *Salvia aegyptiaca* a été évaluée selon la méthode décrite par Hendel *et al.* (2021), en incorporant 300 mg de chaque extrait sec (EM et EA), préalablement dissous dans 1 mL DMSO, dans 250 mL de gélose PDA stérile. Le DMSO a été sélectionné comme solvant en raison de sa neutralité biologique et de son absence d'effet antifongique aux concentrations utilisées. Huit souches fongiques phytopathogènes ont été testées selon la méthode du contact direct, où les extraits dissous ont été mélangés au milieu de culture avant solidification. Après ensemencement aseptique des champignons (un disque mycélien de 6 mm de diamètre a été déposé au centre de la boîte), les cultures ont été incubées pendant sept jours. L'activité inhibitrice a été déterminée par mesure comparative des diamètres de croissance mycélienne entre les échantillons traités et les témoins négatifs (DMSO seul). Les taux d'inhibition ont été calculés selon la formule :

$$I\% = (DC-DT) / DC \times 100$$

Où DC représente le diamètre moyen (en mm) des colonies témoins et DT celui des colonies traitées.

3.7. Analyse statistique

Toutes les analyses des activités antioxydante et antimicrobienne sont faites en trois répétitions et la comparaison des moyennes est réalisée par analyse de la variance, suivi du test à comparaisons multiple de Tukey. Pour l'ensemble des données, la significativité a été admise avec une erreur de 5% ($p \leq 0.05$). L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel GraphPad Prism 6.05.

PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE III : RESULTATS ET
DISCUSSION

3. Résultats et discussion

3.1. Rendement en extraits de la plante

Les taux de rendement des extraits de *Salvia aegyptiaca* sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tableau 1). Ces rendements correspondent au pourcentage de la masse de l'extrait obtenu par rapport à la masse de plante sèche utilisée initialement.

Tableau 1. Rendements en différents extraits de *Salvia aegyptiaca*.

Extraits	Aspect	Couleur	Méthode d'extraction	Rendement (% M/M)
Méthanolique (EM)	poudreux	noir verdâtre	Macération	4,68
Aqueux (EA)	cristallin	maron	Décoction	5,57

Le Tableau 1 révèle un rendement d'extraction maximal pour l'extrait méthanolique (EM) et minimal pour l'extrait aqueux (EA), mettant en évidence l'influence déterminante de la nature du solvant sur l'efficacité d'extraction des composés actifs de la plante. Comme l'ont démontré Oreopoulou *et al.* (2019), cette variabilité s'explique par plusieurs facteurs tels que : l'effet de la température sur la perméabilité membranaire et la solubilité des composés phénoliques, les propriétés de polarité des solvants influençant leur capacité à dissoudre les métabolites secondaires, et les conditions environnementales (stress hydrique, humidité) lors de la croissance des plantes. Ces paramètres expliquent les variations observées aussi bien entre différentes espèces végétales qu'entre organes d'une même plante (Salem, 2009). La combinaison de ces facteurs physicochimiques et biologiques détermine finalement le rendement et la composition spécifique de chaque extrait.

3.2. Dosage des polyphénols et flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes totaux a été réalisé par méthode colorimétrique au trichlorure d'aluminium en utilisant la quercétine comme étalon (3,5-120 µg/ml). Les résultats, exprimés en équivalent quercétine (Tableau 2), révèlent une influence marquée de la méthode d'extraction : la macération méthanolique donne le rendement maximal ($54,17 \pm 3,94$ µg EQ/mg) tandis que la décoction aqueuse montre la plus faible teneur ($9,75 \pm 1,94$ µg EQ/mg). Cette différence s'explique par la polarité des solvants - le méthanol, de polarité intermédiaire, étant plus efficace pour l'extraction des flavonoïdes que l'eau très polaire (Brglez Mojzer *et al.*, 2016). Les variations observées dépendent également de facteurs biologiques et environnementaux (Aryal *et al.*, 2019).

Concernant les polyphénols totaux, quantifiés par la méthode Folin-Ciocalteu et exprimés en équivalent acide gallique ($\mu\text{g EAG/mg E}$), les résultats inverses sont observés : la décoction aqueuse présente la teneur la plus élevée ($72,17 \pm 3,87 \mu\text{g EAG/mg E}$) contre $61,19 \pm 2,69 \mu\text{g EAG/mg E}$ pour la macération. Ces données confirment les observations de Nantitanon *et al.* (2010) et Senhaji *et al.* (2020) sur l'efficacité de l'eau chaude pour l'extraction des polyphénols, particulièrement des acides phénoliques et de leurs dérivés glycosylés. L'eau montre en effet une meilleure affinité pour les composés hautement polaires comme l'acide rosmarinique (Oreopoulou *et al.*, 2019), tandis que les solvants organiques sont moins efficaces pour extraire les polyphénols liés aux parois cellulaires (Brglez Mojzer *et al.*, 2016). Ces variations reflètent également l'influence des stades phénologiques et des conditions environnementales sur le métabolisme secondaire de *S. aegyptiaca* (Farhat *et al.*, 2015).

Tableau 2. Polyphénols et flavonoïdes totaux, valeurs IC₅₀ des extraits EA et EM de *S. aegyptiaca* et de l'AA dans le test de DPPH.

Extraits	Flavonoïdes ($\mu\text{g EQ/mg extrait}$)	Polyphenols ($\mu\text{g EAG/mg extrait}$)	DPPH (IC ₅₀ , $\mu\text{g/mL}$)
EM	$54,17 \pm 3,94$	$61,19 \pm 2,69$	$26,92 \pm 1,66^a$
EA	$9,75 \pm 1,94$	$72,17 \pm 3,87$	$114,54 \pm 2,45$
AA	—	—	$25,16 \pm 1,38^a$

*Les valeurs sont significativement différentes selon l'analyse ANOVA unidirectionnelle ordinaire suivie par le test de comparaisons multiples de Tukey, $p < 0.05$, ($n=3 \pm \text{SD}$).

3.3. Activité antioxydante

L'activité antioxydante des extraits aqueux (EA) et méthanolique (EM) de *Salvia aegyptiaca* a été évaluée par leur capacité à piéger le radical libre DPPH•. Les résultats, exprimés en pourcentage d'inhibition, ont montré une relation dose-dépendante pour les deux extraits et pour l'acide ascorbique (AA) utilisé comme référence (Tableau 2). L'analyse des valeurs d'IC₅₀ (concentration nécessaire pour neutraliser 50% des radicaux DPPH) a révélé des différences significatives ($p < 0,05$) entre les extraits : l'EM présentait la meilleure activité avec un IC₅₀ de $26,92 \mu\text{g/mL}$, comparable à celle de l'AA ($25,16 \mu\text{g/mL}$) ($p < 0.05$), tandis que l'EAQ montrait une activité plus faible (IC₅₀ = $114,54 \mu\text{g/mL}$).

Selon la classification de Kamatou *et al.* (2010), l'EM de *S. aegyptiaca* présente une excellente activité antioxydante (IC₅₀ < $30 \mu\text{g/mL}$), similaire à d'autres espèces de *Salvia* comme *S. officinalis*. Cette forte activité pourrait s'expliquer par la présence simultanée de composés hydrophobes et hydrophiles dans la plante, notamment des acides phénoliques hydrosolubles

identifiés comme principaux contributeurs à l'effet antioxydant (Hosseini *et al.*, 2024). Les différences observées entre les extraits soulignent l'importance du choix du solvant d'extraction pour l'obtention de composés bioactifs aux propriétés antioxydantes optimales.

3.4. Activité antibactérienne

L'analyse par diffusion en gélose a révélé des profils d'activité antibactérienne distincts entre les extraits EA et EM de *Salvia aegyptiaca* (Tableau 3).

L'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits EM et EA de *Salvia aegyptiaca* par la méthode des puits a révélé des zones d'inhibition variables selon les souches testées (Tableau 4). Les deux extraits ont démontré une activité significative contre la majorité des bactéries, bien qu'inférieure à celle des antibiotiques de référence. Notamment, l'EM a montré la meilleure activité contre *Bacillus subtilis* (ZI = $15,83 \pm 2,14$ mm) et *Enterococcus faecalis* ATCC 49452 (ZI = $15,83 \pm 1,47$ mm), tandis que l'EA présentait une efficacité comparable contre *Escherichia coli* (ZI = $10,83 \pm 1,72$ mm). Aucune activité n'a été observée contre *Listeria innocua* et *Candida albicans*, suggérant une résistance potentielle de ces souches.

Tableau 3. Activité antibactérienne des extraits de *Salvia aegyptiaca*: diamètres des zones d'inhibition (mm) pour les extraits EA, EM et l'antibiotique de référence (chloramphénicol 30 µg).

Bactéries/levure	EA	AM	Chloramphénicol
<i>Listeria</i> sp	$9,17 \pm 0,75^a$	—	25
<i>St. aureus</i>	$8,83 \pm 1,17^a$	$8,50 \pm 0,71^a$	24
<i>E. coli</i>	$10,83 \pm 1,72^a$	$10,67 \pm 1,03^{b,c}$	—
<i>St. epidermidis</i>	$11,33 \pm 2,66^a$	$8,50 \pm 0,55^c$	12
<i>E. faecalis</i> 1	$10,17 \pm 0,98^a$	$12,83 \pm 1,94^{a,b}$	32
<i>E. faecalis</i> 2	$12,00 \pm 0,00^a$	$15,83 \pm 1,47^a$	29
<i>B. subtilis</i>	$10,00 \pm 1,67^a$	$15,83 \pm 2,14^a$	36
<i>Ps. aeruginosa</i>	$9,83 \pm 1,47^a$	$12,17 \pm 1,17^a$	—
<i>C. albicans</i>	$9,00 \pm 0,63^a$	$9,50 \pm 1,22^b$	NT

— : croissance nulle.

NT : non testé

* Dans chaque colonne, les valeurs ayant la même lettre indique qu'il n'y a pas de différence significative selon le test de comparaisons multiple de Tukey. ($p \leq 0.05$), (n=moyenne $\pm$ SD)

Les concentrations minimales inhibitrices (CMI) et bactéricides (CMB) ont été déterminées pour l'EM (Tableau 4). Malheureusement, les limites quantitatives de l'extrait EA n'ont pas permis la détermination des CMI et bactéricides CMB, qui seront caractérisées lors d'expérimentations complémentaires. Les résultats montrent que l'EM présente des activités

variables : une activité meilleure contre *E. coli* (CMI < 0,586 mg/ml) et *E. faecalis* ATCC (CMI < 0,586 mg/ml) ; activité modérée contre *S. aureus* (CMI = 4,688 mg/ml) et *P. aeruginosa* (CMI = 1,1719 mg/ml) ; et activité plus faible contre *B. subtilis* (CMI = 9,375 mg/ml) et *C. albicans* (CMI = 9,375 mg/ml).

Tableau 4. Concentrations minimales inhibitrices (CMI) et bactéricides (CMB/CMF) de l'extrait EM de *S. aegyptiaca* sur les souches microbiennes testées.

Bactéries/levure	CMI (mg/ml)	CMB (mg/ml)
<i>St. aureus</i>	4,688	150
<i>Listeria</i> sp	2,344	150
<i>B. subtilis</i>	9,375	300
<i>E. faecalis</i> 1	< 0,586	300
<i>E. faecalis</i> 2	1,1719	> 300
<i>E. coli</i>	< 0,586	> 300
<i>Ps. aeruginosa</i>	1,1719	150
<i>St. epidermidis</i>	< 0,586	300
<i>C. albicans</i>	9,375	150

Les analyses des activités antibactériennes des extraits de *S. aegyptiaca* révèlent plusieurs tendances significatives. L'extrait méthanolique (EM) démontre une efficacité particulièrement marquée contre les bactéries Gram-positives, avec des zones d'inhibition atteignant 15,83 mm pour *B. subtilis* et *E. faecalis*. Cette observation corrobore les travaux de Gibbons (2008) qui attribuent cette sensibilité accrue des Gram-positives à leur structure pariétale plus perméable aux composés phénoliques. À l'inverse, les performances plus modestes contre *P. aeruginosa* (Gram-négative) s'expliquent par la présence d'une membrane externe riche en lipopolysaccharides, agissant comme barrière de perméabilité (Nikaido, 2003).

L'analyse des CMI/CMB apporte des nuances importantes à ces observations. Les valeurs de CMB systématiquement élevées (>150 mg/ml pour la plupart des souches) suggèrent que les extraits agissent principalement par un mécanisme bactériostatique plutôt que bactéricide aux concentrations testées. Ce phénomène, également rapporté par Cowan (1999), limite potentiellement les applications thérapeutiques directes mais ouvre des perspectives intéressantes pour des utilisations en synergie avec des antibiotiques conventionnels. La discordance notable entre les bons résultats en ZI (>10mm) et les CMB élevées pour *E. coli* pourrait indiquer une action sur plusieurs cibles cellulaires, comme l'ont proposé Borges *et al.* (2013) dans leurs travaux sur les mécanismes d'action des extraits végétaux.

La comparaison entre extraits aqueux (EA) et méthanolique (EM) confirme la supériorité générale de ce dernier, à l'exception notable d'*E. coli* où les deux extraits montrent des performances comparables. Ces résultats s'inscrivent en cohérence avec les conclusions d'Altemimi *et al.* (2017) sur l'efficacité différentielle des solvants d'extraction. L'absence d'activité significative contre *C. albicans* rejoint quant à elle les observations de Shreaz *et al.* (2016) concernant la résistance particulière des levures aux composés actifs des Lamiaceae. D'un point de vue méthodologique, ces résultats soulignent l'importance de considérer simultanément les données de ZI et de CMI/CMB pour une évaluation complète du potentiel antimicrobien, comme l'ont préconisé Ríos et Recio (2005).

4.1. Activité antifongique

L'évaluation de l'activité antifongique des extraits EM et EA de *Salvia aegyptiaca* par incorporation en milieu PDA est représenté par la figure 5.

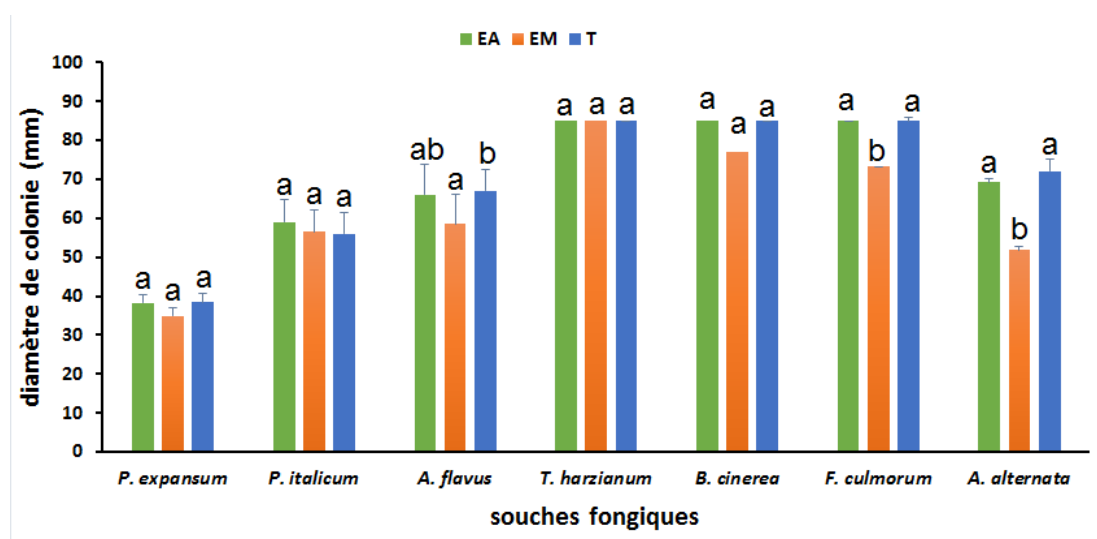


Figure 5. Effet des extraits EA et EM de *S. aegyptiaca* sur la croissance fongique : diamètre des colonies (mm) au 7^{ème} jour d'incubation à 25 °C (T : témoins). Pour chaque champignon, les barres ayant la même lettre indique qu'il n'y a pas de différence significative selon le test de comparaisons multiple de Tukey. ($p \leq 0.05$), (n=moyenne $\pm$ SD).

L'étude de l'activité antifongique des extraits EA et EM de *Salvia aegyptiaca* a révélé un profil d'inhibition variable selon les souches fongiques testées (Figure 5). Les résultats démontrent que l'extrait EM présente une efficacité significativement supérieure à l'extrait EA, avec des taux

d'inhibition particulièrement marqués contre *Alternaria alternata* (28,13%) et *Fusarium culmorum* (13,82%). Cette différence d'activité pourrait s'expliquer par la meilleure extraction des composés lipophiles tels que les diterpènes et les flavonoïdes méthoxylés par le solvant organique, comme l'ont également observé Abd-ElGawad *et al.* (2020) dans leurs travaux sur les espèces de *Salvia*.

Les tests ont mis en évidence des variations notables de sensibilité parmi les souches fongiques. Alors que *Aspergillus flavus* (12,69%) et *Penicillium expansum* (9,09%) montrent une sensibilité modérée à l'EM, *Penicillium italicum* présente un comportement particulier avec des valeurs d'inhibition négatives (-0,89% pour l'EM), suggérant un possible effet stimulateur de croissance. Ces résultats corroborent les observations de Tariq *et al.* (2019) sur la résistance différentielle des *Penicillium* aux extraits végétaux. Par ailleurs, l'absence totale d'activité contre *Trichoderma harzianum* pourrait être liée à la présence de parois chitineuses particulièrement résistantes, un phénomène documenté par Shreaz *et al.* (2016).

L'analyse comparative des deux extraits révèle que l'EA ne montre qu'une activité antifongique marginale, avec des taux d'inhibition ne dépassant pas 3,82%. Cette faible performance pourrait s'expliquer par la polarité élevée de l'eau qui extrait moins efficacement les composés antifongiques majeurs de la plante. Ces observations sont en accord avec les conclusions de Zengin *et al.* (2019) sur l'importance cruciale du solvant d'extraction pour l'activité biologique des extraits de *Salvia*.

CONCLUSION

Conclusion

Les résultats de cette étude confirment le potentiel thérapeutique de *Salvia aegyptiaca*, particulièrement concentré dans son extrait méthanolique. L'analyse phytochimique a révélé une teneur élevée en polyphénols et flavonoïdes, expliquant son activité antioxydante remarquable, comparable à celle de l'acide ascorbique. Sur le plan antimicrobien, l'extrait méthanolique a démontré une efficacité significative contre les bactéries Gram-positives et certains champignons pathogènes, bien que son action semble principalement bactériostatique.

Les limites observées (activité réduite contre les Gram-négatifs et certains champignons) appellent des recherches complémentaires : identification des principes actifs, élucidation de leurs mécanismes d'action, évaluation de synergies avec des antibiotiques, et validation in vivo de l'efficacité et de l'innocuité des extraits.

Salvia aegyptiaca émerge comme une source prometteuse d'antioxydants et d'antimicrobiens naturels, avec des applications potentielles en pharmacologie, agroalimentaire et cosmétique. Son développement pourrait répondre aux enjeux de santé publique.

REFERENCES : BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographiques

- Abd-ElGawad, A. M., El Gendy, A. E. N. G., Assaeed, A. M., Al-Rowaily, S. L., Alharthi, A. S., Mohamed, T. A., ... & Elshamy, A. I. (2020). Phytotoxic effects of plant essential oils: A systematic review and structure-activity relationship based on chemometric analyses. *Plants*, 10(1), 36.
- Akassa, H., Ondele, R., Peneme, B., Etou Ossibi, A., Morabandza, C., Tamboura, H., & Abena, A. (2019). Activité aphrodisiaque et étude du mécanisme d'action de l'extrait aqueux des écorces de tronc de *Pausinystalia yohimbe* Kschum (Rubiaceae) chez le rat wistar. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 39(1), 6372–6383.
- Al-Fatimi, M., Friedrich, U., & Jenett-Siems, K. (2005). Cytotoxicity of plants used in traditional medicine in Yemen. *Fitoterapia*, 76(3–4), 355–358.
- Al-Yousuf, M., Bashir, A., Ali, B., Tanira, M., & Blunden, G. (2002). Some effects of *Salvia aegyptiaca* L. on the central nervous system in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 81(1), 121–127.
- Altemimi, A., Lakhssassi, N., Baharlouei, A., Watson, D. G., & Lightfoot, D. A. (2017). Phytochemicals: Extraction, isolation, and identification of bioactive compounds from plant extracts. *Plants*, 6(4), 42.
- Aryal, S., Baniya, M. K., Danekhu, K., Kunwar, P., Gurung, R., & Koirala, N. (2019). Total phenolic content, flavonoid content and antioxidant potential of wild vegetables from Western Nepal. *Plants*, 8(4), 96.
- Bahorun, T., Gressier, B., Trotin, F., Brunet, C., Dine, T., Luyckx, M., ... & Pinkas, M. (1996). Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. **Arzneimittel-Forschung*, 46*(11), 1086–1089.
- Badiaga, M. (2011). *Étude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de Nauclea latifolia* Smith, une plante médicinale africaine récoltée au Mali [Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II].
- Bayaga, H. N., Guedje, N. M., Omgba, Y. T., Yissibi, E. P., Nono, B. L. N., Elombat, D. C. A., Fokunang, C., & Essomba, C. N. (2020). Pouvoir antibactérien des extraits aqueux et hydroéthanolique du mélange d'écorces de tronc d'*Albizia gummifera* (JF Gmel.) CA Sm et *Spathodea campanulata* P. Beauv. *Journal of Applied Biosciences*, 154(1), 15881–15887.
- Bohui, P. S. G., Adima, A. A., Niamké, F. B., & N'Guessan, J. D. (2018). Étude comparative de trois méthodes d'extraction des flavonoïdes totaux à partir des feuilles de plantes médicinales: *Azadirachta indica* et *Psidium guajava*. **Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 46*, 50–58.
- Borges, A., Ferreira, C., Saavedra, M. J., & Simões, M. (2013). Antibacterial activity and mode of action of ferulic and gallic acids against pathogenic bacteria. *Microbial Drug Resistance*, 19(4), 256–265.
- Boudani, S., Hadjeres, W., & Benazzouk, S. (2022). Étude comparative des activités biologiques de quelques plantes médicinales endémiques d'Algérie.
- Boudjouref, M. (2018). *Étude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d'Artemisia campestris* L.
- Boukahya, A., Bakri, Y., Et-Touys, A., Talbaoui, A., Khouchlaa, A., Charfi, S., ... & Dakka, N. (2017). Résistance aux antibiotiques et mécanismes d'action des huiles essentielles contre les bactéries. *Phytothérapie*, 16(S1), 173–183.

- Boukhatem, M. N., Ferhat, A., & Kameli, A. (2019). Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles: revue de littérature. *Une*, 3(4), 1653–1659.
- Brglez Mojzer, E., Knez Hrnčič, M., Škerget, M., Knez, Ž., & Bren, U. (2016). Polyphenols: Extraction methods, antioxidative action, bioavailability and anticarcinogenic effects. *Molecules*, 21(7), 901.
- Cacique, A. P., Barbosa, É. S., Pinho, G. P. d., & Silvério, F. O. (2020). Condições de extração por maceração para determinação de compostos fenólicos e atividade antioxidante de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. *Ciência e Agrotecnologia*, 44, e017420.
- Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4), 564–582.
- Cushnie, T. P. T., & Lamb, A. J. (2005). Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 26(5), 343–356.
- De Castro, M. L., & Priego-Capote, F. (2010). Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of Chromatography A*, 1217(16), 2383–2389.
- Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., & Abdelly, C. (2008). Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies*, 331(5), 372–379.
- Farhat, M. B., Jordán, M. J., Chaouch-Hamada, R., Landoulsi, A., & Sotomayor, J. A. (2015). Changes in phenolic profiling and antioxidant capacity of *Salvia aegyptiaca* L. by-products during three phenological stages. **LWT-Food Science and Technology*, 63*(1), 791–797.
- Faye, P. G., Ndiaye, E. M., Ndiaye, B., Cisse, O. I. K., Ayessou, N. C., & Cisse, M. (2022). Effet de la macération, de l'infusion et la décoction sur l'extraction aqueuse des polyphénols des feuilles séchées de *Combretum micranthum*. *Afrique Science*, 21(3), 114–126.
- Fellah, S., Romdhane, M., & Abderraba, M. (2006). Extraction et étude des huiles essentielles de la *Salvia officinalis* L. cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie. **Journal-Société Algérienne de Chimie*, 16*(2), 193.
- Ferguson, L. R. (2001). Role of plant polyphenols in genomic stability. **Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 475*(1–2), 89–111.
- Ghazanfar, A. (1994). *Arabian medicinal plants*. Library of Congress Cataloging.
- Gibbons, S. (2008). Phytochemicals for bacterial resistance—strengths, weaknesses and opportunities. *Planta Medica*, 74(6), 594–602.
- Halliwell, B. (2012). Free radicals and antioxidants: Updating a personal view. *Nutrition Reviews*, 70(5), 257–265.
- Handa, S. (2008). Extraction technologies for medicinal and aromatic plants. *International Centre for Science and High Technology Trieste*, 37, 169–179.
- Hendel, N., Sarri, D., Sarri, M., Selloum, M., Boussakra, F., & Driche, O. (2021). Screening for in vitro antioxidant activity and antifungal effect of *Artemisia campestris* L. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 5(3), 251–259.
- Hidayat, R., & Wulandari, P. (2021). Methods of extraction: Maceration, percolation and decoction. *Eureka Herba Indonesia*, 2(1), 68–74.
- Hosseini, A., Moein, M., Sabahi, Z., Moein, S., Ghoran, S. H., Naderian, M., & Zebarjad, Z. (2024). Antioxidant potentials, protease inhibitory, and cytotoxic activities of various isolated extracts from *Salvia aegyptiaca*. *Iranian Biomedical Journal*, 29(1–2), 57.

- Kamatou, G. P., Viljoen, A. M., & Steenkamp, P. (2010). Antioxidant, antiinflammatory activities and HPLC analysis of South African *Salvia* species. *Food Chemistry*, 119(2), 684–688.
- Khatoon, N., Mishra, A., Alam, H., Manzoor, N., & Sardar, M. (2015). Biosynthesis, characterization, and antifungal activity of the silver nanoparticles against pathogenic *Candida* species. *BioNanoScience*, 5, 65–74.
- Li, H.-B., Cheng, K.-W., Wong, C.-C., Fan, K.-W., Chen, F., & Jiang, Y. (2007). Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae. *Food Chemistry*, 102(3), 771–776.
- Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Jay-Allemand, C. (2005). *Les composés phénoliques des végétaux: Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique*. EPFL Press.
- Mahraz, M. A. (2024). *Étude ethnobotanique et valorisation chimique et biologique de quelques plantes marocaines utilisées en médecine traditionnelle*.
- Manach, C., Williamson, G., Morand, C., Scalbert, A., & Rémésy, C. (2005). Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 230S–242S.
- Martin, S., & Andriantsitohaina, R. (2002). Mécanismes de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium. *Annales de Cardiologie et d'Angéiologie*.
- Mehani, M., & Segni, L. (2014). Effet antimicrobien des huiles essentielles de la plante *Eucalyptus camaldulensis* sur certaines bactéries pathogènes. *Annals of Science and Technology*, 6(1), 5.
- Meyer-Warnod, B. (1984). Natural essential oils: Extraction processes and application to some major oils. *Perfumer & Flavorist*, 9(2), 93–104.
- Migahid, A. M. (1978). *Flora of Saudi Arabia: Dicotyledons*. University.
- Missiry, E., Hussiney, H., Ismail, S., Radwan, H., & Rizk, A. (1994). Constituents of plants growing in Qatar XXIV: Phytochemical investigation of *Salvia aegyptiaca* L.
- Mohammadi, M. S., Bush, S., Hosseini, R. S., Karimi, S., & Mohammadipour, N. (2016). Total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity of four medicinal plants from Hormozgan province, Iran.
- Mouheb, S., Khali, M., Rouibi, A., & Saidi, F. (2018). Antimicrobial and analgesic activity of aqueous extract of Algerian *Ajuga iva* (L.) Schreb (Lamiaceae).
- Mpondo, M., Dibong, D. S., Priso, R. J., Ngoye, A., & Yemeda, C. F. L. (2012). État actuel de la médecine traditionnelle dans le système de santé des populations rurales et urbaines de Douala (Cameroun). *Journal of Applied Biosciences*, 55, 4036–4045.
- Naghibi, F., Mosadegh, M., Mohammadi, M. S., & Ghorbani, A. (2005). Labiatae family in folk medicine in Iran: From ethnobotany to pharmacology.
- Nantitanon, W., Yotsawimonwat, S., & Okonogi, S. (2010). Factors influencing antioxidant activities and total phenolic content of guava leaf extract. *LWT-Food Science and Technology*, 43 (7), 1095–1103.
- Nikaido, H. (2003). Molecular basis of bacterial outer membrane permeability revisited. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 67(4), 593–656.
- Oreopoulou, A., Tsimogiannis, D., & Oreopoulou, V. (2019). Extraction of polyphenols from aromatic and medicinal plants: An overview of the methods and the effect of extraction parameters. In *Polyphenols in Plants* (pp. 243–259).
- Petti, S., & Scully, C. (2009). Polyphenols, oral health and disease: A review. *Journal of Dentistry*, 37(6), 413–423.

- Pratima, H., & Policepatil, V. (2017). Phytochemical screening and antimicrobial activity of various extracts of *Salvia aegyptiaca* L. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6, 600–608.
- Quézel, P., & Santa, S. (1962). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales* (Tome I). CNRS.
- Rivera, D., Obon, C., Inocencio, C., Heinrich, M., Verde, A., Fajardo, J., & Llorach, R. (2005). The ethnobotanical study of local Mediterranean food plants as medicinal resources in Southern Spain. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 56(1), 97–114.
- Rizk, A., & El-Ghazaly, G. A. (1995). *Medicinal and poisonous plants of Qatar*.
- Ríos, J. L., & Recio, M. C. (2005). Medicinal plants and antimicrobial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 100(1–2), 80–84.
- Saleem, M. N., & Idris, M. P. (2016). Transformation from food additive to multifunctional medicine. *ARC Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2, 6–15.
- Salem, J. H. (2009). *Extraction, identification, caractérisation des activités biologiques de flavonoïdes de Nitraria retusa et synthèse de dérivés acylés de ces molécules par voie enzymatique* [Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine].
- Sánchez-Moreno, C., Larrauri, J. A., & Saura-Calixto, F. (1998). A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76(2), 270–276.
- Senhaji, S., Lamchouri, F., & Toufik, H. (2020). Phytochemical content, antibacterial and antioxidant potential of endemic plant *Anabasis aretioides* Coss. & Moq. (Chenopodiaceae). *BioMed Research International*, 2020(1), 6152932.
- Shreaz, S., Wani, W. A., Behbehani, J. M., Raja, V., Irshad, M., Karched, M., ... & Hun, L. T. (2016). Cinnamaldehyde and its derivatives, a novel class of antifungal agents. *Fitoterapia*, 112, 116–131.
- Tariq, S., Wani, S., Rasool, W., Shafi, K., Bhat, M. A., Prabhakar, A., ... & Rather, M. A. (2019). A comprehensive review of the antibacterial, antifungal and antiviral potential of essential oils and their chemical constituents against drug-resistant microbial pathogens. *Microbial Pathogenesis*, 134, 103580.
- Toty, A. A., Guessennd, N., Bahi, C., Kra, A. K. M., Tokore, D. A., & Dosso, M. (2013). Évaluation in-vitro de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux de l'écorce de tronc de *Harungana madagascariensis* sur la croissance de souches multi-résistantes. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 82, 33–48.
- Ultee, A., Bennis, M., & Moezelaar, R. (2002). The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(4), 1561–1568.
- Walker, J. B., Sytsma, K. J., Treutlein, J., & Wink, M. (2004). *Salvia* (Lamiaceae) is not monophyletic: Implications for the systematics, radiation, and ecological specializations of *Salvia* and tribe Mentheae. *American Journal of Botany*, 91(7), 1115–1125.
- Wu, Y. B., Ni, Z. Y., Shi, Q. W., et al. (2012). Constituents from *Salvia* species and their biological activities. *Chemical Reviews*, 112(11), 5967–6026.
- Zengin, G., Nithiyanantham, S., Locatelli, M., Ceylan, R., Uysal, S., Aktumsek, A., ... & Maskovic, P. (2016). Screening of in vitro antioxidant and enzyme inhibitory activities of different extracts from two uninvestigated wild plants: *Centranthus longiflorus* subsp. *Longifloru* and *Cerinth minor* subsp. *auriculata*. *European Journal of Integrative Medicine*, 8(3), 286–292.

Zhang, Z., Li, X., Sang, S., McClements, D. J., Chen, L., Long, J., ... & Qiu, C. (2022). Polyphenols as plant-based nutraceuticals: Health effects, encapsulation, nano-delivery, and application. *Foods*, 11(15), 2189.

Sites Internet

Kew Science. (2025). *Salvia aegyptiaca*. Plants of the World Online.
<https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:455578-1>

Annexe I

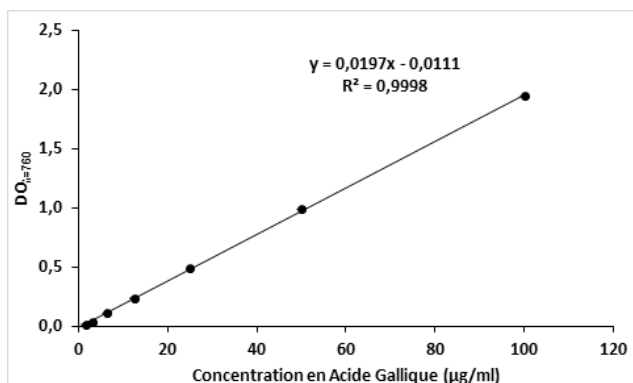


Figure 1. Courbe d'étalonnage d'acide gallique pour le dosage des polyphénols

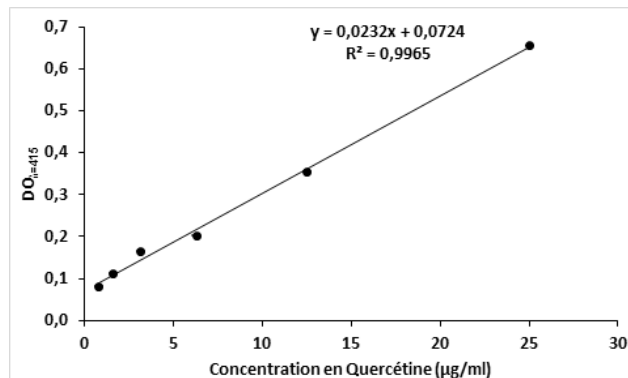


Figure 2. Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des Flavonoïdes

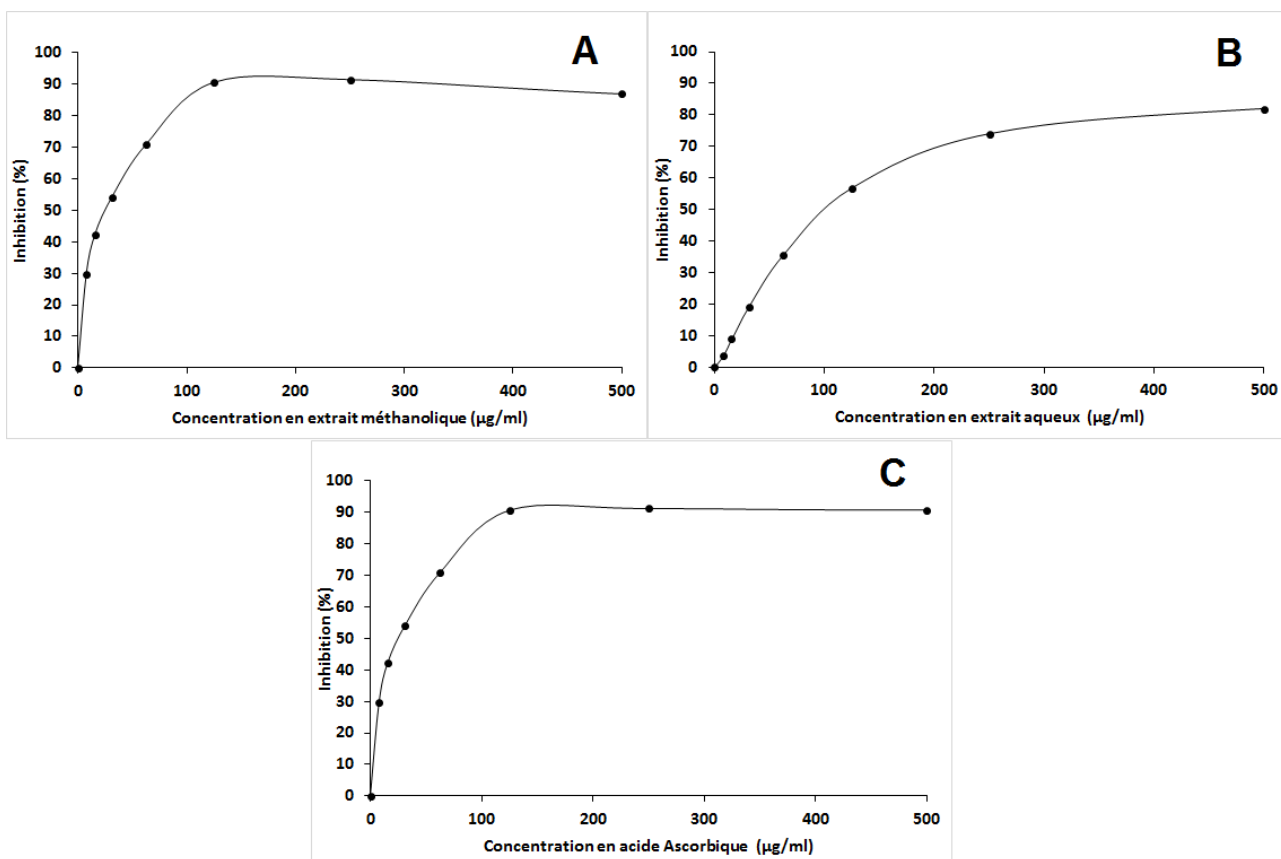


Figure 3. Courbes du pourcentage d'inhibition du DPPH• en fonction des concentrations des extraits étudiés de *S. aegyptiaca* : A- extrait méthanolique, B- extrait aqueux, C- Acide ascorbique.

Annexe II

Milieux de culture utilisés "composition".

• Bouillon nutritif (BN) (g/l)

Peptone	10 g
Extrait de viande	5 g
Extrait de levure	2g
Chlorure de sodium	5 g
Eau distillée	1000 mL
pH	7.2

• Gélose nutritive (GN) (g/l)

Peptone	5 g
Extrait de viande	1 g
Extrait de levure	2 g
Chlorure de sodium	5 g
Agar	15 g
Eau distillée	1000 mL
pH	7.4

• Mueller-Hinton Agar (MH agar) (g/l):

Extrait de viande	3,0 g
Caséine hydrolysée (par acide ou enzyme)	17,5 g
Amidon	1,5 g
Agar	16,0 g
Eau distillée	1000 mL
pH	7,3

• Composition du milieu PDA (Potato Dextrose Agar) – en g/L :

Extrait de pomme de terre	4,0 g (ou 200 g de pommes de terre fraîches)
Dextrose (glucose)	20,0 g
Agar	15,0 à 20,0 g
Eau distillée	1 000 mL
pH	5,6

ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم إمكانات الكيمائية النباتية والبيولوجية لنبات القيصعين المصري *Salvia aegyptiaca*. أظهر المستخلص الميثانولي (EM) محتوى أعلى من المركبات الفينولية (61-72 ميكروغرام EAG مكافئ من حمض الغاليك/ملغ) والفلافونويدات (54 ميكروغرام مكافئ من الكرستين/ملغ) مقارنة بالمستخلص المائي (EA). كما أبدى المستخلص الميثانولي نشاطاً مضاداً للأوكسدة قوياً ($IC_{50} = 26.9$ ميكروغرام/مل)، مماثلاً لحمض الأسكوربيك. بالنسبة للفعل المضاد للميكروبات، كان المستخلص الميثانولي أكثر فعالية ضد البكتيريا إيجابية الغرام: *B. subtilis* (قطر تثبيط = 15.8 ملم) وبعض الفطريات: *A. alternata* (تثبيط بنسبة 28.1%)، رغم أن تركيزات القاتلة للبكتيريا (CMB العالية >300 ملغ/مل) تشير إلى تأثير بكتيريوستاتي رئيسي. تؤكد هذه النتائج على إمكانات نبات القيصعين المصري كمصدر للمركبات الحيوية النشطة، حيث يعتمد الأداء على نوع المذيب المستخدم في الاستخلاص والسلالة المستهدفة. هناك حاجة إلى دراسات إضافية لتحديد المكونات الفعالة وآليات عملها.

الكلمات المفتاحية – *Salvia aegyptiaca*، النشاط المضاد للأوكسدة، النشاط المضاد للبكتيريا، النشاط المضاد للفطريات، البوليفينولات، الفلافونويدات، المستخلص الميثانولي، المستخلص المائي.

Abstract

This study evaluated the phytochemical and biological potential of *Salvia aegyptiaca*. The methanolic extract (ME) showed higher polyphenol (61-72 µg GAE/mg) and flavonoid (54 µg QE/mg) content than the aqueous extract (AE). The ME demonstrated strong antioxidant activity ($IC_{50} = 26.9$ µg/mL), comparable to ascorbic acid. Antimicrobial tests revealed greater efficacy of ME against Gram-positive bacteria (*B. subtilis*: IZ = 15.8 mm) and certain fungi (*A. alternata*: 28.1% inhibition), though high MBC values (>300 mg/mL) suggest primarily bacteriostatic effects. These findings highlight *S. aegyptiaca*'s potential as a source of bioactive compounds, with performance depending on extraction solvent and target strain. Further studies are needed to identify active principles and their mechanisms of action.

Key words – *Salvia aegyptiaca*, antioxidant activity, antibacterial activity, antifungal activity, polyphenols, flavonoids, methanolic extract, aqueous extract.

Résumé

Cette étude a évalué *Salvia aegyptiaca* pour son potentiel phytochimique et biologique. L'extrait méthanolique (EM) a montré des teneurs plus élevées en polyphénols (61-72 µg EAG/mg) et flavonoïdes (54 µg EQ/mg) que l'extrait aqueux (EA). L'EM a démontré une forte activité antiradicalaire ($IC_{50} = 26,9$ µg/mL), similaire à l'acide ascorbique. Sur le plan antimicrobien, l'EM a été plus efficace contre les bactéries Gram+ (*B. subtilis* : ZI = 15,8 mm) et certains champignons (*A. alternata* : 28,1% d'inhibition), bien que des CMB élevées (>300 mg/mL) suggèrent un effet principalement bactériostatique. Ces résultats soulignent le potentiel de *S. aegyptiaca* comme source de composés bioactifs, avec des performances dépendant du solvant d'extraction et de la souche cible. Des études supplémentaires sont nécessaires pour identifier les principes actifs et leurs mécanismes d'action.

Mot clé - *Salvia aegyptiaca*, activité antioxydante, activité antibactérienne, activité antifongique, polyphénols, flavonoides, extrait méthanolique, extrait aqueux.