

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

People's Democratic Republic of Algeria

The Minister of Higher Education and Scientific Research

ⵜⴰⴳⴷⴰⵢⵜ ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ ⵜⴰⵏⵔⴰⵢⵜ ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ ⵜⴰⵏⵔⴰⵢⵜ ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ

ABOU BEKR BELKAID UNIVERSITY
TLEMCEM

FACULTY OF MEDICINE- Dr. B. BENZERDJEB

PHARMACY DEPARTMENT



جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

كلية الطب - د. ب. بن زرجب

قسم الصيدلة

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR
L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

THÈME :

Etude phytochimique d'une plante médicinale *Salvia algeriensis* Desf.

Présenté par :

TRIQUI Ibthah

KHEDIM Neïmat El Kawther

Soutenu le

06/07/2022

Jury

Président :

Pr CHABNI Nafissa

Professeur en épidémiologie.

Membres :

Dr GUENDOUCZ Souhila

Maitre-assistante en Pharmacie galénique.

Dr HADJILA Amina

Maitre-assistante en Hydrobromatologie.

Encadrant :

Dr NORDINE Ibrahim Zakaria

Maitre-assistant en Chimie analytique.

Année universitaire : 2021-2022

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Ce travail est le fruit de nombreuses collaborations pluridisciplinaires

Nous tenons à remercier Professeur CHOUKCHOU BRAHAM Nouredine de nous avoir accueillies au sein du laboratoire de catalyse et synthèse en chimie organique (LCSCO) ainsi que madame MOKRI fatima zohra pour sa disponibilité et sa serviabilité.

Nos remerciements s'adressent également à professeur GHALEM Said et à toute l'équipe du laboratoire des substances naturelles et bioactives (LASNABIO), pour la totale confiance qu'ils nous ont accordée.

Nous tenons à remercier Dr ZIANI Safaa de sa gentillesse, son amabilité et de ses précieux conseils.

Docteur DIB amine chef de département de chimie de l'université de Tlemcen et Docteur DJABOU Nassim, qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance de nous avoir fait profiter de leur expérience.

Nos vifs remerciement à Professeur HAREK de nous avoir accueillies au sein du laboratoire de chimie analytique et d'électrochimie.

Nous voudrions exprimer notre reconnaissance envers Dr KAZI TANI Choukry, Dr MEROUANE Abdelaziz, Pr BENABADJI, Dr HESSAINE et Dr BAGHLI Abdellatif.

Sans oublier de remercier le technicien du laboratoire de chimie minérale de la faculté de médecine.

Nous ne saurions entamer ce sujet sans exprimer notre gratitude à professeur CHABNI Nafissa d'avoir accepté la présidence du jury.

Nous tenons à remercier sincèrement les membres de jury Dr GUENDOOUZ Souhila et Dr HADJILA Amina pour leur temps consacré à évaluer ce modeste travail.

Enfin, nous adressant nos remerciements à notre encadrant Dr NORDINE Ibrahim Zakaria pour son suivi, sa patience et ses conseils afin d'accomplir ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail,

A mon père,

Rien dans ma vie n'aurait été possible sans ton combat, grâce à toi j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité, merci d'être toujours à la hauteur de mes exigences incessantes.

A ma mère,

Tu m'as donné le plus beau cadeau que quelqu'un puisse donner à une autre personne.

« Tu as cru en moi ».

A mes chères sœurs,

A Manar, ma source d'inspiration, A mes petits anges, Nadège, Rayhane et Yasmine, Merci d'être toujours à mes côtés, vous êtes ma source de joie je vous souhaite beaucoup de réussite avec tout le bonheur qu'il faut pour vous combler.

A Mami chérie,

Avec ton sourire si présent dans ma vie, je te souhaite santé, bonheur et paix.

A ma meilleure amie Kawther, ma complice,

Merci d'être l'épaule sur laquelle je peux toujours compter.

A ma deuxième famille, un spécial dédicace à tata Nadia et tonton Ali, Avec toute mon estime, affection et respect, je vous souhaite santé et bonheur.

A mon cousin Louai,

Merci d'être toujours là pour moi, je te souhaite une vie pleine de réussite mon ami.

Nous devrions tous être reconnaissants pour ces personnes qui ravivent l'esprit intérieur, merci Zahra, Firdaws, Soundous, Iman, Safaa, Oussama, Omar, Rahim, Kader.

A la mémoire de Mima et Papi,

Vous resterez à jamais dans mon cœur.

Triqui.i

Dédicace

Je dédie en premier ce mémoire à mon père, mon exemple éternel Muhammed Ali. Tu m'as soutenu tout au long de ma vie et particulièrement au cours de ce travail. Je t'aime Abi.

A ma mère,

la personne qui se sacrifie chaque jours pour me voire réussir. Je t'aime Oumi.

A mes chères sœurs Zahra, Firdaws et Soundous, à mes chers frères Oussama, Omar et Anes pour votre soutien et encouragement. Je vous souhaite bonheur, réussite et santé Inshallah.

A ma deuxième famille,

Tonton Benaouda, Tata Amel, mes sœurs Manar, Nadège, Rayhane et la petite Yasmine. A mes meilleures Houda et Hanaa

A ma chère amie, ma complice, ma binôme Triqui Ibtihal. J'ai pris un énorme plaisir à réaliser ce travail avec. Les nuits qu'on a passé ensemble à réviser, s'entraider et à surmonter les difficultés me resteront gravées à jamais.

Sans oublier à mon petit trésor Rahim, que dieu te protège.

A la mémoire de mon grand-père Hbib.

Je vous aime fort !

KN. Khedim

TABLE DES MATIERES

Liste des abréviations.....	V
Glossaire des termes scientifiques.....	VI
Liste des tableaux	VII
Liste des figures	VIII
INTRODUCTION GENERALE	1
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
CHAPITRE I :PRESENTATION DE L'ESPECE <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	4
I.1. Aperçu sur la phytothérapie et l'aromathérapie	5
I.2. Etude botanique de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	5
I.2.1. Famille des Labiées/Lamiacées	5
I.2.1.1. Répartition géographique.....	6
I.2.1.2. Description botanique	6
I.2.2. Genre <i>Salvia</i>	7
I.2.2.1. Répartition géographique.....	7
I.2.2.2. Description botanique	8
I.2.3. Espèce <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	8
I.2.3.1. Répartition géographique.....	10
I.2.3.2. Ecologie et nature du terrain	10
I.2.3.3. Description botanique	10
CHAPITRE II :METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES ESSENTIELLES.....	14
II.1. Métabolites secondaires	15
II.1.1. Composés phénoliques et terpéniques	15
II.1.1.1. Composés phénoliques	15
II.1.1.1.1. Acides phénoliques.....	15
II.1.1.1.2. Flavonoïdes.....	17
II.1.1.1.3. Polymères	18
II.1.1.1.4. Lignanes.....	19
II.1.1.1.5. Stilbénoides	20
II.1.1.2. Composés terpéniques	20

II.1.2. Principaux métabolites secondaires du genre <i>Salvia</i>	21
II.1.3. Techniques d'extraction des métabolites secondaires	23
II.1.3.1. Extraction des composés phénoliques	23
II.1.3.1.1. Procédés traditionnels d'extraction – Extraction par solvant	23
II.1.3.1.2. Procédés innovants d'extraction – d'intensification de l'extraction.....	24
II.2. Huiles essentielles (HE).....	26
II.2.1. Qu'est-ce qu'une huile essentielle ? : Une définition et une réglementation !.....	26
II.2.2. Composition chimique des huiles essentielles.....	26
II.2.3. Principaux constituants des HE du genre <i>Salvia</i>	28
II.2.4. Techniques d'extraction et d'analyse des huiles essentielles	29
II.2.4.1. Méthodes d'extraction des huiles essentielles	29
II.2.4.1.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau	29
II.2.4.1.2. Extraction par hydrodistillation	30
II.2.4.2. Méthodes d'analyse des huiles essentielles	31
II.2.5. Labilité des huiles essentielles et facteurs influençant sa composition	32
CHAPITRE III :METABOLITES SECONDAIRES ET LEURS ACTIVITES BIOLOGIQUES	33
III.1. Activités biologiques des composés phénoliques.....	34
III.1.1. Coumarines et leurs activités biologiques	35
III.1.2. Flavonoïdes et leurs activités biologiques.....	35
III.1.3. Stilbénoides et leurs activités biologiques	36
III.1.4. Tanins et leurs activités biologiques	36
III.2. Activités biologiques des composés terpéniques	37
III.2.1. Terpènes et l'activité antibactérienne.....	37
III.2.2. Terpènes et l'activité anti-inflammatoire	37
III.2.3. Terpènes et l'activité antioxydante	37
ETUDE EXPERIMENTALE.....	39
MATERIELS ET METHODES	40
1. Objectifs de l'étude.....	41
2. Etude ethnobotanique de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	41

2.1. Type de l'étude.....	41
2.2. Matériels.....	41
2.3. Méthode.....	41
3. Etude phytochimique de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	42
3.1. Matériels.....	42
3.1.1. Réactifs.....	42
3.1.2. Matériel végétal.....	43
3.1.2.1. Identification botanique de l'espèce étudiée	44
3.1.2.2. Zone de cueillette	44
3.1.2.3. Période de cueillette	45
3.1.3. Matériel biologique	45
3.1.4. Matériel du laboratoire	45
2.2. Méthodes	46
2.2.1. Préparation des échantillons.....	46
2.2.2. Analyse physico-chimique de l'espèce <i>Salvia algeriensis</i> Desf	46
2.2.3. Screening/criblage phytochimique de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.....	48
2.2.4. Extraction et analyse de l'HE de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.....	52
2.2.4.1. Extraction de l'HE par hydrodistillation	52
2.2.4.2. Caractérisation organoleptique de l'HE	53
2.2.4.3. Caractérisation physique de l'HE.....	53
2.2.4.4. Caractérisation de la composition chimique de l'HE par CPG/SM	54
2.2.5. Evaluation des activités biologiques de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	55
2.2.5.1. Evaluation de l'activité antioxydante de l'extrait éthanolique et de l'HE de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.....	55
2.2.5.1.1. Test de la réduction du fer (FRAP)	56
2.2.5.1.2. Piégeage du radical, 2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) par spectrométrie	58
2.2.5.2. Evaluation de l'activité antibactérienne de l'HE de <i>Salvia algeriensis</i> Desf..	60
RESULTATS	62
1. Résultats de l'enquête ethnobotanique sur <i>Salvia algeriensis</i> Desf.....	63
1.1. Description de la population étudiée.....	63
1.2. Connaissance en médecine traditionnelle.....	66

1.3. Place des sauges dans la médecine traditionnelle	69
1.4. Place de <i>Salvia algeriensis</i> Desf. dans la médecine traditionnelle	70
2. Résultats de l'analyse physico-chimique de l'espèce <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	73
3. Résultats du screening/criblage phytochimique de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	73
4. Calcul du rendement en HE	79
5. Résultats de la caractérisation organoleptique de l'HE.....	79
6. Résultats de la caractérisation physique de l'HE	79
7. Résultats de la caractérisation de la composition chimique de l'HE par CPG/SM.....	80
8. Résultats de l'évaluation de l'activité antioxydante de l'extrait éthanolique et de l'HE	82
9. Résultat de l'évaluation de l'activité antibactérienne de l'HE	87
DISCUSSION	89
1. Discussion des résultats de l'enquête ethnobotanique	90
2. Discussion des résultats de l'analyse physico-chimique de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	92
3. Discussion des résultats de screening phytochimique de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.....	92
4. Discussion des résultats de l'analyse de l'HE de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	93
5. Discussion des résultats de l'évaluation de l'activité antioxydante de l'extrait éthanolique et de l'HE	95
6. Discussion des résultats de l'évaluation de l'activité antibactérienne de l'HE	97
CONCLUSION.....	99
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	
ANNEXES.....	

Liste des abréviations

APG : Agiosperm Phylogeny Group.

ATCC : American type culture collection.

AFNOR : Association française de normalisation.

CPG : Chromatographie phase gazeuse.

CPG/SM : Chromatographie phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse.

DMSO : Diméthylsulfoxyde.

DPPH : 2,2-diphényl 1-picrylhydrazyle.

FE : Feuille.

FR : Fleur.

FRAP : Ferric reducing antioxidant power.

HCl : Acide chlorhydrique.

HE : Huile essentielle.

IR : Indice de rétention.

Km : Kilomètre.

mL : Millilitre.

MS : Matières sèches.

nm : Nanomètre.

ONIPPAM : Office Nationale Interprofessionnelle des Plantes à Parfums Aromatiques et Médicinales, France.

Qsp : Quantité suffisante pour.

UFC : Unité formant colonie.

EQ : Equivalent quercétine.

EAG : Equivalent d'acide gallique.

UV-VIS : Ultraviolet à visible.

Glossaire des termes scientifiques

Cotylédon : (nm) feuille embryonnaire de la plantule.

Feuilles opposées : (adj) qualifie deux feuilles insérées au même niveau et se faisant face.

Feuilles simples : (adj) qui n'est ni composés ni ramifiée en plusieurs éléments.

Feuilles crénelées : (adj) une feuille pourvue de dents obtuses et arrondies.

Feuilles décussées : feuilles disposées en croix. En botanique ce terme s'applique à des paires de feuilles opposées disposées perpendiculairement à chaque nœud.

Feuilles lancéolées : (adj) en forme de fer de lance.

Axe hypocotylé : axe placé sous les cotylédons.

Plante annuelle : (adj) qualifie un végétal réalisant son cycle biologique complet dans l'année puis mourant au terme de celui-ci.

À port dressé : (adj) qualifie un élément plus ou moins perpendiculaire au sol.

Caulinaires : (adj) qualifie un organe naissant sur une tige.

Sessile : (adj) qualifie un organe ou une structure dépourvue de pédoncule, de pédicelle ou de pétiole.

Verticilles : (nm) ensemble d'organes de même nature insérés en cercle et à un même niveau.

Bractées : (nf) feuille modifiée axillant un axe ou une fleur.

Calice : (nm) verticille externe du périanthe d'une fleur, c'est l'ensemble des sépales.

Bilabié : (adj) qualifie une structure divisée en deux lèvres.

Campanulé : (adj) en forme de cloche comme les fleurs de campanules.

Fruit tétrakène : cénocarpe de certaines Lamiales, formé de quatre nucules qui se dissocient à maturité.

Ellipsoïde : volume globalement sphérique présentant un aplatissement aux pôles.

Liste des tableaux

Tableau I : Position de <i>Salvia algeriensis</i> Desf. selon la classification de Cronquist	9
Tableau II : Classification phylogénétique APG III de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.....	9
Tableau III : Classification des terpènes.	20
Tableau IV : Effet des flavonoïdes dans les maladies inflammatoires.	36
Tableau V : Cordonnés GPS du site de collecte de l'espèce <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	44
Tableau VI : Présentation des souches bactériennes testées.....	45
Tableau VII : Mise en évidence des alcaloïdes par la réaction aux réactifs généraux des alcaloïdes.....	50
Tableau VIII : Dilutions de l'extrait éthanolique (test de FRAP).....	56
Tableau IX : Dilutions de l'huile essentielle (test de FRAP).	57
Tableau X : Dilutions de l'acide ascorbique (test de FRAP).....	57
Tableau XI : Dilutions de l'extrait éthanolique (test de DPPH).....	59
Tableau XII : Dilutions de l'huile essentielle (test de DPPH).....	59
Tableau XIII : Dilutions de l'acide ascorbique (test de DPPH).....	60
Tableau XIV : Sensibilité des souches microbiennes en fonction des zones d'inhibition.	61
Tableau XV : Caractères organoleptiques de l'HE de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.....	79
Tableau XVI : Propriétés physiques de l'HE de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.....	79
Tableau XVII : Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	80
Tableau XVIII : IC50 des deux extraits testés et de l'antioxydant de référence.....	86
Tableau XIX : Sensibilité des souches bactériennes testées vis-à-vis l'HE étudiée.....	87

Liste des figures

Figure 1: Calice des Lamiacées. 1. Lavandula ; 2. Thymus ; 3. Mentha ; 4. Teucrium ; 5. Calamintha, tube tordu ; 6. Galeopsis, dents longuement spinescentes.....	6
Figure 2 : Corolle des Lamiacées. 1. Mentha, corolle subrégulière ; 2. Thymus, corolle bilabiée 2/3 ; 3. Salvia, corolle bilabiée 2/3, lèvre supérieure droite ; 4. Stachys, corolle bilabiée 2/3 ; 5. Ajuga, corolle unilabiée 0/3, la lèvre supérieure est presque avortée ; 6. Teucrium, corolle unilabiée 0/5	7
Figure 3 : Répartition géographique du genre <i>Salvia</i> dans le monde.....	8
Figure 4 : Localisation de l'espèce (<i>Salvia algeriensis</i> Desf.) en Algérie selon Quézel et Santa.	10
Figure 5 : (1) : Feuille de <i>Salvia algeriensis</i> Desf. ; (2) : Tige quadrangulaire à poils tecteurs glanduleux de <i>Salvia algeriensis</i> Desf. ; (3) : Feuille simple et opposées de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	11
Figure 6 : (1) : Corolle à poils glanduleux de <i>Salvia algeriensis</i> Desf. (2) : Inflorescence de <i>Salvia algeriensis</i> Desf. (3) : Fleur de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.....	12
Figure 7 : Calice bilabié, campanulé, à 5 dents de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.....	12
Figure 8 : Fruit tétrakène de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	13
Figure 9 : Principales classes des flavonoïdes	18
Figure 10 : Macération des plantes.	24
Figure 11 : Equipement d'une extraction assistée par microondes.	25
Figure 12 : Montage d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau.....	29
Figure 13: Principe de la technique d'hydrodistillation	30
Figure 14 : Eléments constitutifs d'une CPG.....	32
Figure 15 : Mécanisme d'action de la Warfarine en tant qu'anticoagulant.	35
Figure 16 : Photo de l'espèce <i>Salvia algeriensis</i> Desf. prise le jour de la cueillette.....	43
Figure 17 : Situation géographique de la zone de cueillette	44
Figure 18 : Four de calcination tubulaire Carbolite 12/75/700 1200°C.....	47
Figure 19 : Dispositif d'hydrodistillation type Clevenger.	52
Figure 20 : Chromatographie phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse	54
Figure 21 : Evaporateur rotatif HEIDOLF LABOROTA 4000	55
Figure 22 : Mécanisme réactionnel du test FRAP.	56
Figure 23 : Mécanisme de réduction de DPPH par un antioxydant.	58
Figure 24 : Répartition de la population étudiée selon le sexe.	63

Figure 25 : Profil de la population étudiée en fonction de la tranche d'âge.	64
Figure 26 : Répartition wilayale de la population étudiée.	64
Figure 27 : Répartition de la population étudiée selon le niveau d'instruction.	65
Figure 28 : Répartition de la population étudiée selon leur catégorie socio-professionnelle.	65
Figure 29 : Usage des plantes médicinales par la population étudiée.	66
Figure 30 : Les plantes médicinales les plus utilisées par la population étudiée (ayant plus de 20 citations).	67
Figure 31 : Différentes méthodes de préparation des plantes médicinales.	68
Figure 32 : Connaissance des sauges par la population étudiée.	69
Figure 33 : Usage des sauges par la population étudiée.	69
Figure 34 : Approvisionnement des sauges.	70
Figure 35 : Evaluation de la connaissance de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	70
Figure 36 : Parties utilisées de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	71
Figure 37 : Formes d'utilisation de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	71
Figure 38 : Usage thérapeutique de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	72
Figure 39 : Résultat obtenu après l'ajout de $FeCl_3$	73
Figure 40 : Résultat obtenu après l'ajout du réactif de Shinoda.	74
Figure 41 : (1) : Résultat obtenu en milieu alcalin ; (2) : Réaction de Stiasny.	75
Figure 42 : Réaction de fluorescence.	75
Figure 43 : Série de dilution d'un décocté de drogue végétale à la recherche des saponosides.	76
Figure 44 : Réaction de Libermann-Burchard.	77
Figure 45 : Réaction de Keller-Kiliani.	77
Figure 46 : Résultat obtenu après l'ajout de l'acide picrique.	78
Figure 47 : Réaction de Pesez.	78
Figure 48 : Huile essentielle de <i>Salvia algeriensis</i> Desf. au cours d'extraction.	79
Figure 49 : Courbe d'étalonnage de la réduction du fer (FRAP) obtenue avec l'extrait éthanolique.	82
Figure 50 : Courbe d'étalonnage de la réduction du fer (FRAP) obtenue avec l'huile essentielle.	83
Figure 51 : Courbe d'étalonnage de la réduction du fer (FRAP) obtenue avec l'acide ascorbique.	84
Figure 52 : Pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction des différentes concentrations utilisées pour l'extrait éthanolique.	85

Figure 53 : Pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction des différentes concentrations utilisées pour l'HE de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	85
Figure 54 : Pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction des différentes concentrations utilisées pour l'acide ascorbique	86
Figure 55 : Test de pouvoir antibactérien de l'HE de <i>Salvia algeriensis</i> Desf. sur <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	87
Figure 56 : Test de pouvoir antibactérien de l'HE de <i>Salvia algeriensis</i> Desf. sur <i>Escherichia coli</i>	88
Figure 57 : Test de pouvoir antibactérien de l'HE de <i>Salvia algeriensis</i> Desf. sur <i>Staphylococcus aureus</i>	88

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Les plantes s'imposent sur la planète par leur apparence, leur exubérance et leur énigme. Depuis la plus haute antiquité, les traditions humaines ont su développer la connaissance et l'utilisation des plantes médicinales. Mais, qu'est ce qui les a guidés à employer une plante plutôt qu'une autre ? Le hasard ? La superstition ? L'expérience, certainement [1].

Ces dernières années, une branche distincte s'est développée « la phytochimie » ou la chimie des plantes qui est un carrefour de trois disciplines ; la chimie organique, la chimie analytique et la biochimie [2]. Elle s'intéresse d'une part, à l'analyse, à la purification et à l'élucidation des substances chimiques élaborées et accumulées par les plantes par le truchement d'instruments analytiques tels que, les techniques chromatographiques. D'autre part, à l'estimation et au dépistage des activités biologiques.

L'Algérie par sa position biogéographique offre une très large biodiversité floristique, rassemblant la flore méditerranéenne et le sous-ensemble de la flore africaine, estimée à plus de 3000 espèces. Le genre *Salvia* appartenant à la famille des lamiacées (labiées) fait partie d'une panoplie de plantes médicinales et aromatiques caractérisant la flore algérienne [3].

Malgré l'importance non négligeable du genre *Salvia* en termes de richesse en métabolites à visés thérapeutiques, peu d'études ont été conduites sur l'espèce endémique du Nord-Ouest algérien « *Salvia algeriensis* Desf. ». Ce qui nous inspire à poser la problématique suivante ;

**Quelle place occupe *Salvia algeriensis* Desf. dans la médecine traditionnelle algérienne ?
Quels sont les composés actifs de cette espèce ? Et quelles activités biologiques possède-t-elle ?**

C'est dans le souci de valoriser et d'apporter de nouvelles données sur cette espèce que cette présente étude a été réalisée. Son objectif principal est d'établir un profil phytochimique de *Salvia algeriensis* Desf.

En vue de rendre compte de la démarche scientifique adoptée, ce manuscrit comportera deux grandes parties ;

La première partie est une synthèse bibliographique qui porte sur trois chapitres ; dans le premier, nous décrivons la famille, le genre et l'espèce objet de cette étude point de vue botanique, le deuxième se porte sur les métabolites secondaires et les huiles essentielles, dans le dernier chapitre, nous traitons les activités biologiques de quelques métabolites secondaires.

INTRODUCTION GENERALE

La deuxième partie consacrée aux travaux expérimentaux ; il s'agit dans un premier temps de réaliser une enquête ethnobotanique dans le but de recenser la connaissance liée à la médecine traditionnelle et de documenter les propriétés thérapeutiques ainsi que les différentes manières d'utilisation de la plante *Salvia algeriensis* Desf. Dans un second temps, nous essayons d'établir un profil phytochimique de cette espèce, en partant de divers extraits analysés par différentes méthodes. Par la suite, nous évaluons ses activités antioxydantes et antimicrobiennes. Enfin, nous clôturons notre travail par une conclusion générale et des perspectives.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I :
PRESENTATION DE L'ESPECE *Salvia algeriensis*
Desf.

I.1. Aperçu sur la phytothérapie et l'aromathérapie

Art et science à la fois, la phytothérapie se base sur autant des savoirs ancestraux que sur des méthodes de recherche et de techniques analytiques. Le mot "phytothérapie" se compose étymologiquement de deux racines grecques : *phuton* et *therapeia* qui signifient respectivement "plante" et "traitement", ou proprement parler « la thérapie par les plantes ». Une thérapeutique transmise au fil des générations, basée sur un savoir empirique. Le terme empirique n'a ici aucune évocation péjorative, tout au contraire, c'est à partir de ces conditions qu'est née une précieuse médecine populaire [4,5].

La plante médicinale est rarement utilisée dans son entier, il s'agit de rhizomes, de feuilles, de tiges, de fruits..., chaque partie peut avoir une utilisation différente décrite dans la monographie de la plante. Prenons l'exemple des plantes aromatiques, par ces extraits riches en huiles essentielles connues pour leurs activités antiseptiques et thérapeutiques, donnent naissance à un néologisme créé par René-Maurice ; « aromathérapie » ; un terme venant du latin *aroma*, odeur et du grec *therapia*, qui signifie traitement [6].

Aujourd'hui, la phytothérapie moderne se base sur des connaissances biochimiques des extraits et des composés actifs de plantes médicinales, de les identifier, les tester cliniquement, pour ensuite les transformer, grâce à l'industrie pharmaceutique en « phyto-médicament » standard.

Ce mode de thérapie n'est en aucun cas une technique anodine ; connaître une plante c'est être conscient de ses limites. Toute plante médicinale, est susceptible de faire preuve d'effets secondaires en règle générale indésirables, et cela dans ses conditions normales d'utilisations [7]. Les règles scientifiques de bon usage de la phytothérapie notamment l'aromathérapie reposent sur des connaissances des propriétés thérapeutiques de chaque extrait de plante, des posologies prescrites et d'éducation et de surveillance des patients qui en bénéficient.

I.2. Etude botanique de *Salvia algeriensis* Desf.

I.2.1. Famille des Labiées/Lamiacées

Lamiaceae ou Labiatae, connue depuis l'Oligocène, anciennement appelée Labiées, cette famille provient du mot latin *labium* signifiant lèvre et du grec *laimos* pour gueule ouverte, en raison de la forme de la corolle [8].

Cette famille comprend environ 258 genres et près de 6900 espèces, une Lamiacée est facilement identifiable parce qu'elle est d'une homogénéité exceptionnelle [8].

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ESPECE *Salvia algeriensis* Desf.

Il s'agit d'une grande famille, très typique du monde végétal, qui occupe une place importante en phytothérapie en raison de sa richesse en huiles essentielles.

I.2.1.1. Répartition géographique

Les lamiacées sont plus ou moins cosmopolites mais particulièrement répandues depuis le bassin méditerranéen jusqu'en Asie centrale [8].

En Algérie, cette famille botanique est représentée par 184 espèces avec un pourcentage de 4.46% [9].

I.2.1.2. Description botanique

- Appareil végétatif

La famille des Lamiacées regroupe des herbes annuelles, vivaces formant des arbustes (*Caryopteris x clandonensis*) ou encore des sous-arbrisseaux (*Salvia officinalis*), et plus rarement des arbres (*Hyptis suaveolens*). Elles possèdent des tiges à section carrée, leurs feuilles sont toujours simples et opposées-décussées sans stipules, ou verticillées, velues, elles ont un limbe à surface réduite, épais et souvent enroulés par dessous [10].

Les Lamiacées ont un épiderme très riche en poils tecteurs non glanduleux ayant une fonction de protection et en poils sécréteurs d'huile essentielle.

- Appareil reproducteur

Les fleurs sont zygomorphes, bilabiées, hermaphrodites, adaptées à la pollinisation entomophile. Elles se regroupent généralement en faux verticilles, elles possèdent 5 sépales soudés en un ensemble régulier à bilabié et 5 pétales soudés en une corolle le plus souvent bilabiée, avec comme formule florale : $5 S + (2+3) P + (2+2) E + 2 C$.

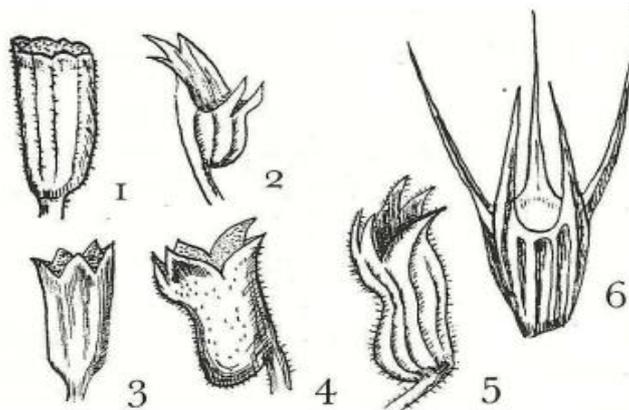


Figure 1: Calice des Lamiacées. 1. *Lavandula* ; 2. *Thymus* ; 3. *Mentha* ; 4. *Teucrium* ; 5. *Calamintha*, tube tordu ; 6. *Galeopsis*, dents longuement spinescentes [11].

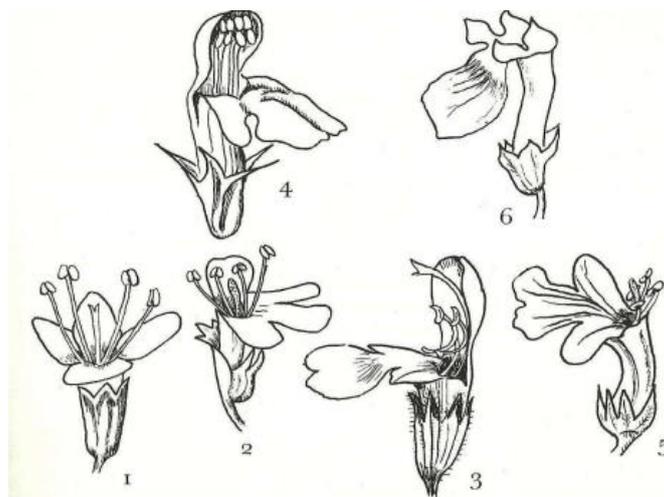


Figure 2 : Corolle des Lamiacées. 1. *Mentha*, corolle subrégulière ; 2. *Thymus*, corolle bilabiée 2/3 ; 3. *Salvia*, corolle bilabiée 2/3, lèvre supérieure droite ; 4. *Stachys*, corolle bilabiée 2/3 ; 5. *Ajuga*, corolle unilabiée 0/3, la lèvre supérieure est presque avortée ; 6. *Teucrium*, corolle unilabiée 0/5 [11].

Les cymes sont unipares scorpioïdes contractées en glomérules, parfois elles peuvent se réduire en 3 fleurs ; c'est le cas du genre *Salvia*. Le fruit est tétrakène, les graines sont exalbuminées [12].

I.2.2. Genre *Salvia*

« Pour quelle raison un homme devrait 'il mourir alors que la sauge pousse dans son jardin ? », un dicton médiéval [1]. Ainsi, son nom indique clairement le rôle primordial qu'il occupe en phytothérapie ; *Salvia* vient de salvare qui, en latin, signifie guérir, il a été transcrit en Saugue en français et en « Sawge » en ancien anglais puis en Sage aujourd'hui [1].

Les sauges constituent un groupe très diversifié qui rassemble entre 900 et 1000 espèces, dont 23 espèces existent en Algérie, y compris *Salvia algeriensis* Desf. objet de notre étude [13].

I.2.2.1. Répartition géographique

Les sauges manifestent des variations morphologiques et génétiques selon leurs origines géographiques, elles sont aussi bien répandues dans les zones tempérées que subtropicales [14].

Ce genre est distribué dans trois régions principales dans le monde : 530 espèces en Amérique centrale et latine, 250 espèces en Asie centrale et en régions méditerranéennes, 30 en Afrique du Sud et 90 espèces en Asie de l'Est (figure 3) [15].

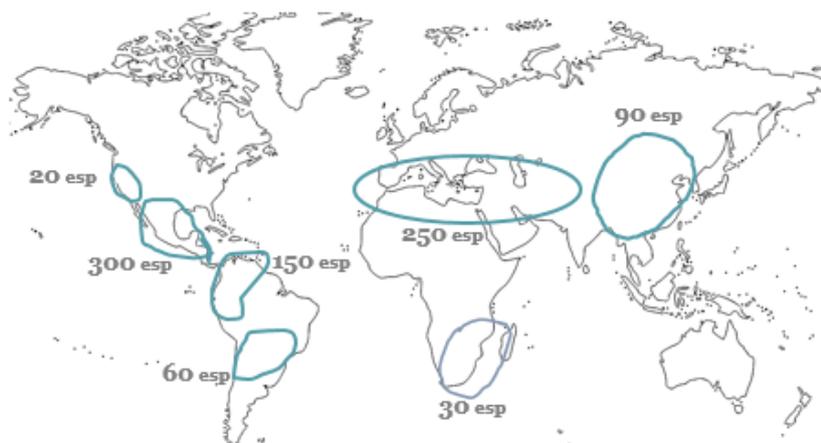


Figure 3 : Répartition géographique du genre *Salvia* dans le monde selon WALKER *et al.* (2004).

I.2.2.2. Description botanique

- Appareil végétatif

Les sauges sont des arbustes ou des plantes herbacées, elles peuvent être annuelles bisannuelles ou vivaces selon l'espèce.

Les tiges quadrangulaires, inclinées comme les autres membres de la famille des lamiacées, pourvues de trichomes, portant des feuilles opposées et décussées, ces dernières sont généralement entières, mais parfois dentées ou pennées [13].

- Appareil reproducteur

Les fleurs des sauges n'ont que deux étamines, elles se regroupent en inflorescences de type grappes ou panicules, le calice nettement bilabié, en forme de cloche, la corolle pentamère, comprend à sa base un tube un peu arqué, légèrement plus long que le calice, terminé par deux lobes élargis, l'inférieur en lèvre à trois lobes, le supérieur en casque recourbé [16].

Les fruits ovoïdes lisses et dans de nombreuses espèces ils ont un revêtement mucilagineux [17].

I.2.3. Espèce *Salvia algeriensis* Desf.

Salvia algeriensis Desf. appelée dans le langage commun Merymia (المريمية الجزائرية en arabe) et Sauge algérienne en français. C'est une plante aromatique, annuelle, à port dressé, dégageant au moindre froissement de la feuille une légère odeur de thym [18].

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ESPECE *Salvia algeriensis* Desf.

La position de *Salvia algeriensis* Desf. dans la systématique des Angiospermes est mentionnée dans le tableau I et II [19]. Cette espèce donne par distillation une huile essentielle camphrée, pouvant contenir un certain nombre de vertus.

Tableau I : Position de *Salvia algeriensis* Desf. selon la classification de Cronquist [19].

Règne	Plantae
Sous-règne	Viridaeplantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Astéridées
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	<i>Salvia</i>

Tableau II : Classification phylogénétique APG III de *Salvia algeriensis* Desf. [19].

Règne	Archéplastides
Clade	Angiospermes
Clade	Dicotylédones vraies
Clade	Noyau des Dicotylédones vraies
Clade	Astéridées
Clade	Lamiidées
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Sous-famille	Népétoïdées
Genre	<i>Salvia</i>
Espèce	<i>Algeriensis</i>

I.2.3.1. Répartition géographique

Salvia algeriensis Desf. est une espèce originaire du Maroc, endémique des régions du nord-est marocain et nord-ouest algérien, elle est commune dans le secteur phytogéographique oranais de l'Algérie ; oranais 1 (O1), oranais 2 (O2), oranais3 (O3) (figure 4) [13].

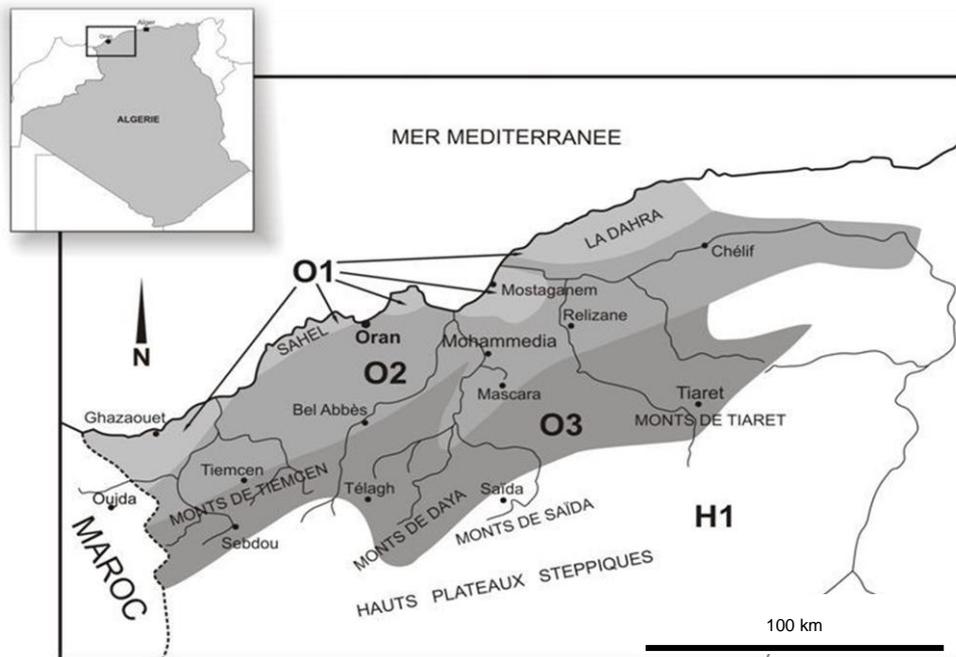


Figure 4 : Localisation de l'espèce (*Salvia algeriensis* Desf.) en Algérie selon Quézel et Santa.

I.2.3.2. Ecologie et nature du terrain

En Algérie, *Salvia algeriensis* Desf. est une “mauvaise herbe” mineure, peu fréquente et peu abondante, elle ne constitue généralement pas une gêne pour la culture. Cependant, elle peut parfois être nuisible de façon localisée en cas de présence par tâches de forte densité. Elle a une préférence pour les sols lourds profonds plus ou moins tirsifiés des collines argilo marneuses du tell occidental [18].

I.2.3.3. Description botanique

- Appareil végétatif

Les tiges sont caractéristiques des Lamiacées, droites, simples, de section quadrangulaire, velues à poils tecteurs couchés et glanduleux capités dressés de 1-2 mm, très visibles [18,13].

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ESPECE *Salvia algeriensis* Desf.

Les feuilles sont simples et grandes, elles sont toutes opposées, décussées et lancéolées, à marge plus ou moins crénelée, les inférieures longuement pétiolées, caulinaires subsessiles [18], elles peuvent avoir près de 8 cm de longueur [17].

Dans son habitat naturel, l'espèce pousse jusqu'à atteindre des tailles d'environ 20-50 cm de hauteur [13].



Figure 5 : (1) : Feuille de *Salvia algeriensis* Desf. ; (2) : Tige quadrangulaire à poils tecteurs glanduleux de *Salvia algeriensis* Desf. ; (3) : Feuille simple et opposées de *Salvia algeriensis* Desf. (photo originale).

- Appareil reproducteur

Salvia algeriensis Desf. produit 3 à 4 inflorescences, allant jusqu'à 15cm de long, composées de verticilles de 4-6 fleurs, des bractées ovales-lancéolées [18].

Fleurs zygomorphes, bilabiées à deux lèvres ; supérieure et inférieure, possédant deux dents de 2-3 mm de long, épineuses disposées en verticilles au sommet des rameaux (Figure 6) [17, 18].

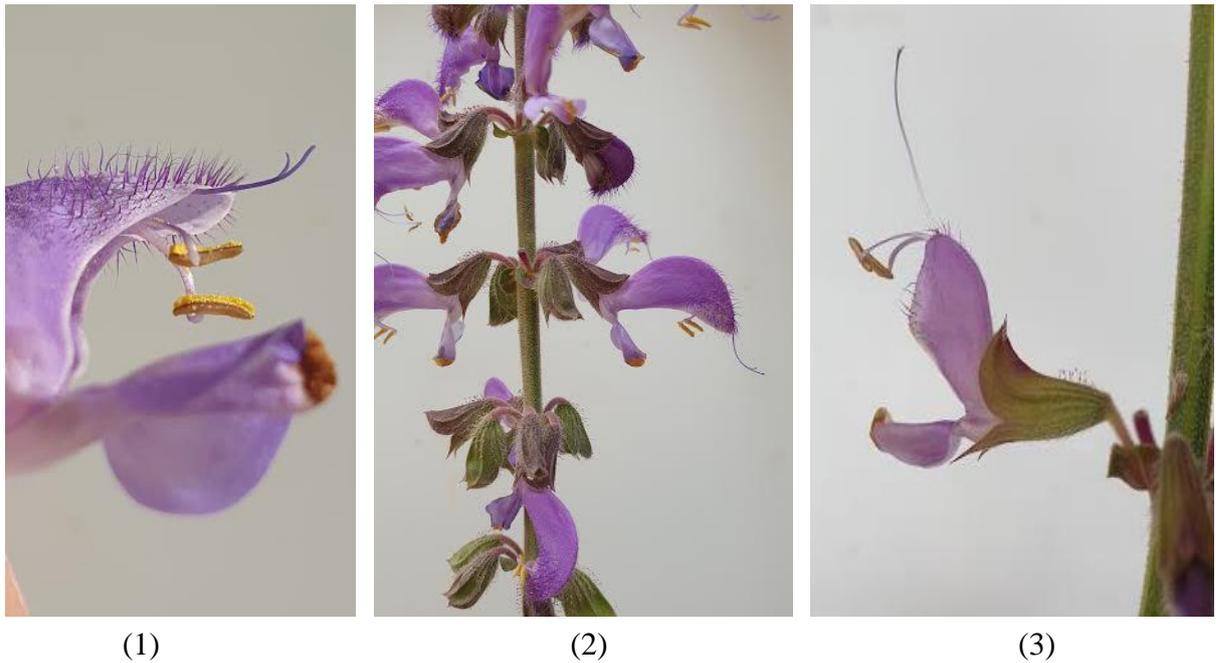


Figure 6 : (1) : Corolle à poils glanduleux de *Salvia algeriensis* Desf. (2) : Inflorescence de *Salvia algeriensis* Desf. (3) : Fleur de *Salvia algeriensis* Desf. (photo originale).

Elles ont une couleur bleu violacé, concolores, atteignant 28 mm de long , munies d'un calice bilabié, campanulé, pendant la fructification (Figure 7), à 5 dents, et d'un style plus long que la corolle couverte dans sa moitié inférieure de poils glanduleux, capités, visibles, longs de 1-2 mm [13, 18, 17].



Figure 7 : Calice bilabié, campanulé, à 5 dents de *Salvia algeriensis* Desf. (photo originale).

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ESPECE *Salvia algeriensis* Desf.

Fruit sous forme de tétrakène, ellipsoïdal-subglobulaire, d'environ 3 mm de long, brunâtres. *Salvia algeriensis* Desf. est une espèce clithochore (dissémination à très courte distance) [18].



Figure 8 : Fruit tétrakène de *Salvia algeriensis* Desf. (photo originale).

CHAPITRE II :
METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES
ESSENTIELLES

CHAPITRE II : METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES ESSENTIELLES

Kossel est le premier à employer le terme de " métabolite secondaire" qu'il définit alors en ses termes : « (...) alors que les métabolites primaires (sucres, lipides, protéines, acides nucléiques) existent dans toutes les cellules végétales capables de se diviser, les métabolites secondaires ne sont présents que de façon "accidentelle" et ne sont pas essentiels à la vie de la plante » [20].

Aujourd'hui, on estime à plusieurs centaines de milliers les métabolites secondaires, possédant des structures et des fonctions différentes, ce qui fait qu'il existe un grand nombre de classification selon les sources. Il ressort que la classification la plus élémentaire des métabolites secondaires inclue trois groupes :

Les terpènes (par exemple : les substances volatiles des plantes, les glycosides, les caroténoïdes, les stérols, ...).

Les composés phénoliques (par exemple : les acides phénoliques, les coumarines, les lignanes, les stilbènes, les flavonoïdes, les tanins, la lignine, ...).

Les composés contenant de l'azote (par exemple : les alcaloïdes, les glucosinolates, ...) [21].

II.1. Métabolites secondaires

II.1.1. Composés phénoliques et terpéniques

II.1.1.1. Composés phénoliques

Ils ont une vaste variabilité structurale allant de simples molécules telles que l'acide phénolique à des gros composés hautement polymérisés comme les tanins. L'élément structural fondamental qui les caractérise est la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction : éther, ester, hétéroside [22].

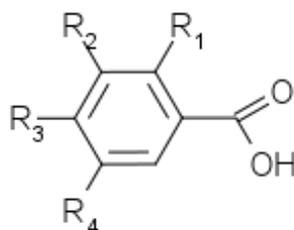
II.1.1.1.1. Acides phénoliques

Parmi les acides phénoliques on distingue les dérivés de l'acide benzoïque (C₆-C₁, 2), ceux de l'acide cinnamique (+leurs dérivés estérifiés), et des coumarines, tous possédant une structure du type (C₆ - C₃) [23].

CHAPITRE II : METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES ESSENTIELLES

- Dérivés de l'acide benzoïque : Acides hydroxybenzoïques

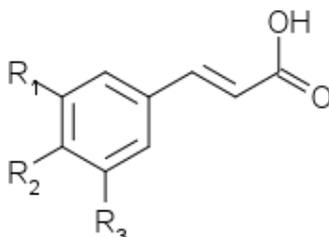
Les structures des acides hydroxybenzoïques varient suivant les hydroxylations et les méthoxylations sur le cycle phénolique aromatique avec une structure de base de type C6 - C1. Ces hydroxyyles phénoliques OH peuvent ensuite être méthylés [23, 24].



Acide hydroxybenzoïque.

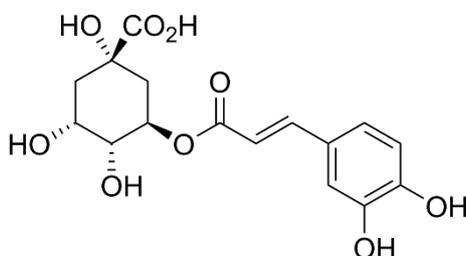
- Dérivés de l'acide cinnamique : Acides hydroxycinnamiques

Les dérivés de l'acide cinnamique ont une structure de base de type C6 - C3. Ils sont aussi qualifiés de l'appellation de phénylpropanoïdes. Les hydroxyyles phénoliques OH de ces dérivés peuvent aussi être méthylés (-O-CH₃).



Acide hydroxycinnamique.

Alors que les acides hydroxybenzoïques se présentent majoritairement sous forme libre, les acides hydroxycinnamiques peuvent exister sous une forme estérifiée par l'acide quinique [24].

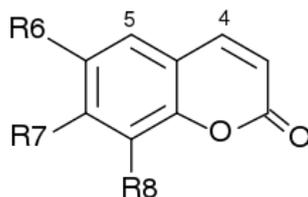


Exemple d'un acide chlorogénique (acide 5' caféoylquinique).

CHAPITRE II : METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES ESSENTIELLES

- Coumarines

Les coumarines possèdent un noyau de base de type 2H-1-benzopyran-2-ones, à ce noyau peuvent s'ajouter différents groupements chimiques à l'origine de quatre types de coumarines différents :



Structure de base des coumarines.

Les coumarines simples (benzo- α -pyrones).

Les furocoumarines (furobenzo- α -pyrones) qui résultent de la fusion d'un cycle furane en position 6 et 7 (furocoumarines linéaires) ou en position 7 et 8 (furocoumarines angulaires) sur un noyau coumarine simple.

Les pyranocoumarines (benzodipyran-2-ones) qui résultent de la fusion d'un cycle pyrane sur un noyau coumarine simple, formant alors aussi des pyranocoumarines linéaires et angulaires.

Les phénylcoumarines (benzo-benzo-pyrones) qui résultent de la fusion d'un cycle phényl sur un noyau coumarine simple [25].

II.1.1.1.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes *lato sensu* sont des pigments quasiment universels des végétaux, souvent responsables de la coloration des fleurs (dont le pouvoir attracteur conditionne la pollinisation entomophile), la coloration des fruits et parfois des feuilles [22].

Tous les flavonoïdes (plusieurs milliers ont été décrits) ont une origine biosynthétique commune et de ce fait, possèdent le même élément structural de base notamment l'enchaînement 2- phénylchromane [22].

CHAPITRE II : METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES ESSENTIELLES

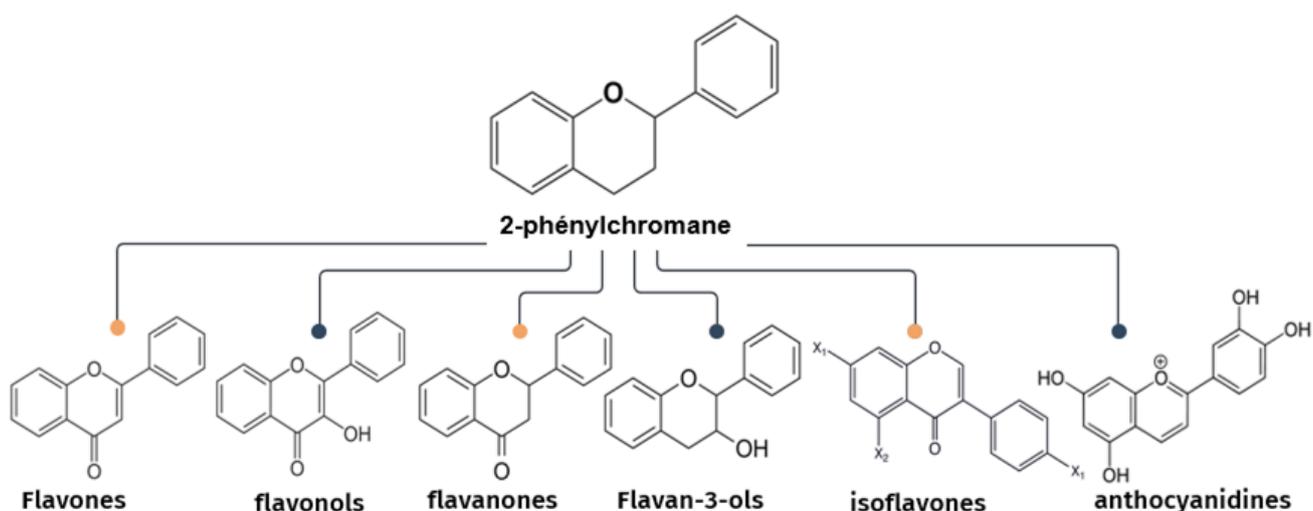
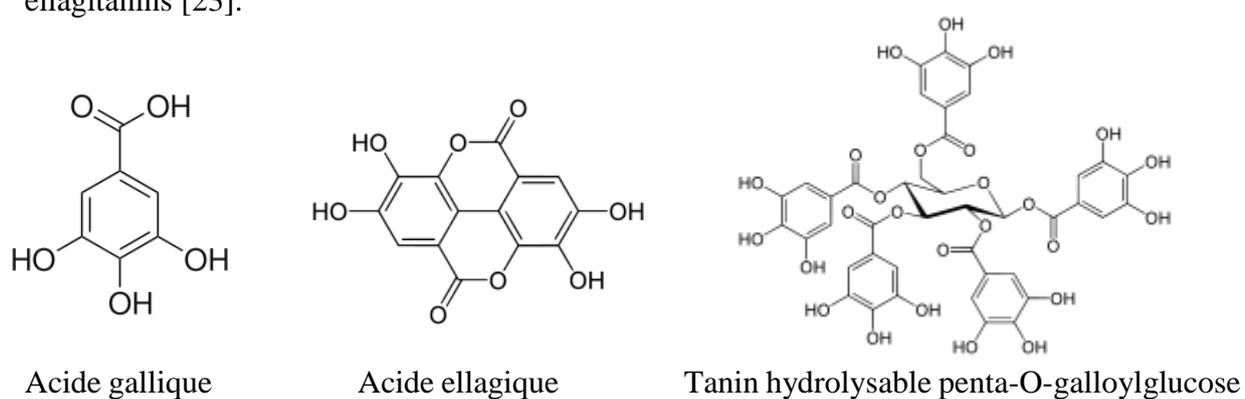


Figure 9 : Principales classes des flavonoïdes (photo originale).

II.1.1.1.3. Polymères

- Tanins hydrolysables

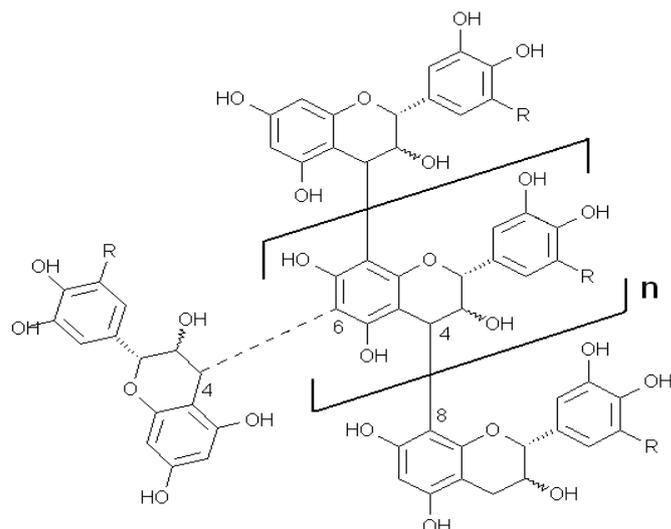
Ce sont des esters d'acides phénoliques ; soit de l'acide gallique dans le cas des tanins galliques soit de l'acide hexahydroxydiphénique (HHDP) et ses dérivés d'oxydation dans le cas des tanins ellagiques, associés à un polyol (habituellement le glucose), divisés en gallotanins et ellagitanins [23].



- Tanins condensés

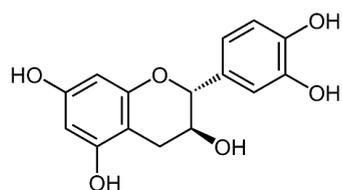
Ils ont une structure voisine à celle des flavonoïdes ; ils sont constitués d'unités de flavan-3-ols liées entre elles par des liaisons carbone-carbone le plus souvent 4—8 ou 4—6 [26].

CHAPITRE II : METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES ESSENTIELLES

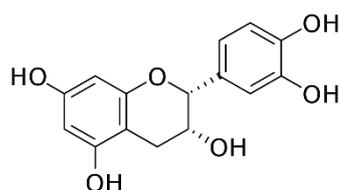


Structure chimique des Tanins condensés

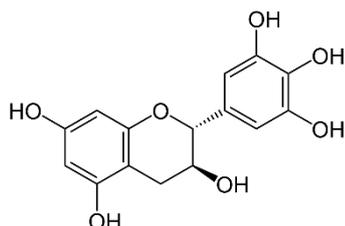
Les unités flavan-3-ols les plus courantes trouvées dans les tanins condensés comprennent la catéchine, l'epicatéchine, la gallocatéchine et l'épigallocatéchine [27].



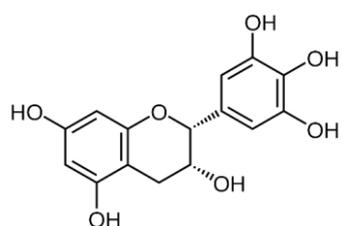
Catéchine



Epicatéchine



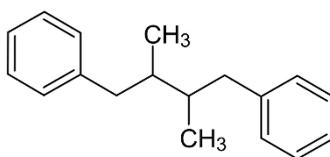
Gallocatéchine



Epigallocatéchine

II.1.1.1.4. Lignanes

Ce sont des composés dont les noyaux phénoliques se trouvent reliés par quatre atomes de carbone, au lieu de trois dans les flavonoïdes [28].

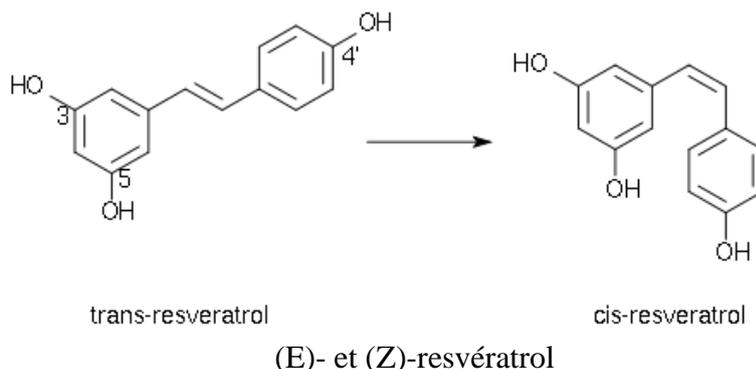


Lignanes

CHAPITRE II : METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES ESSENTIELLES

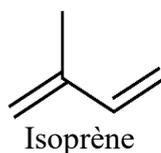
II.1.1.1.5. Stilbénoides

Les stilbènes forment la famille des stilbénoides. L'unité de base des stilbènes est le (E)-3, 5,4'-hydroxystilbène ou (E)-resvératrol. Les dérivés du resvératrol varient en fonction du nombre de groupements hydroxyle, des substitutions par les sucres, les groupements méthoxy, par la conformation (Z) ou (E) et par le degré d'oligomérisation, etc.... [29].



II.1.1.2. Composés terpéniques

Les terpènes sont des hydrocarbures naturels, ils peuvent être cyclique (mono, bi ou tricyclique), ou acyclique. L'élément structural qui les caractérise est la présence dans leur squelette d'unités isoprénique (2-méthyl-1,3-butadiène) à cinq atomes de carbone (C₅H₈).



Et suivant le nombre entier de ces unités penta carbonées (C₅)_n ramifiées, on peut classer les terpènes en : **Monoterpènes, Sesquiterpènes, Diterpènes, Sesterpènes, Triterpènes, Tetraterpènes, Polyterpènes** (Tableau III) [30].

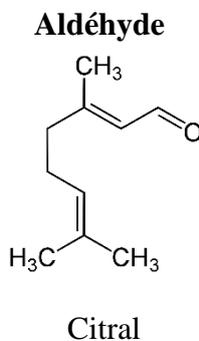
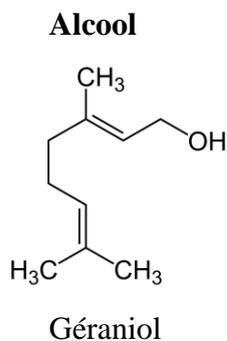
Tableau III : Classification des terpènes.

Classe	Unité isoprène	Nombre d'atomes de carbone
Monoterpènes	2	10
Sesquiterpènes	3	15
Diterpènes	4	20
Sesterpènes	5	25
Triterpènes	6	30
Tetraterpènes	8	40
Polyterpènes	>8	>40

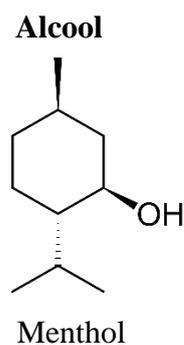
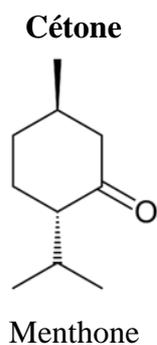
CHAPITRE II : METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES ESSENTIELLES

Selon la structure des composés terpéniques, on peut les classer en [30] :

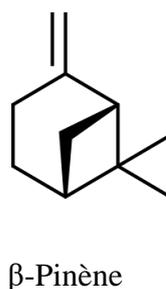
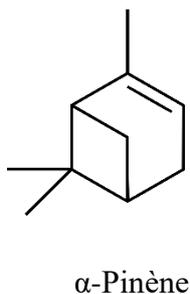
- Terpènes acycliques



- Terpènes monocycliques



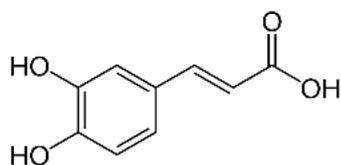
- Terpènes bicycliques



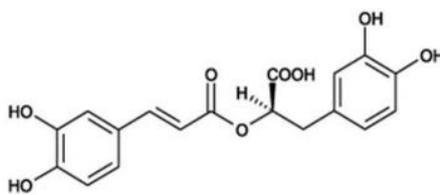
II.1.2. Principaux métabolites secondaires du genre *Salvia*

Les métabolites secondaires chez le genre *Salvia* sont principalement présents sous forme d'acides phénoliques et de flavonoïdes. Ces composés phénoliques comprennent l'acide caféique et ses dérivés, l'acide rosmarinique, les acides salvianoliques, les acides lithospermiques, l'acide sagerinique et les acides yunnanéiques [31].

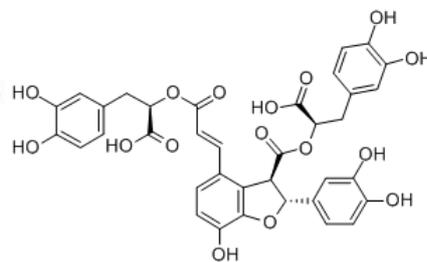
CHAPITRE II : METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES ESSENTIELLES



Acide caféique

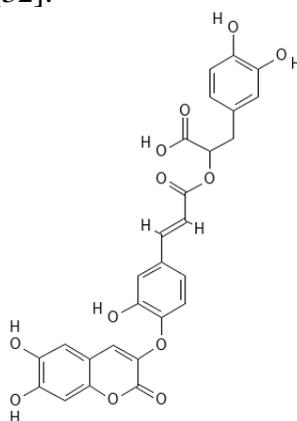


Acide rosmarinique



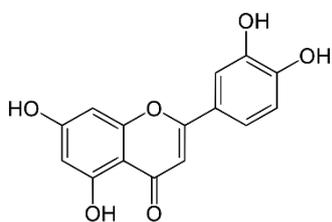
Acide salvianolique B

Parmi les composés coumariniques identifiés chez le genre *Salvia*, la sagecoumarine $C_{27}H_{20}O_{12}$ (dérivé des 6,7 dihydroxycoumarine) [32].

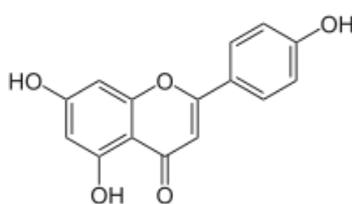


Sagecoumarine

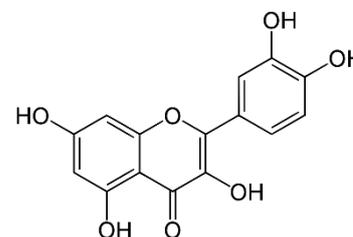
Des composés flavonoïques de type : lutéoline, apigénine, quercétine, hispiduline, kaempférol, ont été identifiés chez ce genre [31].



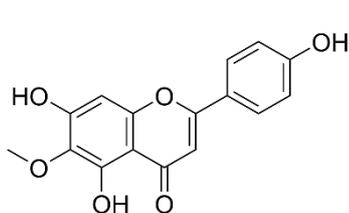
Lutéoline



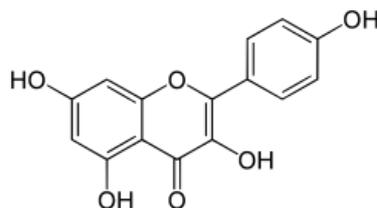
Apigénine



Quercétine



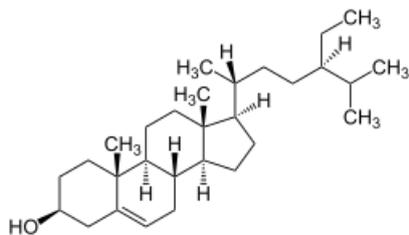
Hispiduline



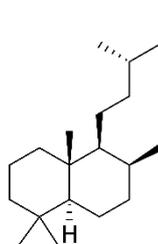
kaempférol

CHAPITRE II : METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES ESSENTIELLES

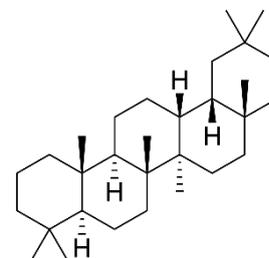
Des stérols tels que le β -sitostérol et le stigmastérol, des triterpènes dérivant du squelette de base de l'oléanane, dammarane, ursane, des diterpènes du type labdane, clérodane, pimarane, abiétane, isolés de ce genre, sont utilisés comme des marqueurs taxonomiques à différents niveaux [33].



β -Sitostérol



Labdane



Oléanane

II.1.3. Techniques d'extraction des métabolites secondaires

II.1.3.1. Extraction des composés phénoliques

L'extraction des métabolites secondaires notamment les polyphénols, représente une étape très importante dans l'isolement autant que dans l'identification de ces composés phénoliques. Le choix des conditions d'extraction ; type de solvant, ratio solide/solvant, la durée et la température d'extraction influencent le rendement des composés extraits du matériel végétal [34]. En outre, la diversité structurale de ces composés est responsable de la grande variabilité de leurs propriétés physicochimiques particulièrement leur solubilité, qui rend très difficile de développer une méthode appropriée à l'extraction de tous les composés phénoliques de la plante.

II.1.3.1.1. Procédés traditionnels d'extraction – Extraction par solvant

- Macération

L'extraction par macération est réalisée selon le principe de diffusion des polyphénols dans un milieu d'extraction approprié, d'après des études récentes, les polyphénols de plantes aromatiques sont préférentiellement extraits avec un mélange d'alcool et d'eau par macération, en particulier lorsqu'ils sont sous forme glycoside [34].

CHAPITRE II : METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES ESSENTIELLES

En termes de conditions opératoires, la macération est réalisée à température ambiante dans des récipients en verre avec brassage continu pendant 10-30 minutes ou plusieurs heures, selon les caractéristiques de la matrice végétale.

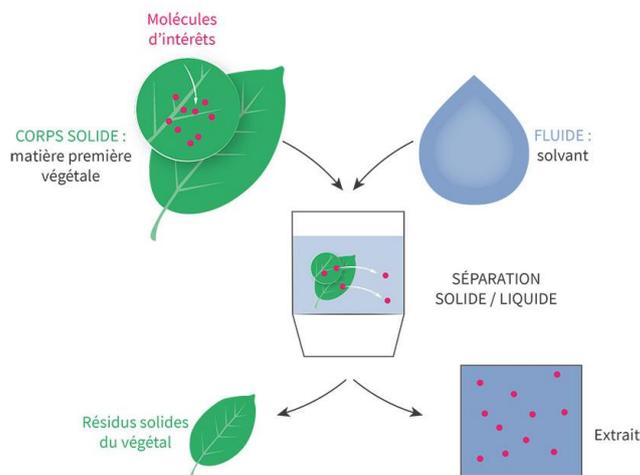


Figure 10 : Macération des plantes [35].

- **Extraction assistée par la chaleur**

L'extraction est réalisée dans des récipients en verre et à températures hautes et contrôlées, l'énergie thermique produite augmente la perméabilité de la membrane cellulaire du matériel végétal, ce qui entraîne une amélioration de la solubilité des polyphénols, et donc une amélioration de l'efficacité de l'extraction.

Selon la littérature, la température élevée diminue la polarité du solvant, ce qui fait de l'eau et de l'éthanol des solvants appropriés pour extraire les constituants organiques polaires, modérément polaires et non polaires [34].

II.1.3.1.2. Procédés innovants d'extraction – d'intensification de l'extraction

Les conditions d'extraction des polyphénols par les méthodes conventionnelles ont favorisé l'apparition de nouvelles méthodes qui s'avèrent plus rapide et moins consommable de solvant telles que les ultrasons, les microondes, l'extraction par fluide supercritique, les hautes-pressions...etc.

- **Extraction assistée par ultrasons**

Le mécanisme d'extraction assistée par ultrasons comprend la destruction des tissus végétaux par des ondes ultrasonores, qui se déplacent à l'intérieur des cellules végétales et induisent

CHAPITRE II : METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES ESSENTIELLES

l'apparition de deux cycles : cycle de compression à haute pression et un cycle de dépression à basse pression, un phénomène appelé « cavitation ultrasonore » se produit suite à l'implosion de bulles de vapeur produites lors du cycle de dépression, qui par des micro-jets de liquide provoquent la dégradation des parois cellulaires. Ces effets mécaniques et thermiques améliorent l'extraction des polyphénols en augmentant la pénétration du solvant dans la matrice végétale, le transfert de masse et donc l'augmentation du rendement en polyphénols [34].

- Extraction assistée par microondes

L'application des micro-ondes offre un partage rapide d'énergie sur l'ensemble de milieu d'extraction et de particules végétales, de plus, le transfert de la chaleur se fait dans le même sens du transfert de la matière et cela de l'intérieur de la matrice vers le milieu environnant, cette particularité que possède ces ondes électromagnétiques donne un meilleur rendement comparant au chauffage classique. De plus, l'eau à l'intérieur des cellules végétales absorbe cette énergie et la surchauffe interne provoque une perturbation des cellules, ce qui entraîne une amélioration de la récupération des polyphénols [34].

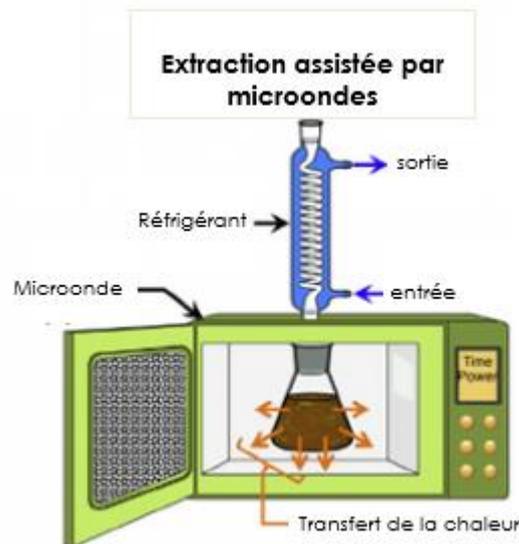


Figure 11 : Equipement d'une extraction assistée par microondes [36].

CHAPITRE II : METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES ESSENTIELLES

II.2. Huiles essentielles (HE)

II.2.1. Qu'est-ce qu'une huile essentielle ? : Une définition et une réglementation !

Il est actuellement difficile de s'arrêter à une définition claire et précise de l'huile essentielle ; L'AFNOR (association française de normalisation) NT 75-6 (Fév 2006) a donné une définition officielle de cette dernière, qui doit être « obtenue à partir d'une matière première d'origine végétale : soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, soit par distillation sèche, qui est séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques » [37].

II.2.2. Composition chimique des huiles essentielles

L'HE et essence sont deux substances différentes, en nature et en composition, en raison des modifications biochimiques que subit l'huile essentielle au cours de son extraction par distillation de l'essence. On peut ainsi trouver dans une HE des composés que l'on ne trouvait pas initialement dans la plante, et donc c'est le mode d'extraction qui impose sa composition. Une HE est composée d'une part des molécules naturellement synthétisées par la plante et d'autre part, comme nous venons de le voir, des molécules de réarrangement, lors de la distillation [37].

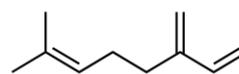
- **Dérivés terpéniques**

Ce sont les plus répandus dans les HE, il s'agit principalement de monoterpènes en C10, de sesquiterpènes en C15 et de diterpènes en C20 [37] :

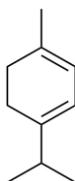
- **Monoterpènes C10 :**



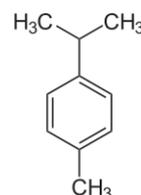
Mono-insaturé (1=) : Camphène



Tri-insaturé (3=) : Myrcène (assez rare).



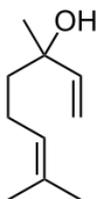
Di-insaturé (2=) : Alpha-terpinène



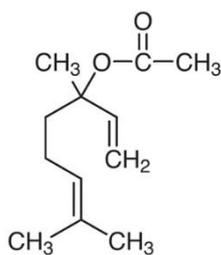
Aromatique : Para-cymène (thym)

CHAPITRE II : METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES ESSENTIELLES

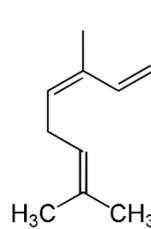
- **Sesquiterpènes C15** : Présents en faible quantité dans les plantes, sauf dans le bois des arbres.
 - **Diterpènes C20** : Assez rare dans les HE, présentes en faible quantité.
 - **Triterpènes C30** : Ils font souvent partie des structures épi-cuticulaires des plantes aromatiques, et leur structure lourdes fait que leur présence soit aléatoire dans les HE, car plus la molécule contient un grand nombre de carbones plus il est difficile de l'extraire par distillation [37].
- **Dérivés des acides aminés**
 - **La valine** qui conduit à l'isobutanol.
 - **La leucine** qui conduit à l'iso amyl alcool.
 - **L'isoleucine** qui conduit à l'acide angélique ou à l'acide tiglique.
 - Les acides aminés soufrés comme **la cystéine** qui peut conduire à la formation de dérivés mono-, di, tri- ou tétrasulfurés.
 - **L'acide shikimique** contenu dans les plantes conduit à l'acide chorismique d'où dérivent des molécules importantes telles cinnamates et dérivés du phényl propane, dérivés salicylés, dérivés coumariniques, méthyl anthranilates [37].
 - **Dérivés des acides gras** : Par exemple de **l'acide linoléique** en C18 [37].
 - **Autres**
 - **Dérivés terpéniques** : Exemple : linalol, acétate de linalyle, ocimènes...



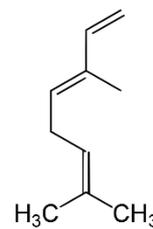
Linalol



Acétate de linalyle



cis

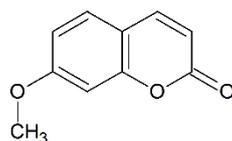


trans

Ocimènes

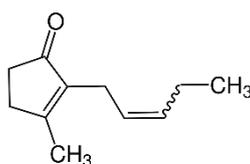
CHAPITRE II : METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES ESSENTIELLES

- Dérivés d'acide shikimique : Exemple :



Herniarine

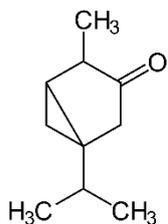
- Dérivés d'acide gras : Exemple :



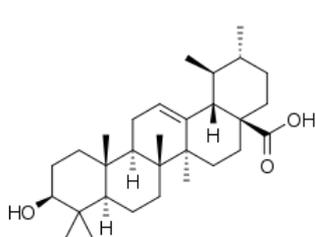
Jasmone

II.2.3. Principaux constituants des HE du genre *Salvia*

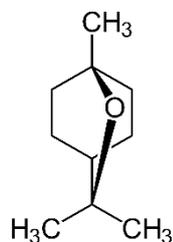
Plusieurs composés ont été identifiés chez ce genre ; α et β -thuyone, camphre, 1,8-cinéole, α -humulène, β -caryophyllène et viridiflorol. Des diterpènes et des triterpènes ; acide carnosique, acide ursolique, carnosol et tanshinones [31].



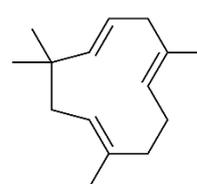
Thuyone



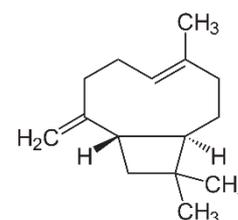
Acide ursolique



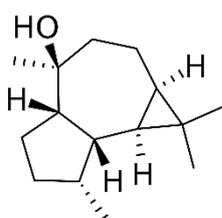
1,8-cinéole



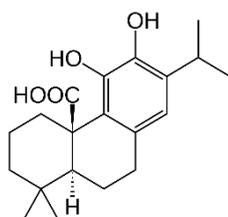
Humulène



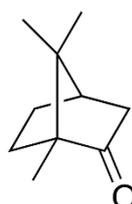
Caryophyllène



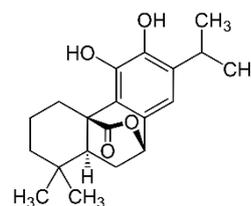
Viridiflorol



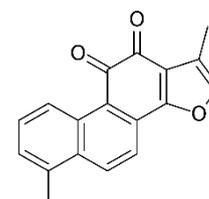
Acide carnosique



Camphre



Carnosol



Tanshinones

CHAPITRE II : METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES ESSENTIELLES

II.2.4. Techniques d'extraction et d'analyse des huiles essentielles

II.2.4.1. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Le principe général d'extraction des HE est basé sur la différence de solubilité des composés d'un mélange (solide ou liquide) dans un solvant (liquide ou fluide supercritique).

Une essence ne peut être définie sans avoir précisé sa méthode d'extraction, d'ailleurs on distingue deux types de techniques classés selon leur période de découverte ; techniques d'extraction conventionnelles (entraînement à la vapeur d'eau, hydro distillation, extraction par solvant volatil, hydro diffusion, autres...) et techniques d'extraction nouvelles (extraction assistée par microonde ou par ultrasons, extraction par des fluides supercritiques, autres...) [37].

II.2.4.1.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

La particularité de cette méthode d'extraction est le fait qu'elle ne met pas la matière végétale en contact avec l'eau, puis l'eau en contact avec les molécules aromatiques, ce qui minimise toutes les modifications d'hydrolyse et toute dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile. C'est cet avantage qui la qualifie d'être la méthode la plus appropriée pour extraire les HE [39].

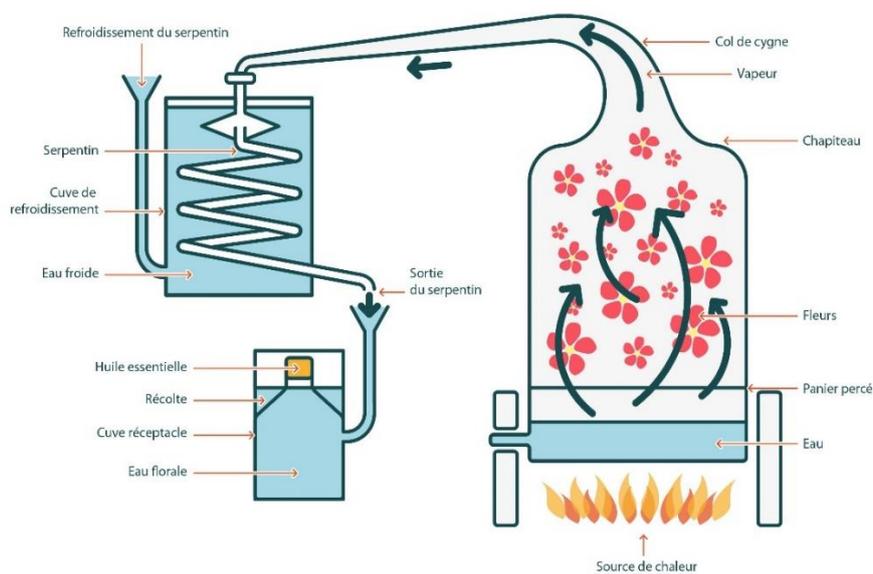


Figure 12 : Montage d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau [38].

CHAPITRE II : METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES ESSENTIELLES

L'eau la plus pure possible au contact de la chaleur s'évapore et pénètre la matière végétale située au-dessus d'une grille, dissolvant et évaporant les molécules aromatiques formant un mélange « eau + huile essentielle ». Ce mélange est ensuite véhiculé vers un réfrigérant, se condense progressivement et revient à l'état liquide de vapeur d'eau et d'essence à la sortie du réfrigérant, le produit obtenu au sein d'un essencier appelé également « vase florentin » se sépare en deux phases distinctes de densité différente : huile essentielle et hydrolat aromatique (l'HE de densité inférieure à l'eau, surnage au-dessus de l'hydrolat).

L'emploi en aromathérapie impose de prolonger l'opération aussi longtemps qu'il est nécessaire afin de récupérer la totalité des composants aromatiques volatils [39].

II.2.4.1.2. Extraction par hydrodistillation

Il s'agit de la méthode la plus simple et de ce fait là plus anciennement utilisée. Son principe consiste à immerger la matière végétale dans de l'eau bouillante contenue dans un ballon ou un alambic surmonté par un réfrigérant, les molécules odorantes se libèrent après éclatement des cellules végétales et forment avec la vapeur d'eau un mélange dite azéotrope. Cette vapeur est ensuite véhiculée vers le condenseur et les huiles essentielles se séparent de l'eau par différence de densité à la sortie du réfrigérant.

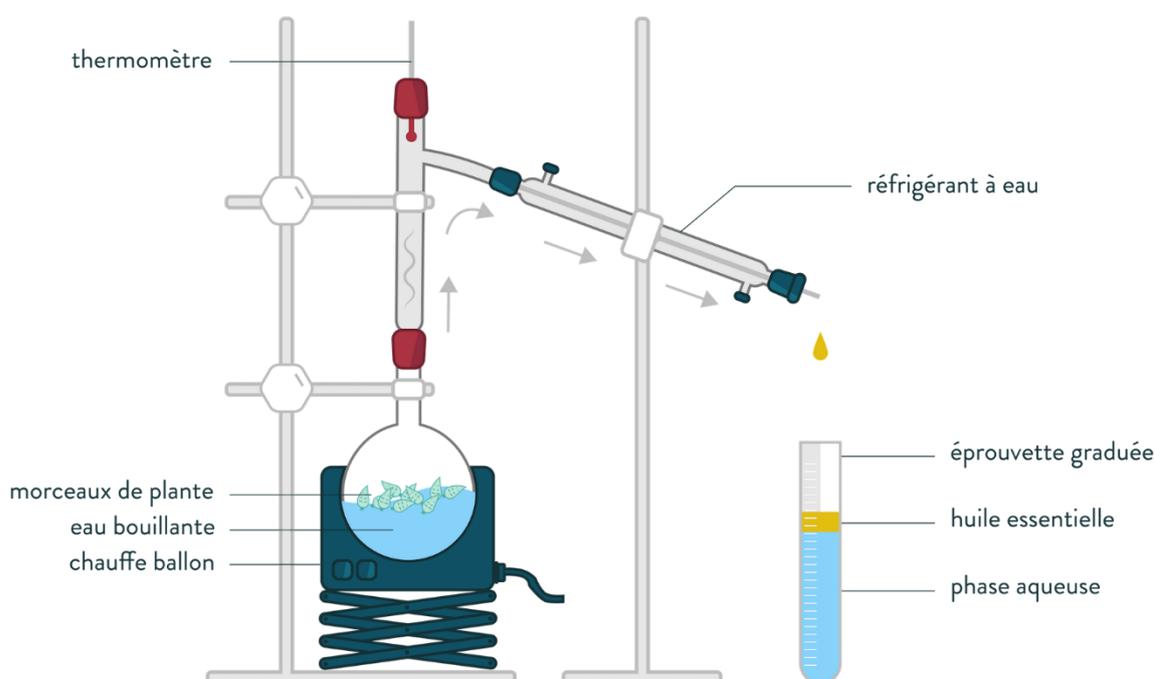


Figure 13: Principe de la technique d'hydrodistillation [40].

CHAPITRE II : METABOLITES SECONDAIRES ET HUILES ESSENTIELLES

II.2.4.2. Méthodes d'analyse des huiles essentielles

Les progrès technologiques réalisés dans le domaine des colonnes capillaires, des phases stationnaires et des détecteurs (FID) ont contribué à rendre la CPG incontournable pour l'analyse des HE, du fait qu'elle permet d'effectuer l'individualisation des constituants à partir d'échantillon de l'ordre du milligramme voire du microgramme [41].

Toujours d'avantage, la CPG est capable non seulement de donner un chémotype complet de l'huile essentielle mais aussi de détecter toutes fraudes possibles. Ce procédé hydrodynamique en perpétuel perfectionnement a reçu de très nombreuses applications, particulièrement dans le domaine de contrôle qualité des substances volatiles [42].

- **Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse**

La CPG-SM comporte plusieurs éléments ;

Un gaz vecteur circulant à l'intérieur du chromatographe, entraînant les analytes à travers la colonne, depuis l'injecteur jusqu'au détecteur. Son choix dépend du type de détecteur, cela peut être par exemple de l'hélium, de l'azote, de l'argon ou de l'hydrogène [43].

Un système d'injection permettant à la fois l'introduction de l'échantillon dans la colonne du chromatographe grâce à une micro seringue, et la volatilisation des analytes. Certains injecteurs peuvent être munis d'une fonction « Split/Splitless » [43].

Une colonne de séparation, il en existe deux types ; les colonnes remplies et les colonnes capillaires. Sous forme de tube, contenant la phase stationnaire, logée à l'intérieur d'un four dont la température est précisément ajustable, le choix de la température est un compromis entre la durée de l'analyse et le niveau de séparation désiré [43].

Un système de détection, généralement couplé à un enregistreur numérique du signal, dans le cas des huiles essentielles en particulier, il s'agira d'un spectromètre de masse, donnant une gamme des pics caractérisés par leurs temps de rétention et leurs surfaces, permettent de déterminer l'identité et le pourcentage de chaque constituant [41].

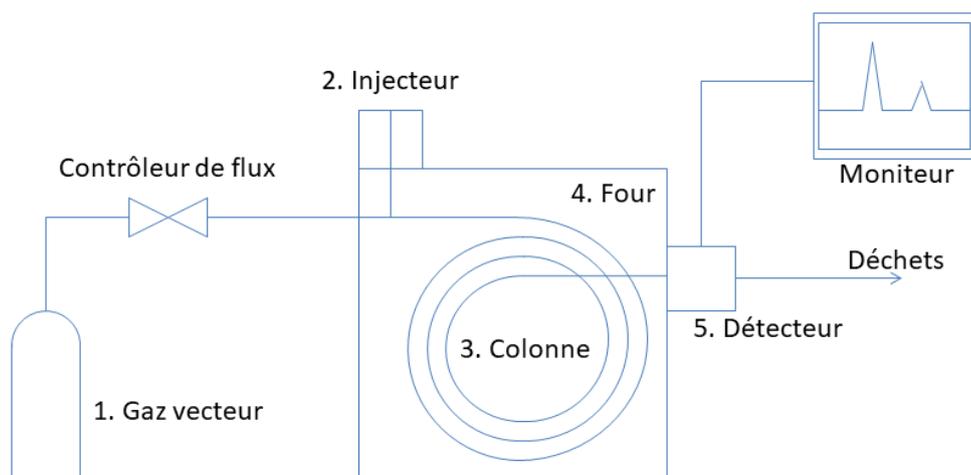


Figure 14 : Eléments constitutifs d'une CPG [43].

II.2.5. Labilité des huiles essentielles et facteurs influençant sa composition

La labilité des constituants des huiles essentielles, semble être l'explication majeure qui fait que la composition chimique des produits obtenus par hydrodistillation ou autre, soit différente de celle du mélange de constituants initialement présents dans les organes sécréteurs du végétal. **Lawrence** a observé une variation de la teneur en acétate de linalyle / linalol dans l'huile essentielle de *Salvia sclarea*, selon l'état du matériel végétal (frais ou sec). Selon cet auteur, l'excès d'humidité du matériel végétal frais et l'acidité du milieu provoquent une diminution de la teneur du composé majoritaire l'acétate de linalyle, correspondant à son hydrolyse en linalol. D'une autre partie, plusieurs facteurs peuvent influencer et la quantité et la qualité des huiles essentielles, la photopériode, la méthode d'extraction, les techniques cultures des plantes aromatiques si elles sont cultivées, l'environnement et les conditions climatiques de développement de la plante font partie de ces facteurs. Des analyses physiques ou chimiques, des méthodes chromatographiques (chromatographie sur couche mince et CPG) permettent de rendre compte des altérations intervenues [44].

CHAPITRE III :
METABOLITES SECONDAIRES ET LEURS
ACTIVITES BIOLOGIQUES

CHAPITRE III : METABOLITES SECONDAIRES ET LEURS ACTIVITES BIOLOGIQUES

Dans cette partie nous allons rassembler les résultats issus d'un certain nombre de recherches menées *in vivo* et *in vitro* sur les différentes activités biologiques des métabolites secondaires, notamment les composés phénoliques et les composés terpéniques.

III.1. Activités biologiques des composés phénoliques

Beaucoup d'études qu'elles soient épidémiologiques ou expérimentales, se sont penchées sur l'analyse des effets des composés polyphénoliques vis-à-vis de différentes pathologies, et ils sont devenus de plus en plus impliqués en thérapeutique et en pharmaceutique.

- Polyphénols et l'activité anticancéreuse et antiangiogénique :

Il a été prouvé que les extraits riches en polyphénols ont la capacité d'empêcher le développement de l'angiogenèse, en modulant certains facteurs et mécanismes cellulaires associés à ce processus, tels que PI3K ou ERK1/2, d'autres recherches ont montré que les polyphénols ont également un impact sur l'induction de l'apoptose et qu'ils peuvent interférer avec chaque étape de la cancérogénèse notamment l'initiation, la promotion et la progression [45].

- Polyphénols et l'activité anti-inflammatoire :

Les mécanismes anti-inflammatoires des polyphénols ont été étudiés principalement dans les cellules myéloïdes, où l'effet prédominant est une inhibition de la signalisation NF- κ B et la régulation de l'expression des marqueurs pro-inflammatoires [46].

- Polyphénols et l'activité antioxydante :

L'efficacité des polyphénols en tant que composés antioxydants a été largement étudiée. Des recherches évaluant la relation structure activité des polyphénols ont montré que leur capacité antioxydante dépend fortement de leur structure *ortho* et *para* di phénolique, et que les polyphénols porteurs d'un groupement catéchol ont un potentiel antioxydant élevé. Ainsi, une substitution d'atome d'hydrogène par un groupement éthyle ou n-butyle augmente relativement leur pouvoir antioxydant [47, 48].

CHAPITRE III : METABOLITES SECONDAIRES ET LEURS ACTIVITES BIOLOGIQUES

III.1.1. Coumarines et leurs activités biologiques

Les coumarines présentent un large éventail d'activités pharmacologiques, notamment antidiabétiques, antivirales, antimicrobiennes, anticancéreuses, antioxydantes, anticoagulantes, antiparasitaires, antiprolifératives, anticonvulsives et anti-inflammatoires [49].

- Coumarines et l'activité anticoagulante et cardiovasculaire :

La vitamine K est la vitamine de coagulation par excellence, pour expliquer l'activité anticoagulante des composés coumariniques dérivés de plantes, nous prenons l'exemple de la Warfarine, qui par antagonisme inhibe la formation des facteurs de coagulation dépendants de la vitamine K (II, VII, IX, X) en inhibant l'époxyde réductase pour bloquer la formation de la vitamine KH₂ réduite impliquée dans la γ -carboxylation (figure 15) [50].

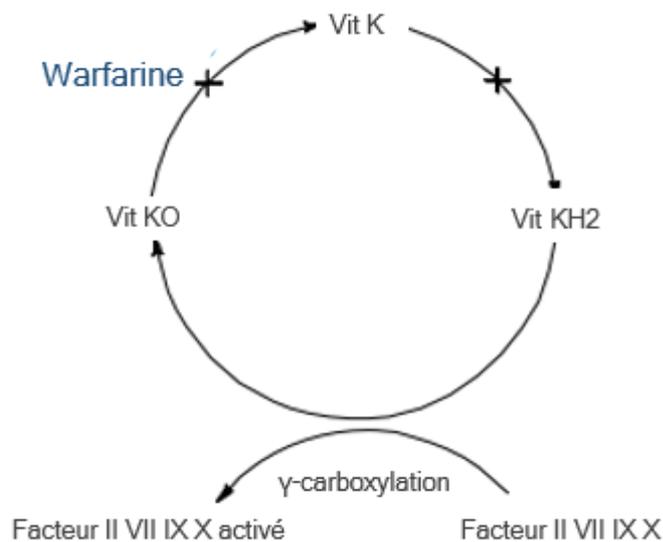


Figure 15 : Mécanisme d'action de la Warfarine en tant qu'anticoagulant [50].

De nos jours, les anticoagulants à base de coumarine sont efficaces dans le traitement et la prévention de la thrombose artérielle et veineuse [51].

III.1.2. Flavonoïdes et leurs activités biologiques

Il a été démontré que de nombreux flavonoïdes possèdent des activités antioxydantes, des activités hépatoprotectrices, antidiabétiques, anti-inflammatoires et antiallergiques. Plus récemment, les flavonoïdes se sont révélés plus efficace en tant qu'agent anticancéreux grâce à leurs effets apoptotiques [52].

CHAPITRE III : METABOLITES SECONDAIRES ET LEURS ACTIVITES BIOLOGIQUES

- Flavonoïdes et l'activité anti-inflammatoire :

Un certain nombre de flavonoïdes et de polyphénols apparentés ont été testés *in vivo* et *in vitro* dans différents modèles de maladies inflammatoires, les résultats de ces études se résument dans le tableau suivant :

Tableau IV : Effet des flavonoïdes dans les maladies inflammatoires.

Flavonoïde	RA	MICI	Ath	ENC	IC	CT
Apigénine						+
Baicaléine				+		
Catéchine	+					
Flavopiridol	+					
Génistéine	+	+				
Hespéridine	+	+				
Kaempférol			+			
Lutéoline	+	+				
Quercétine	+					
Quercitrine		+				
Resvératrol	+	+	+	+	+	+
Rutine	+	+				+
Curcumine		+				

RA : arthrite rhumatoïde, MICI : maladie inflammatoire chronique de l'intestin,

Ath : athérosclérose, ENC : encéphalite, IC : inflammation cutanée, CT : choc toxique

III.1.3. Stilbénoides et leurs activités biologiques

Une étude menée en 2010 sur le Resvératrol; un stilbène réducteur des métaux Cu^{2+} particulièrement élevés dans les cellules tumorales montre que la réduction de ces métaux catalyse la formation de radicaux hydroxyles responsables des ruptures oxydatives de l'ADN, induisant ainsi des effets apoptotiques, ce phénomène putatif est actuellement une voie de recherche dans la chimioprévention des maladies cancéreuses [53].

III.1.4. Tanins et leurs activités biologiques

Le potentiel anticancéreux et antimutagène des tanins et leurs composés apparentés peut être lié à leurs propriétés antioxydantes inhibitrices des radicaux superoxydes. Les activités antimicrobiennes des tanins y compris antibactériennes et antifongiques sont bien documentées, et elles ont été rapportées sur différentes bactéries ; *Bacillus anthracis*, *B.subtilis*,

CHAPITRE III : METABOLITES SECONDAIRES ET LEURS ACTIVITES BIOLOGIQUES

Staphylococcus aureus, *Clostridium bolulinum*. Tandis que l'activité antifongique des tanins a été démontrée contre : *Aspergillus niger*, *Penicillium species*, *Colletotrichum graminicola* [54].

De façon générale, les tanins possèdent des activités anti-inflammatoires, antiseptiques, vasoconstrictrices, cholagogues notamment l'acide gallique et l'acide chlorogénique [55].

III.2. Activités biologiques des composés terpéniques

Des études ont montré que les terpènes naturels et leurs dérivés synthétiques représentent de diverses propriétés pharmacologiques, notamment des activités antioxydantes, antifongiques, anti-inflammatoires, antivirales, anticancéreuses, antibactériennes, antinociceptives, anti arythmiques, antispasmodiques, antiagrégants, anesthésiques locales et antihistaminiques [56].

III.2.1. Terpènes et l'activité antibactérienne

La synergie du limonène avec la gentamicine a montré un effet modulateur sur l'inhibition de *Staphylococcus aureus* à Gram positif, d'*Escherichia coli* à Gram négatif ainsi de plusieurs bactéries résistantes. De plus, une combinaison de limonène et d' ϵ -polylysine démontre un effet synergique additif et utile contre *E. coli*, *S. aureus*, *Bacillus subtilis* et *Saccharomyces cerevisiae*. D'autres études montrent que les isomères du monoterpène terpinéol (α -terpinéol, terpinène-4-ol et δ -terpinéol) contribuent à l'inhibition de plusieurs bactéries Gram-négatives, en particulier *Shigella flexneri*, avec un effet sur la perméabilité membranaire bactérienne entraînant la libération d'acides nucléiques et de protéines ainsi qu'une diminution du potentiel membranaire [57].

III.2.2. Terpènes et l'activité anti-inflammatoire

Plusieurs terpènes et terpénoïdes tels que (+)- α -terpinéol, (-)- β -pinène et (+)- α -pinène ont rapporté des effets réducteurs sur l'expression des gènes associés à l'inflammation (IL-4 et IL-13) et la sécrétion de β -hexosaminidase dans les cellules RBL-2H3 stimulées par le LPS. L'application de ces composés dans le traitement des affections inflammatoires est la base du développement de nouveaux médicaments anti-inflammatoires [58].

III.2.3. Terpènes et l'activité antioxydante

En raison de leur comportement antioxydant, il a été démontré que les terpènes offrent une protection pertinente dans des conditions de stress oxydatif dans différentes maladies, notamment les maladies hépatiques, neurodégénératives et cardiovasculaires, le cancer ainsi que dans les processus de vieillissement [59].

CHAPITRE III : METABOLITES SECONDAIRES ET LEURS ACTIVITES BIOLOGIQUES

Des propriétés antioxydantes ont été trouvées pour le menthol et le γ -terpinène, ces composés empêchent la peroxydation des lipides et des acides gras. Le chamazulène, un dérivé sesquiterpène bicyclique des huiles essentielles de *Matricaria chamomilla*, a pu équilibrer le niveau de ROS sur les cellules endothéliales aortiques bovines-1 (BAEC) qui se trouve augmenté après un traitement des cellules par de hautes teneurs de glucose et H₂O₂. Ainsi, l'acide périllique a montré des propriétés protectrices dans le stress oxydatif radio-induit [57, 60].

ETUDE EXPERIMENTALE

MATERIELS ET METHODES

1. Objectifs de l'étude

Objectifs principaux

- Analyser l'huile essentielle extraite de *Salvia algeriensis* Desf. par une CPG/SM.
- Evaluer l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits de *Salvia algeriensis* Desf.

Objectifs secondaires

- Réaliser une enquête ethnobotanique sur *Salvia algeriensis* Desf.
- Réaliser un criblage/screening phytochimique de *Salvia algeriensis* Desf.

2. Etude ethnobotanique de *Salvia algeriensis* Desf.

2.1. Type de l'étude

Nous avons initié notre partie pratique par une enquête ethnobotanique de type descriptive transversale.

2.2. Matériels

- L'outil de l'enquête est un formulaire divisé en quatre (4) parties incluant 15 variables (**voir annexe I, II**), validé par un pharmacogyste Dr BELIFA Nazim.
- Excel STAT version 2013.

2.3. Méthode

Notre enquête ethnobotanique a été menée auprès de la population algérienne, elle s'est déroulée du 20 octobre 2021 au 30 mars 2022, et la collecte d'informations a été faite par le biais de fiches questionnaires en langue française (**voir annexe I**) et en langue arabe (**voir annexe II**) diffusées en ligne via (Google Form®). Les données ainsi sauvegardées des fiches d'enquêtes ont été transférées dans une base de données et traitées par le logiciel du traitement statistique Excel STAT version 2013.

Nous nous sommes appuyés sur les travaux de **GBEKLEY et al., (2015)**, **ORSOT (2016)**, **SINGH et al., (2012)** et **BERINAME et al. (2018)** pour déterminer La fréquence de citation (*FC*) d'une espèce ; qui correspond au rapport entre le nombre d'enquêtés (*n*) ayant cité l'espèce et le nombre total d'enquêtés (*N*) [61] :

$$FC = \frac{n}{N} \times 100$$

3. Etude phytochimique de *Salvia algeriensis* Desf.

3.1. Matériels

L'étude phytochimique de *Salvia algeriensis* Desf. est une étude expérimentale, elle a été faite au niveau du laboratoire des substances naturelles et bioactives (LASNABIO), laboratoire de catalyse et synthèse en chimie organique (LCSCO), laboratoire de chimie analytique et d'électrochimie et le laboratoire de chimie minérale de la faculté de médecine. Elle a duré 2 mois et demi (du 10 avril 2022 au 22 juin 2022).

3.1.1. Réactifs

- Réactif de Stiasny :

Solution de formol chlorhydrique préparée en dissolvant 40 g de formaldéhyde dans 100 mL d'eau distillée avant d'ajouter un double volume de HCl concentré.

- Réactif de Valser-Mayer :

Solution de mercuri-iodure de potassium préparée en mélangeant 1,36 g de chlorure de mercure avec 5 g d'iodure de potassium, le volume est ramené à 100 mL avec de l'eau distillée.

- Réactif de Dragendorff :

Solution aqueuse d'iodo-bismuthite de potassium préparée en mélangeant V/V de deux solutions A et B :

Solution A : mélanger 1,7 g de nitrate de bismuth avec 20 g d'acide tartrique concentré, le volume est ramené à 100 mL avec de l'eau distillée.

Solution B : 10 g d'iodure de potassium est dissoute dans un volume d'eau distillée (qsp 100 mL).

Le mélange est ensuite additionné de 10 g d'acide tartrique et son volume est ramené à 100 mL avec de l'eau distillée.

- Chlorure ferrique (FeCl_3)
- Acide chlorhydrique (HCl).
- Hydroxyde de sodium (NaOH).
- Ammoniaque (NH_4OH).
- Acide sulfurique (H_2SO_4).
- Anhydride acétique ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$).Acide acétique (CH_3COOH).
- Acide picrique 1% ($\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_7$).

MATERIELS ET METHODES

- Acide phosphorique (H_3PO_4).
- Ether diéthylique ($(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$).
- Acétone ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$).
- 2,2-diphényl 1-picrylhydrazyle (DPPH).
- Acide trichloroacétique ($\text{C}_2\text{HCl}_3\text{O}_2$).
- Ferrocyanure de potassium ($\text{K}_3 [\text{Fe}(\text{CN})_6]$).
- Ethanol 95% ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$).
- Méthanol (CH_3OH).
- Chloroforme (CHCl_3).
- Acétate d'éthyle ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$).
- n-butanol ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$).
- Rognures de magnésium.

3.1.2. Matériel végétal

La présente étude s'est portée sur les parties aériennes de l'espèce *Salvia algeriensis* Desf. (Sauge algérienne) poussant à l'état spontané au Nord-Ouest de l'Algérie.



Figure 16 : Photo de l'espèce *Salvia algeriensis* Desf. prise le jour de la cueillette (photo originale).

3.1.2.1. Identification botanique de l'espèce étudiée

L'identité botanique de cette plante a été confirmée non seulement en se référant à la nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales de Quézel & Santa, 1962 mais aussi par un botaniste spécialiste des mauvaises herbes et illustrateur de plantes, professeur KAZI TANI choukry et un chercheur spécialiste en agronomie docteur MEROUANE Abdelaziz.

3.1.2.2. Zone de cueillette

L'espèce a été cueillie à 7,1 Km de la commune de Bouzghaia, située à 30 km au Nord de la wilaya de Chlef sur la route de Ténès (figure 17).

Tableau V: Cordonnés GPS du site de collecte de l'espèce *Salvia algeriensis* Desf.

Plante collectée	Altitude (m)	Latitude (Nord)	Longitude (Est)
<i>Salvia algeriensis</i> Desf.	264	36°17'52.6"	1°14'54.8"



Figure 17 : Situation géographique de la zone de cueillette [62].

3.1.2.3. Période de cueillette

La cueillette des parties aériennes de la plante a été effectuée en pleine floraison, le 8 avril 2022, en début de matinée afin que le matériel végétal soit le plus frais possible, tout en respectant les normes recommandées de cueillette [63].

3.1.3. Matériel biologique

- Souches bactériennes

L'activité antibactérienne de l'HE de *Salvia algeriensis* Desf. a été évaluée sur trois souches bactériennes présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI: Présentation des souches bactériennes testées.

Souche bactérienne	Caractère bactériologique	Famille	Référence
<i>Escherichia coli</i>	Bacille Gram négatif	Enterobacteriaceae	ATCC 25922
<i>Staphylococcus aureus</i>	Cocci Gram positif	Staphylococcaceae	ATCC 25923
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Bacille Gram négatif	Pseudomonadaceae	ATCC 27853

- Milieux de culture

Les milieux de culture utilisés ont pour provenance le laboratoire de microbiologie du CHU de Tlemcen. La culture des bactéries a nécessité l'utilisation de deux géloses : une gélose nutritive pour le repiquage et une gélose de Mueller Hinton.

3.1.4. Matériel du laboratoire

- Appareillage :
 - Balance analytique OHAUS PIONEER.
 - Four de calcination tubulaire Carbolite 12/75/700 1200°C.
 - Etuve Gallenkamp incubator size 2, model no.IH-100.
 - CPG-SM type Bruker SCION SQ 436-GC/MS.
 - Hydro distillateur type Clevenger.
 - Evaporateur rotatif HEIDOLF LABOROTA 4000.
 - Spectrophotomètre Biotech engineering management Co.Ltd. (UK) model Vis-7220G.
 - Bain marie Memmert GmbH Co.KG.
 - Centrifugeuse Sigma 1-6.

- Vortex type IKA Vibrofix VF1.
- Densitomètre type DENSIMAT.
- Bec bunsen.
- Agitateur magnétique.
- Plaque chauffante.
- Lampe à rayons ultraviolets.
- Micropipettes.

- Verrerie :

Erlenmeyers, béchers, fioles jaugées, tubes à essai, verres de montre, ampoule à décanté, spatules, éprouvettes, cuves, flacons ombrés, pipettes, pipettes Pasteur, ballons à fond rond, entonnoirs, capsules en porcelaine, tube à vis, tubes Eppendorf.

2.2. Méthodes

2.2.1. Préparation des échantillons

Les parties aériennes (feuilles, fleurs, tiges) ont été sélectionnées et nettoyées, une partie a été utilisée à l'état frais et une autre partie a été séchée dans des conditions précieuses, à l'abri de la lumière, de l'humidité et à température ambiante pendant une semaine, et conservées dans des sacs en papier kraft.

2.2.2. Analyse physico-chimique de l'espèce *Salvia algeriensis* Desf.

- Teneur en eau (taux d'humidité)

Une dessiccation des parties aériennes fraîches fractionnées de *Salvia algeriensis* Desf. a été réalisée dans une étuve à 100 °C, sous pression atmosphérique, pendant 2 heures, jusqu'à obtention d'une masse pratiquement constante [64].

MATERIELS ET METHODES

Le taux de l'humidité est calculé par la formule suivante :

$$H(\%) = \frac{M_1 - M_2}{P} \times 100$$

H : Teneur en eau ou taux d'humidité.

M₁ : Masse en g de la capsule avec l'échantillon avant dessiccation.

M₂ : Masse en g de la capsule avec l'échantillon après dessiccation.

P : Masse en g de la prise d'essai.

- Teneur en cendre (Ca, Mg, K, Na et P)

Les cendres ont été déterminées selon la méthode **A.O.A.C, (1990)**, une quantité du matériel végétal frais a été mise dans un creuset à porcelaine préalablement taré, l'ensemble est placé dans un four de calcination à 100°C pendant 20 minutes puis à 600°C pendant 90 min. L'ensemble n'est retiré du four que lorsque la couleur des résidus devienne blanche grisâtre, il est refroidi puis pesé [64].

Le taux de cendre est déterminé par la formule suivante :

$$MO(\%) = \frac{M_1 - M_2}{P} \times 100$$

MO : Taux de la matière organique en pourcentage.

M₁ : Masse en g du creuset avec la matière sèche avant l'incinération.

M₂ : Masse en g du creuset avec les cendres.

P : Masse en g de la prise d'essai.

La teneur en cendre C(%) est déterminée comme suit :

$$C(\%) = 100 - MO(\%)$$

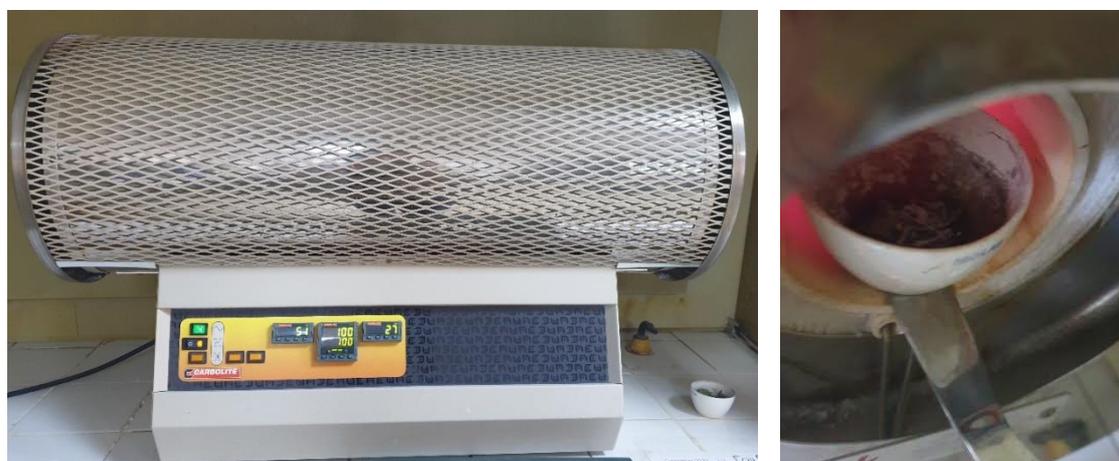


Figure 18 : Four de calcination tubulaire Carbolite 12/75/700 1200°C (photo originale).

2.2.3. Screening/criblage phytochimique de *Salvia algeriensis* Desf.

Des tests préliminaires de screening phytochimique ont été réalisés sur des extraits de *Salvia algeriensis* Desf. selon les techniques décrites dans les travaux de (Dali-yahia M.K., Helali A. 2019) pour révéler la présence de différentes familles chimiques, en se basant soit sur la formation de complexes insolubles en utilisant des réactions de précipitation, soit sur la formation de complexes colorés, en utilisant des réactions de coloration [65].

• Préparation des extraits

Des poudres préalablement préparées à partir des parties aériennes de la plante ont servis à préparer trois extraits de polarité décroissante : aqueux, méthanolique et chloroformique. En utilisant des solvants sélectifs au moyen des procédures standards :

- Extrait aqueux : 5 g de poudre végétale a été introduite dans 100 mL d'eau bouillante.
- Extrait méthanolique : 5 g de poudre végétale a été introduite dans 100 mL de méthanol.
- Extrait chloroformique : 5 g de poudre végétale a été introduite dans 100 mL de chloroforme.

Les trois extraits ont été conservés à l'abri de l'air et de la lumière, dans des erlenmeyer bien couverts d'un para film, pendant 72 heures.

• Protocole de screening/criblage phytochimique

- Caractérisation des polyphénols (réaction au FeCl_3)

A 1 mL de chaque extrait ajouter quelques gouttes d'une solution de FeCl_3 à 2%. L'apparition d'une coloration ou la formation d'un précipité noirâtre intense fut le signe de la présence de polyphénols [65].

- Caractérisation des flavonoïdes (réaction de Shinoda)

Appelée aussi réaction à la cyanidine : 5 mL de chaque extrait est transvasé dans une capsule et évaporé à sec. Le résidu sec est alors repris par environ 5 mL d'eau distillée chaude. A l'extrait aqueux ainsi obtenu, ajouter 3 mL d'un mélange d'acétate d'éthyl-butanol (3V-2V), agiter, laisser décanter puis prélever la phase organique dans un autre tube. Ajouter 1 mL d'acide chlorhydrique (12N) et 1 à 2 rognures de magnésium [65].

- ➔ Une coloration rouge cerise indique la présence de flavonol.
- ➔ Une coloration orange indique la présence de flavone.
- ➔ Une coloration rouge violacée indique la présence de flavanone.

- **Caractérisation des tanins**

Réaction en milieu alcalin (réaction acide/base)

Ajouter à une petite quantité de poudre végétale, 2 mL d'acide chlorhydrique, filtrer puis ajouter 2 mL de NaOH 12N.

→ Une coloration jaune après l'ajout d'alcalin indique la présence des tanins.

Réaction de Stiasny

A 1 mL de chaque extrait, ajouter 15 mL de réactif de Stiasny (1V formol+ 2V HCl), couvrir de papier aluminium, puis chauffer au bain marie pendant 30 minutes.

→ Si aucun précipité n'apparaît, alors que la coloration au FeCl_3 est positive, la drogue ne renferme que des tanins galliques.

→ Dans le cas d'apparition d'un précipité blanc jaunâtre, la drogue renferme des tanins condensés. Dans ce cas, on confirme, dans un second temps, la présence concomitante ou non de tanins galliques ; pour ce faire, filtrer et saturer le filtrat avec 10 mL d'une solution d'acétate de sodium pulvérisée puis ajouter quelques gouttes de solution de FeCl_3 à 10%. Une coloration bleu-noirâtre indique la présence des tanins galliques non précipités par le réactif de Stiasny [65].

- **Caractérisation des coumarines (réaction de fluorescence)**

Evaporer 5 mL de chaque extrait dans une capsule et à l'air libre. Ajouter au résidu 2 mL d'eau chaude, après refroidissement, partager la solution entre deux tubes à essais [65] :

Tube (1) : Témoin

Tube (2) : Ajouter 0,5 mL d'ammoniaque à 25%. Mélanger et observer la fluorescence sous lumière UV à 365 nm.

→ Une fluorescence intense dans le tube (2) indique la présence de coumarines.

MATERIELS ET METHODES

- Caractérisation des alcaloïdes (réaction de précipitation avec les réactifs généraux des alcaloïdes)

Dans un erlenmeyer de 25 mL, agiter 1 g de poudre avec 15 mL d'une solution d'acide sulfurique à 0,1% pendant 5 minutes, puis filtrer directement dans une ampoule à décanter de 50 mL.

Répartir 3 à 4 mL du filtrat dans 2 tubes à essai :

Tube (1) : ajouter 2-3 gouttes de réactif de Valser-Mayer (solution de mercuri-iodure de potassium).

Tube (2) : ajouter 2-3 gouttes de réactif de Dragendorff (solution iodo-bismuthite de potassium).

Les précipités obtenus, donnent une idée de la teneur de la drogue en alcaloïdes (Tableau VII) [65].

Tableau VII : Mise en évidence des alcaloïdes par la réaction aux réactifs généraux des alcaloïdes.

	Réaction positive +	Réaction négative -
Tube (1)	Précipité blanc jaunâtre	Pas de précipitation
Tube (2)	Précipité orangé	Pas de précipitation

- Caractérisation des saponosides (indice de mousse)

Préparer à partir de la poudre un décocté en milieu aqueux à 1% ensuite une série de dilution. Agiter chaque tube pendant 15 secondes et laisser reposer pendant 15 minutes [65].

On calcule l'indice de mousse à partir du tube qui présente une hauteur de mousse égale à 1 cm. L'indice de mousse (I) est calculé par la formule suivante :

$$I = 1000 / N$$

N est le numéro du tube où la hauteur de mousse est égale à 1 cm.

MATERIELS ET METHODES

- **Caractérisation des triterpènes et stérols (réaction de Liebermann-Burchard)**

Evaporer 5 mL de chacun des trois extraits sur une plaque chauffante. Le résidu est dissout à chaud dans 1 mL d'anhydride acétique, ajouter 0,5 mL d'acide sulfurique concentré au triturât.

→ L'apparition, à l'interphase, d'un anneau pourpre ou violet, virant au bleu puis au vert olive, indique une réaction positive.

- **Caractérisation des cardénolides**

Réaction de Keller-Kiliani

Ajouter au résidu sec de chaque extrait 2 mL d'acide acétique, quelques gouttes de FeCl_3 , laisser couler 2 mL d'acide sulfurique sur la paroi du tube tout en inclinant le tube.

→ L'apparition d'un noyau rouge pourpre entre les deux phases et une coloration verdâtre de la phase acétique indique la présence des 2,6-didésoxyhexoses de la partie osidique des cardénolides.

Réaction de Baljet

Ajouter au résidu sec de chaque extrait quelques gouttes de l'acide picrique (1%), en milieu alcalin (NaOH), une coloration orange fugace se développe, indiquant la présence des cardénolides.

Réaction de Pesez

Ajouter au résidu sec 2 mL d'acide phosphorique, l'apparition d'une fluorescence bleue claire indique la présence des cardénolides.

2.2.4. Extraction et analyse de l'HE de *Salvia algeriensis* Desf.

2.2.4.1. Extraction de l'HE par hydrodistillation

Nous avons eu recours aux techniques classiques d'extraction des huiles essentielles, en se servant d'un dispositif d'extraction par hydrodistillation type Clevenger. Avant de procéder à l'extraction, les parties aériennes (tiges, feuilles, fleurs) de *Salvia algeriensis* Desf. sont débarrassées des impuretés, séchées puis coupées en petits morceaux. Nous avons introduit 300 g de matière végétale dans un ballon préalablement rempli d'une quantité suffisante d'eau distillée de façon à éviter le débordement lors de l'ébullition. Le montage doit être bien fermé pour éviter toute fuite de vapeur, et la température est maintenue stable à l'aide d'un thermostat.

Après 3 heures, et à la sortie du réfrigérant, l'HE se sépare de l'eau par différence de densité, cette HE est récupérée par l'éther diéthylique, qui sera par la suite évaporé.



Figure 19 : Dispositif d'hydrodistillation type Clevenger (photo originale).

- Conservation de l'HE extraite

L'instabilité relative des HE rend leur conservation délicate. Nous avons conservé l'huile essentielle extraite dans des flacons opaques bien scellés à basse température (4 °C - 8°C).

- Rendement en huile essentielle

Le rendement en huile essentielle (RHE), a été estimé en utilisant la formule suivante [17] :

$$RHE (\%) = \left(\frac{M'}{MS} \right) \times 100$$

RHE : Rendement en huile essentielle en %.

M' : Masse de l'huile essentielle extraite en g.

Ms : Masse de la matière végétale utilisée en g.

2.2.4.2. Caractérisation organoleptique de l'HE

L'analyse des caractères organoleptiques de l'huile essentielle extraite notamment, la couleur, l'odeur, l'aspect physique à différentes températures, constitue une étape initiale de l'évaluation de sa qualité. Les trois paramètres ont été appréciés par nous-même et par notre enseignant encadrant.

2.2.4.3. Caractérisation physique de l'HE

La détermination des propriétés physiques de l'HE extraite a été réalisée conformément aux normes **A.F.N.O.R (1989)**.

- La densité relative

Nous avons d'abord déterminé la masse volumique de l'HE (densité absolue) selon la norme **NF T 75-111, 1982/ISO 279-1998** [66], c'est le rapport de la masse d'un certain volume de cette HE à 20 °C, à ce même volume. Par la suite nous avons calculé sa densité relative par rapport à la masse volumique de l'eau pure à 4°C.

$$d = \frac{\rho_{HE}}{\rho_{eau}}$$

ρ : Masse volumique de l'HE.

ρ : Masse volumique de l'eau.

d : Densité relative.

- L'indice de réfraction

L'indice de réfraction d'une huile essentielle est le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée, passant de l'air dans l'HE maintenue à une température constante. Les indices ont été déterminés selon la norme **NF T 75-112, 1977/ISO 280-1976**, grâce à un réfractomètre.

2.2.4.4. Caractérisation de la composition chimique de l'HE par CPG/SM

L'analyse chromatographique a été réalisée sur un chromatographe en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse. La colonne utilisée est une Agilent 122-5522 (5% phényl-diméthylpolysiloxane), 25 mètres de longueur, 0,25 mm de diamètre interne, l'épaisseur de film est de 0,25 μm . L'injection a été effectuée en mode split (1/100). L'hélium a été employé comme gaz vecteur d'un débit de 0.8 mL/min. Les températures de l'injecteur et de la ligne de transfert ont été portées à 280°C. La température initiale a été maintenue à 50°C pendant 15 min, puis augmentée de 2°C par minute pour atteindre 250°C et elle est maintenue à cette température pendant 10 min. le volume injecté a été de 2 μl .

L'analyse a été réalisée en mode ionisation par impact électronique (EI) avec une énergie de 70 eV en utilisant l'acquisition en mode Scan (de 35 m/z jusqu'à 600 m/z).

L'identification des constituants est basée sur la comparaison des indices de rétentions des composés obtenus avec les indices de rétentions théoriques obtenus de la librairie NIST.

En se basant sur la série d'alcane relative analysée dans les mêmes conditions chromatographiques que l'HE, l'indice de rétention est calculé pour une CPG à température contrôlée selon la formule donnée par VAN DEN DOOL et KRATZ [17] :

$$IR = 100 \times n + \left[\frac{TR(x) - TR(n)}{TR(N) - TR(n)} \right]$$

IR : Indice de rétention de KOVATS.

TR(x) : Temps de rétention du composé.

TR(n) : Temps de rétention de l'alcane classé avant le composé.

TR(N) : Temps de rétention de l'alcane classé après le composé.



Figure 20 : Chromatographie phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (photo originale).

2.2.5. Evaluation des activités biologiques de *Salvia algeriensis* Desf.

2.2.5.1. Evaluation de l'activité antioxydante de l'extrait éthanolique et de l'HE de *Salvia algeriensis* Desf.

- Préparation de l'extrait éthanolique

Une quantité de 10 g de poudre des parties aériennes de *Salvia algeriensis* Desf. a été mise à macérer dans 100 mL d'éthanol pendant 24 heures. Après filtration, l'extrait éthanolique recueilli a été évaporé à sec sous pression réduite à 50°C pendant 30 minutes dans un rotavapor et le résidu sec est récupéré.



Figure 21 : Evaporateur rotatif HEIDOLF LABOROTA 4000 (photo originale).

- Calcul au rendement

Le pourcentage en extrait brut sec a été calculé par la formule suivante :

$$R (\%) = \frac{M}{M_0} \times 100$$

R : Rendement exprimé en pourcentage.

M : Masse en gramme de l'extrait sec obtenu.

M₀ : Masse en gramme du matériel végétal utilisé.

2.2.5.1.1. Test de la réduction du fer (FRAP)

- **Principe**

Cette méthode est basée sur la réaction chimique de réduction des ions ferriques Fe^{3+} de couleur jaune présents dans le complexe de ferricyanure de potassium $K_3 [Fe(CN)_6]$ en ion ferreux Fe^{2+} de couleur bleu-vert. Une augmentation de l'absorbance à 700 nm correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés [67].

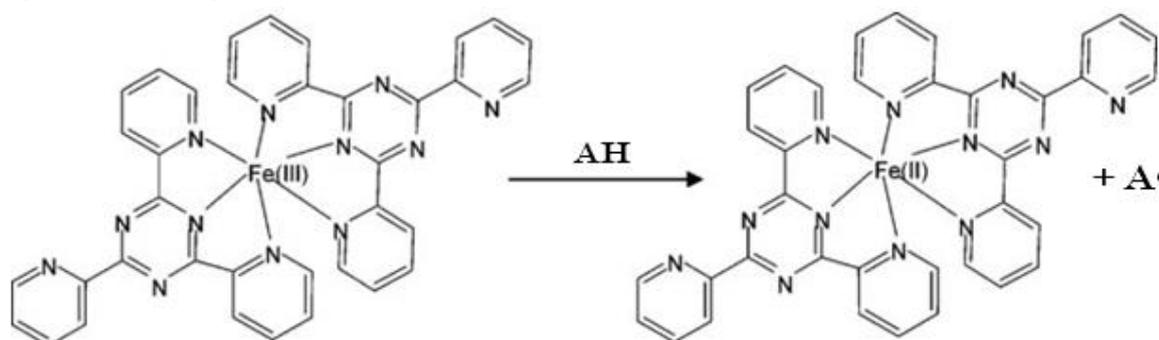


Figure 22 : Mécanisme réactionnel du test FRAP.

- **Mode opératoire**

Le pouvoir réducteur du fer (Fe^{3+}) dans les extraits est déterminé selon la méthode décrite par **OYAIZU, (1986)** [68].

- **FRAP sur l'extrait éthanolique**

0,5 mL de l'extrait éthanolique préparé à différentes concentrations (tableau VIII) est mélangé avec 0,5 mL d'une solution tampon phosphate 0,2 M (pH 6,6) et 0,5 mL d'une solution de ferricyanure de potassium $K_3Fe(CN)_6$ à 1%.

Tableau VIII : Dilutions de l'extrait éthanolique (test de FRAP).

N° de tube	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Concentration (µg/mL)	2500	1250	625	312,5	156,25	78,125	39,062	19,531	9,765	4,883	2,441	1,22

L'ensemble est incubé au bain-marie à 50°C pendant 30 min. Ensuite, 0,5 mL d'acide trichloroacétique à 10% est ajouté pour stopper la réaction et les tubes sont centrifugés à 3000 rpm pendant 10 min. 0,5 mL du surnageant est combiné avec 1 mL d'eau distillée et 0,1 mL d'une solution aqueuse de $FeCl_3$ à 0,1%.

MATERIELS ET METHODES

La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel se fait à 700 nm contre un blanc semblablement préparé, en remplaçant l'extrait par de l'eau distillée qui permet de calibrer l'appareil (UV-VIS spectrophotomètre). Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés [69].

- FRAP sur l'huile essentielle

Ajouter 0,5 mL d'une solution tampon phosphate 0,2 M (pH 6,6) et 0,5 mL d'une solution de $K_3Fe(CN)_6$ à 1% à 100 μ l de la solution méthanolique de l'huile essentielle à différentes concentrations (tableau IX) :

Tableau IX : Dilutions de l'huile essentielle (test de FRAP).

N° de tube	1	2	3	4	5	6
Concentration (μ g/mL)	404,5	202,25	101,125	50,5625	25,2825	12,640625

Incuber les solutions au bain-marie à 50°C pendant 30 min, puis ajouter 0,5 mL d'acide trichloroacétique (10%), les tubes sont centrifugés à 3000 rpm pendant 10 min. prélever 0,5 mL du surnageant, y ajouter 1 mL d'eau distillée et 0,1 mL d'une solution aqueuse de $FeCl_3$ à 0,1%. L'absorbance est lue à 700 nm contre un blanc (eau distillée) [69].

- FRAP sur l'acide ascorbique

Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard ; l'acide ascorbique préparé à différentes dilutions (tableau X) dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons.

Tableau X: Dilutions de l'acide ascorbique (test de FRAP).

N° de tube	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Concentration (μ g/mL)	1000	500	250	125	62,5	31,25	15,625	7,8125	3,90625	1,9531

2.2.5.1.2. Piégeage du radical, 2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) par spectrométrie

- **Principe**

Le DPPH produit des radicaux azotés organiques libres stables (DPPH•) donnant lieu à une coloration violette foncée de la solution. La présence d'agents antioxydants entraîne la réduction de ces radicaux en diphénylpicrylhydrazine et de ce fait la décoloration de la solution en jaune. Ce changement de couleur peut être suivi par spectrophotométrie à 517 nm et de cette façon le potentiel antioxydant d'une substance ou un extrait de plante peut être facilement évalué. Tenant compte de la solubilité du DPPH dans les milieux organiques, cette méthode est plus adaptée pour les dosages qui se déroulent en milieu alcoolique (méthanol et éthanol) [70].

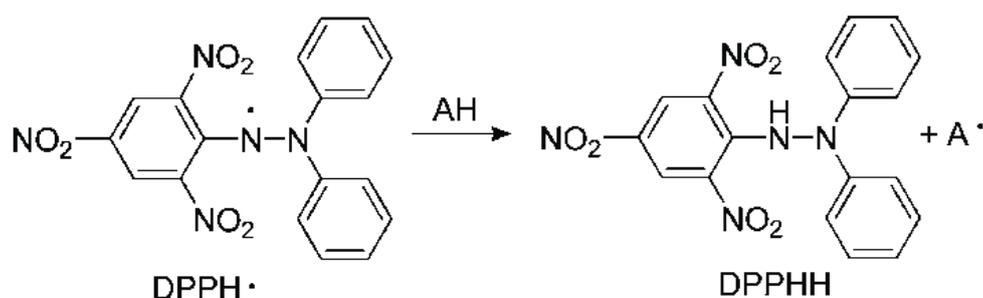


Figure 23 : Mécanisme de réduction de DPPH par un antioxydant [71].

- **Mode opératoire**

Nous avons évalué ce test selon le protocole décrit par **MOLYNEUX, (2003)**, légèrement modifié.

- **DPPH sur l'extrait éthanolique**

1^{ère} étape : Une solution éthanolique de DPPH a été préparée en dissolvant 4 mg de ce produit dans 100 mL d'éthanol, sous agitation. La solution est conservée à l'abri de la lumière et à température 4°C.

MATERIELS ET METHODES

2^{ème} étape : Une série de 10 dilutions est préparée à partir d'une solution mère d'extrait éthanolique à 2500 µg/mL. Ajouter 1 mL de la solution éthanolique du DPPH préalablement préparée à 1 mL de chaque solution éthanolique des extraits à différentes concentrations (tableau XI) :

Tableau XI: Dilutions de l'extrait éthanolique (test de DPPH).

N° de tube	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Concentration (µg/mL)	2500	1250	625	312,5	156,25	78,125	39,062	19,531	9,765	4,882

Parallèlement, un contrôle est préparé en mélangeant 1 mL d'éthanol avec 1 mL de la solution éthanolique de DPPH.

Après 30 minutes d'incubation à l'obscurité, l'absorbance est lue à 517 nm contre un blanc (éthanol), et l'activité antioxydante liée à l'effet de piégeage du radical DPPH[·] est exprimée en pourcentage d'inhibition (PI) à l'aide de la formule suivante [72] :

$$PI(\%) = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100$$

A₀ : absorbance du DPPH dans l'éthanol.

A₁ : absorbance de l'échantillon.

- DPPH sur l'huile essentielle

A 50 µl de chacune des solutions éthanoliques des HE testées à différentes concentrations (tableau XII) est ajouté 950 µl d'une solution éthanolique de DPPH préalablement préparée à 0,004% [72].

Tableau XII: Dilutions de l'huile essentielle (test de DPPH).

N° de tube	1	2	3	4	5	6
Concentration (µg/mL)	809	404,5	202,25	101,125	50,5625	25,28125

La solution contrôle a été préparée à base de 50 µl d'éthanol et 950 µl de DPPH.

La lecture de l'absorbance a été faite au bout de 30 minutes d'incubation à l'abri de la lumière et à température ambiante au spectrophotomètre à 517 nm en utilisant l'éthanol comme blanc, et le pourcentage d'inhibition (PI%) est calculé [72].

- DPPH sur l'acide ascorbique

L'acide ascorbique utilisé comme antioxydant de référence a été préparé dans les mêmes conditions, à différentes concentrations présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau XIII: Dilutions de l'acide ascorbique (test de DPPH).

N° de tube	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Concentration ($\mu\text{g/mL}$)	1000	500	250	125	62,5	31,25	15,625	7,8125	3,90625	1,9531

Les concentrations des deux extraits et de l'acide ascorbique en fonction des pourcentages du DPPH inhibés, ont été tracées à la fin de la réaction afin d'obtenir l'index IC50. Ce paramètre est défini comme la concentration d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du DPPH initiale de 50% [73].

2.2.5.2. Evaluation de l'activité antibactérienne de l'HE de *Salvia algeriensis* Desf.

L'activité antibactérienne de l'HE étudiée a été appréciée par la méthode de diffusion sur milieu gélosé en utilisant des disques stériles imprégnés de l'huile essentielle, également appelée « aromatogramme ».

Quel que soit la méthode considérée, quelques paramètres communs sont généralement retrouvés, notamment [74] ;

- **Inoculum bactérien** ; dans notre cas, nous avons repiqué les espèces cibles dans une gélose nutritive (37°C pendant 24 heures), 3 à 5 colonies bien isolées sont déposées dans un volume d'eau physiologique stérile, le mélange est agité au vortex. Ajuster la turbidité à 0,5 McFarland.
- **Milieu de culture** ; d'après les dernières recommandations **CA-SFM/EUCAST 2014**, il est préconisé d'utiliser le milieu Mueller-Hinton II (MHB II). Cette gélose est coulée sur des boîtes de Pétri (environ 4 mm d'épaisseur) et séchée pendant 30 min à température ambiante avant emploi.
- **Origine des souches bactériennes** ; il est nécessaire d'assurer la pureté des souches, dans notre cas elles ont été issues de la collection ATCC (American type culture collection).
- **Température et temps d'incubation** ; 35°C \pm 2°C pendant 18 à 24 heures.

- **Principe de l'aromatogramme (méthode des disques)**

Une méthode de mesure *in vitro* de l'effet antibactérien d'un extrait de plante. Elle consiste à déposer un disque stérile en papier Whatman imprégné de l'HE à tester, à la surface d'une gélose ensemencée par des micro-organismes connus, pour essayer de vérifier leur sensibilité ou leur résistance vis-à-vis de ces principes naturels.

- **Mode opératoire**

Une série de dilution de l'huile essentielle est préparée à différentes concentrations par un émulsifiant DMSO (diméthylsulfoxyde) dont l'activité antibactérienne est rapportée nulle.

L'inoculum bactérien préalablement ajusté à 0,5 McFarland est frotté sur la totalité de la surface de Muller Hinton à l'aide d'un écouvillon de haut en bas en stries serrées.

Des disques de papier Whatman N° 4 de 6 mm de diamètre sont stérilisés dans un bocal à l'autoclave à 121 °C pendant 2 heures. Ensuite, à l'aide d'une pince stérile, les disques imprégnés de 10 µl de l'huile essentielle à différentes concentrations ont été déposés à la surface des boîtes de Pétri, et le DMSO est utilisé comme témoin négatif. Les boîtes sont ensuite fermées et mise à l'étuve à une température de 37°C pendant 24 heures.

La lecture se fait par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque disque, en mm. Les résultats sont exprimés par le diamètre de la zone d'inhibition et peuvent être symbolisé par des signes d'après la sensibilité des souches vis-à-vis de l'huile essentielle (tableau XIV) [75].

Tableau XIV: Sensibilité des souches microbiennes en fonction des zones d'inhibition.

Sensibilité	Zone d'inhibition
Non sensible ou résistante (-)	Diamètre < 8 mm
Sensible (+)	Diamètre compris entre 9 à 14 mm
Très sensible (++)	Diamètre compris entre 15 à 19 mm
Extrêmement sensible (+++)	Diamètre > 20 mm

RESULTATS

1. Résultats de l'enquête ethnobotanique sur *Salvia algeriensis* Desf.

L'étude a porté sur un total de 313 enquêtés et les résultats obtenus ont été traités statistiquement par des diagrammes circulaires et en bâtons.

1.1. Description de la population étudiée

- Répartition de la population étudiée selon le sexe

L'enquête ethnobotanique réalisée a permis d'interroger 210 femmes, soit 67,09% et 103 hommes, soit 32,9% avec un *sex ratio* (homme/femme) de 0,49 (figure 24).

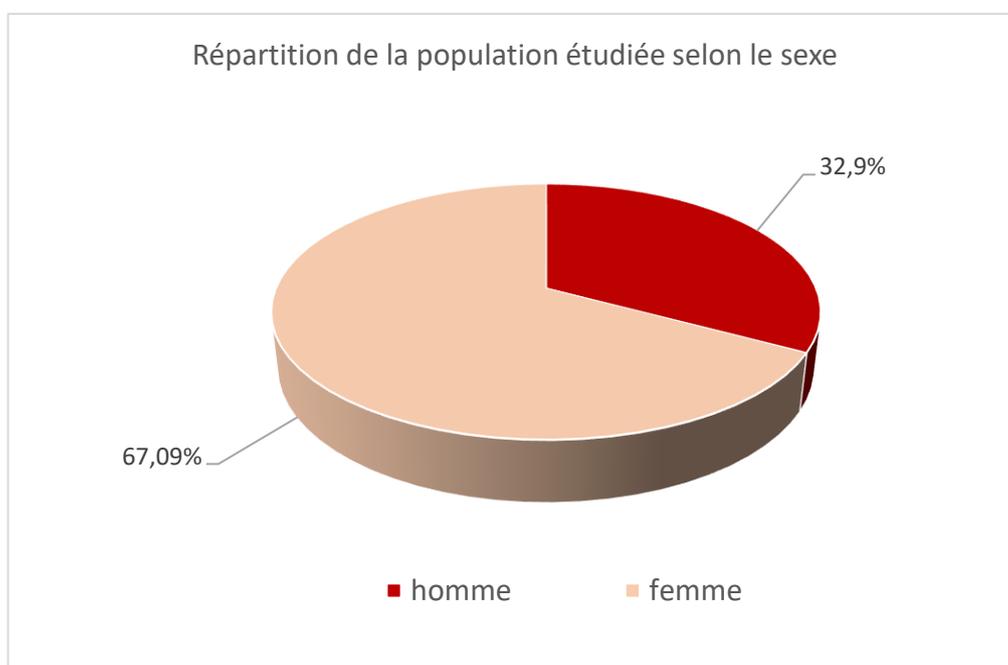


Figure 24 : Répartition de la population étudiée selon le sexe.

RESULTATS

- Répartition de la population étudiée selon l'âge

L'enquête a concerné les personnes âgées de 18 ans à plus 40 ans. 54 personnes avaient un âge supérieur à 18 ans soit 17,25%, la tranche d'âge de 20-30 ans était la plus représentative avec un total de 221 personnes soit 70,6%, la tranche d'âge 31-40 ans avec un taux de l'ordre de 6,7% et 17 personnes avaient plus de 40 ans soit 5,43% de l'ensemble de la population étudiée (figure 25).

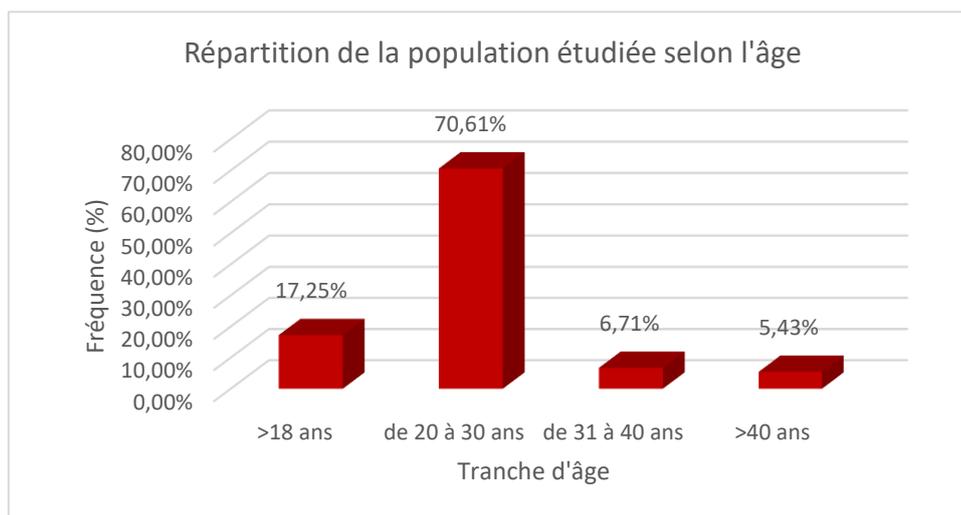


Figure 25 : Profil de la population étudiée en fonction de la tranche d'âge.

- Répartition wilayale de la population étudiée

L'enquête a touché les quatre régions d'Algérie (Est, Ouest, Nord, Sud) ; Tlemcen (53,04%), Chlef (13,74%), Alger (8,31%), Oran (6,39%), Aïn Témouchent (3,51%), Boumerdès (2,88%), Béchar (0,96%), Mostaganem (0,64%), Relizane (0,64%), Tiaret (0,64%), Saïda (0,64%), Béjaïa (0,64%), Annaba (0,32%), Jijel (0,32%), Timimoune (0,32%) et 22 autres wilayas (figure 26).

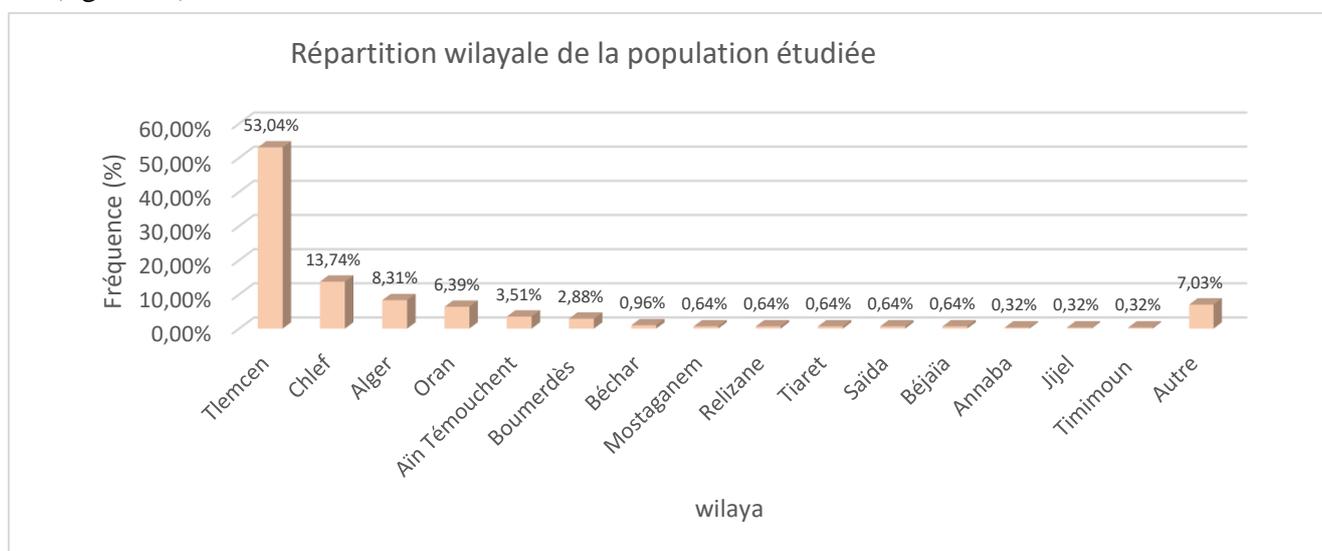


Figure 26 : Répartition wilayale de la population étudiée.

RESULTATS

- Niveau d'instruction de la population étudiée

Concernant le niveau d'instruction, la majorité de la population avait un niveau universitaire, soit 296 personnes (95,17%) et seulement 17 personnes avaient un niveau secondaire (5,43%) (figure 27).

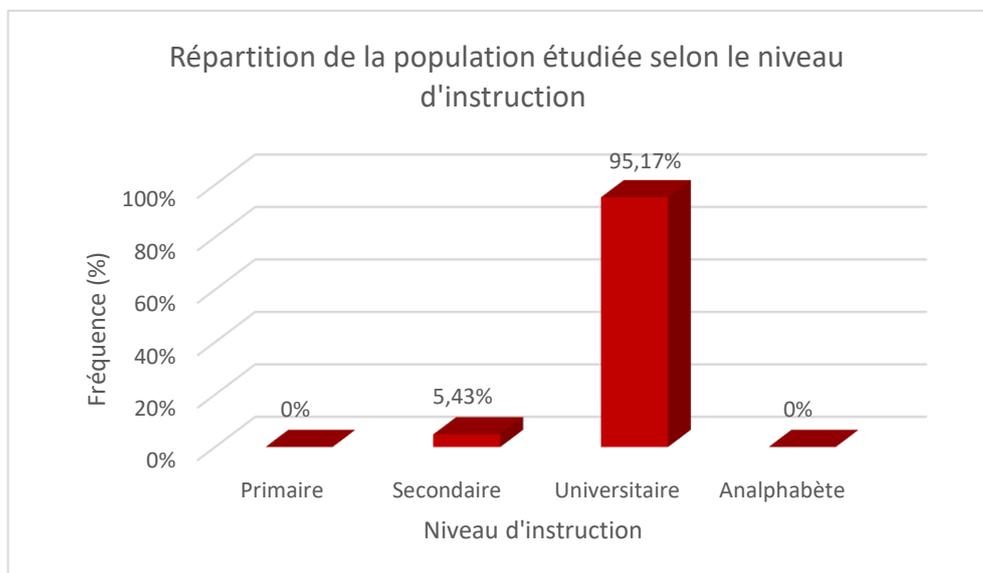


Figure 27 : Répartition de la population étudiée selon le niveau d'instruction.

- Catégorie socio-professionnelle de la population étudiée

Pour avoir une idée sur le niveau socio-professionnel des enquêtés, nous avons classé les réponses collectées en cinq catégories illustrées par le graphique ci-dessous :

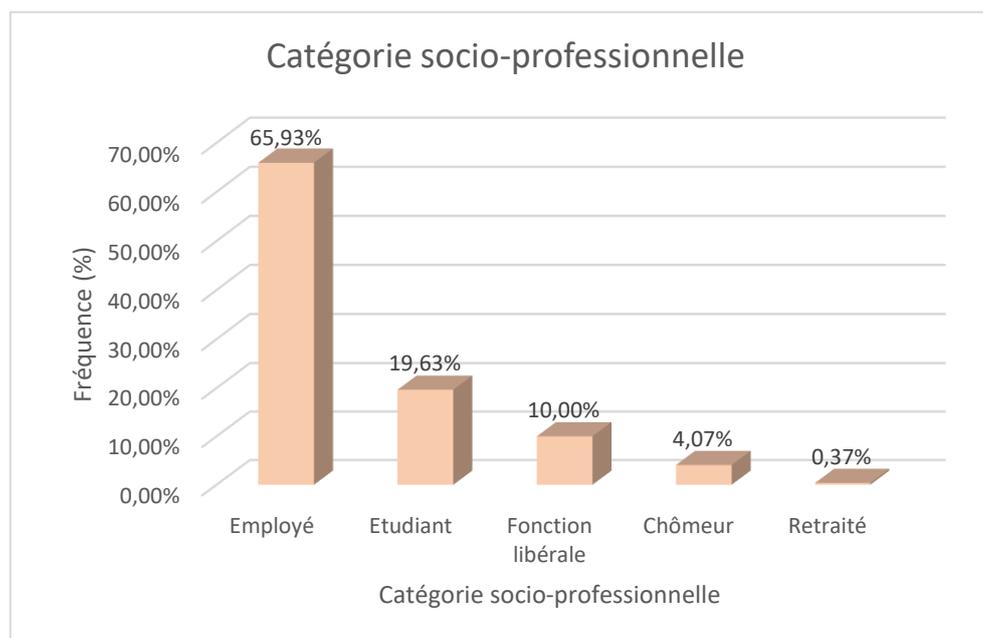


Figure 28 : Répartition de la population étudiée selon leur catégorie socio-professionnelle.

1.2. Connaissance en médecine traditionnelle

- Usage des plantes médicinales par la population étudiée

Le résultat obtenu révèle que la majorité des personnes enquêtées ont recours à la médecine traditionnelle, avec un taux de l'ordre de 80,19% (figure 29).

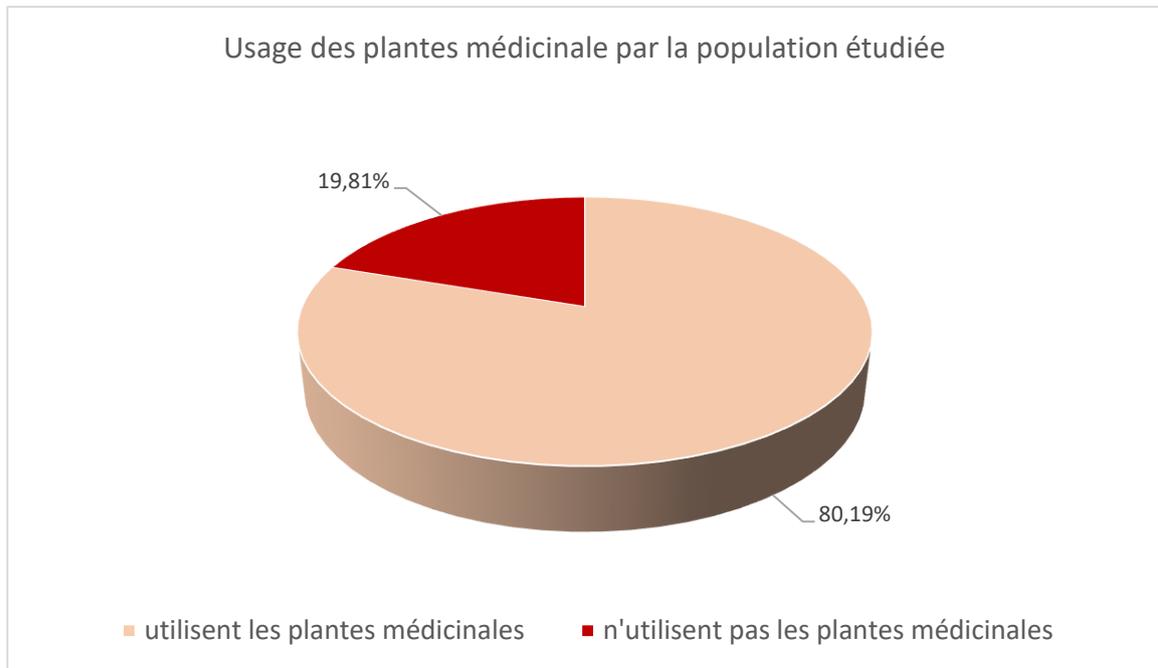


Figure 29 : Usage des plantes médicinales par la population étudiée.

RESULTATS

- Les plantes médicinales les plus utilisées par la population étudiée

Une large gamme de plantes médicinales a été enregistrée, confirmant ainsi la diversité des plantes médicinales utilisées en Algérie. Parmi les 604 citations, 58 plantes médicinales ont été répertoriées et classées en fréquence de citations. Nous citons : verveine (27,79%), thym (23,96%), menthe (19,16%), lavande (11,18%), sauge (9,26%), camomille (9,26%), gingembre (8,62%), romarin (8,30%), origan (8,30%), armoise (7,98%), giroflier (7,02%) (figure 30) et 47 autres plantes (voir annexe III) (figure 30).

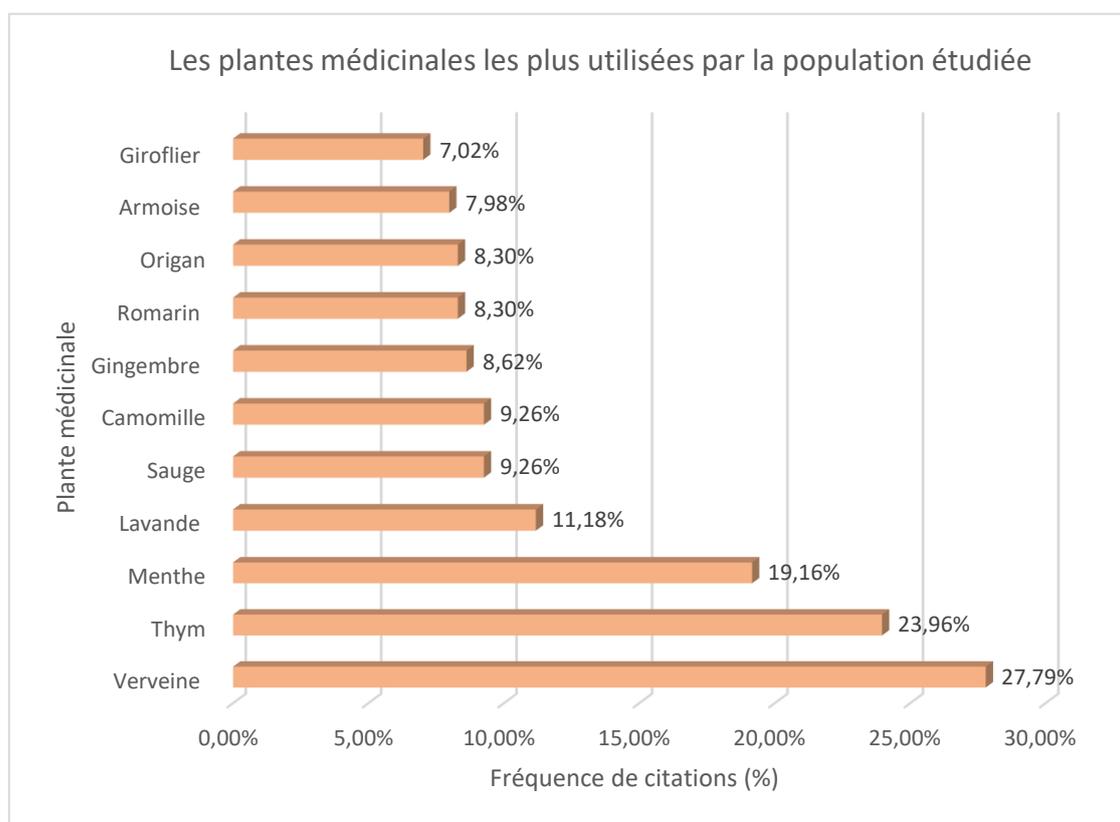


Figure 30 : Les plantes médicinales les plus utilisées par la population étudiée (ayant plus de 20 citations).

RESULTATS

- Différentes méthodes de préparation des plantes médicinales

Les résultats mettaient en évidence le pourcentage d'utilisation des différentes méthodes de préparation des plantes médicinales, il s'agit principalement de la forme infusion avec un pourcentage de 79,87% (250 citations), suivie par les huiles essentielles, avec un pourcentage de 28,75% (90 citations), suivie par la fumigation avec un taux de l'ordre de 9,85% (30 citations), ensuite vient la macération avec un pourcentage de 5,11% (16 citations) et enfin l'application cutanée avec 0,95% (3 citations) (figure 31).

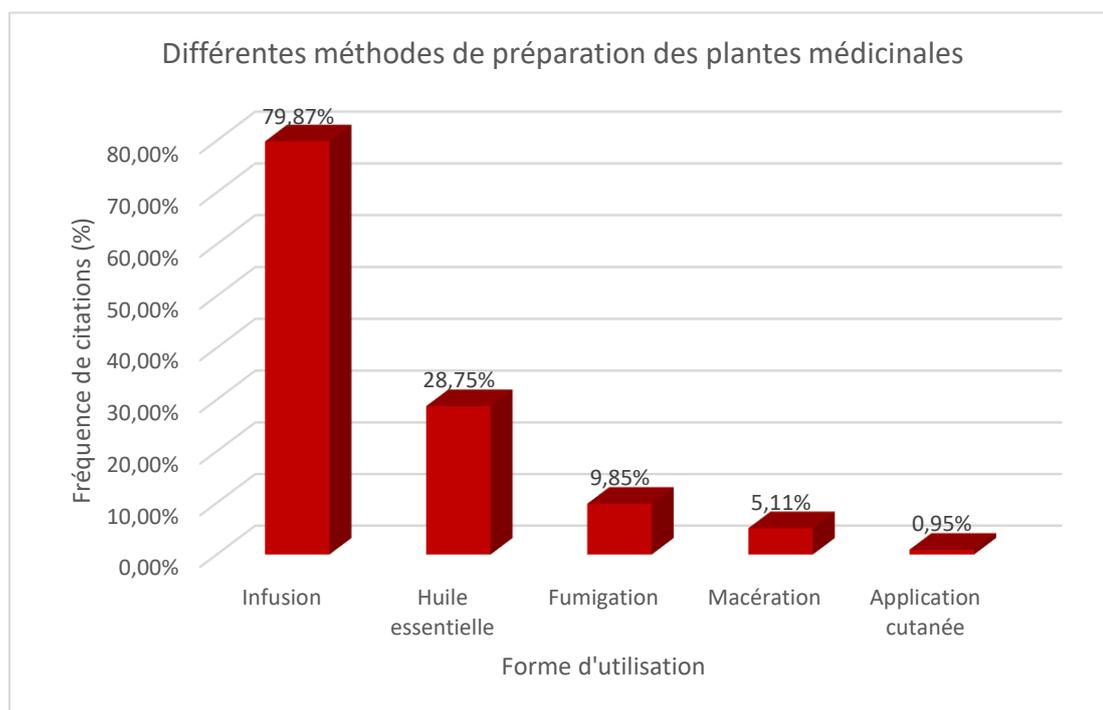


Figure 31 : Différentes méthodes de préparation des plantes médicinales.

1.3. Place des sauges dans la médecine traditionnelle

- Connaissance des sauges

Le résultat montre que plus des deux tiers de la population étudiée connaissent les sauges avec un pourcentage de l'ordre de 73,16% (figure 32).

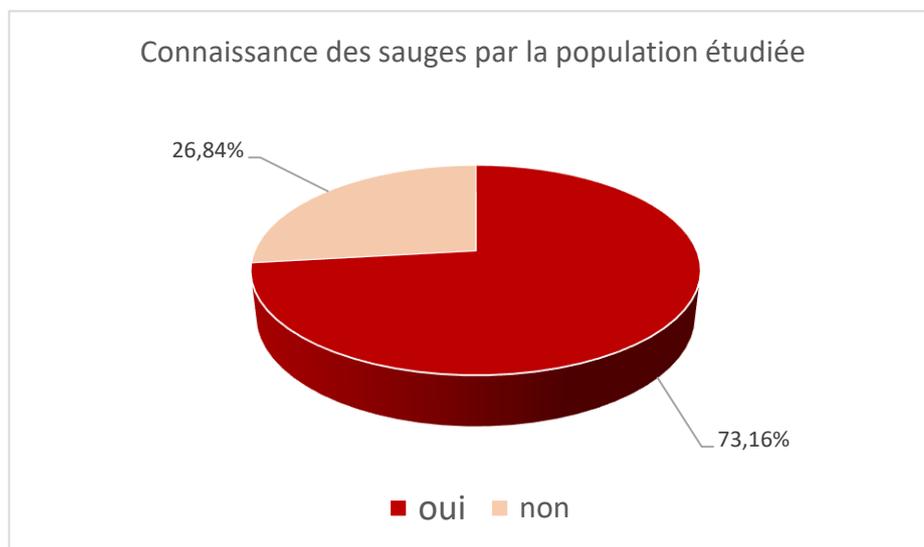


Figure 32 : Connaissance des sauges par la population étudiée.

- Usage des sauges

Bien que la majorité des enquêtés connaissent les sauges mais son usage en médecine traditionnelle par cette même population reste faible, ne dépassant pas les 33,55% (figure 33).

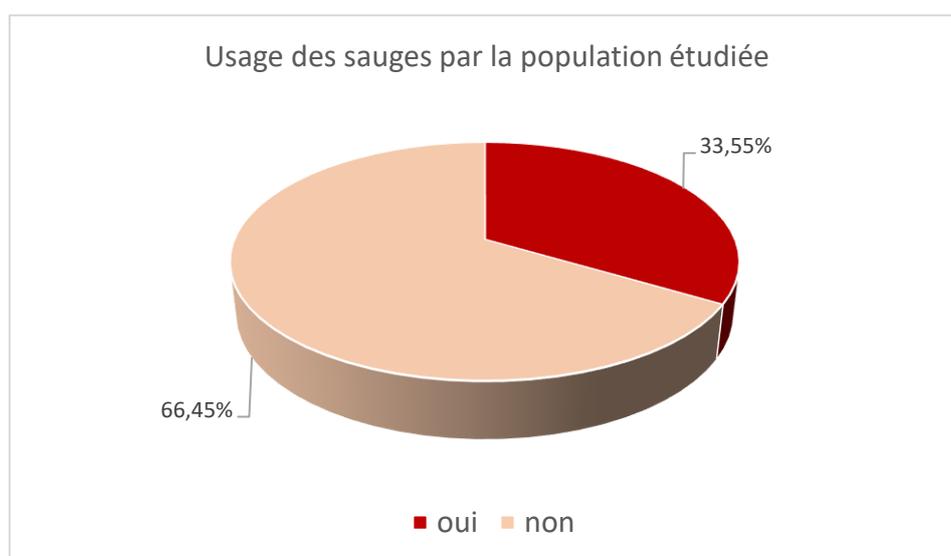


Figure 33 : Usage des sauges par la population étudiée.

RESULTATS

- Approvisionnement des sauges

Le résultat obtenu nous donne une idée sur l'accessibilité et la disponibilité des sauges en Algérie, que ce soit en herboristerie 33,54% (105 citations), en pharmacie 6,38% (20 citations), dans les jardins domestiques 17,57% (55 citations) ou encore en cueillette 8,62% (27 citations) (figure 34).

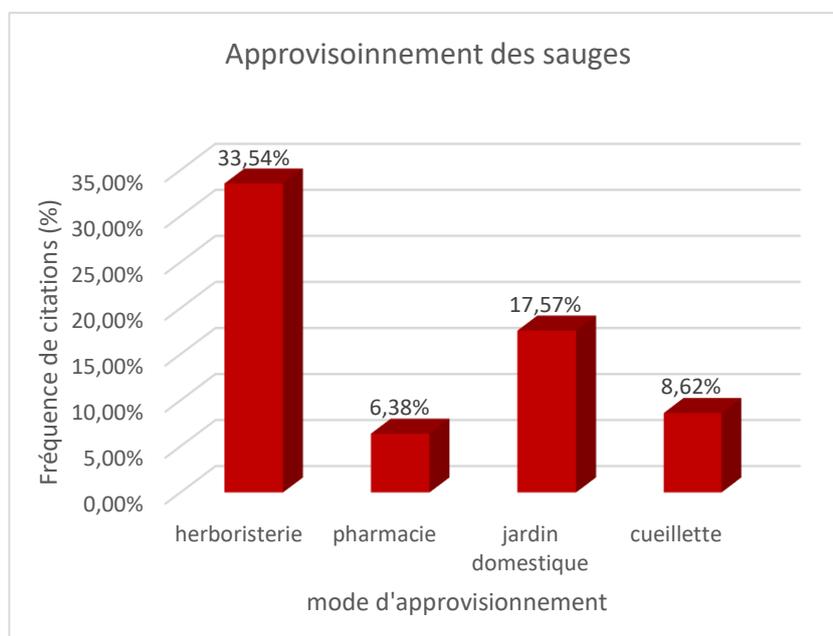


Figure 34 : Approvisionnement des sauges.

1.4. Place de *Salvia algeriensis* Desf. dans la médecine traditionnelle

- Connaissance de l'espèce *Salvia algeriensis* Desf.

Le résultat montre une légère différence entre ceux qui connaissent et ceux qui ne connaissent pas *Salvia algeriensis* Desf. avec un taux de l'ordre de 41,21% et 58,79% respectivement (figure 35).

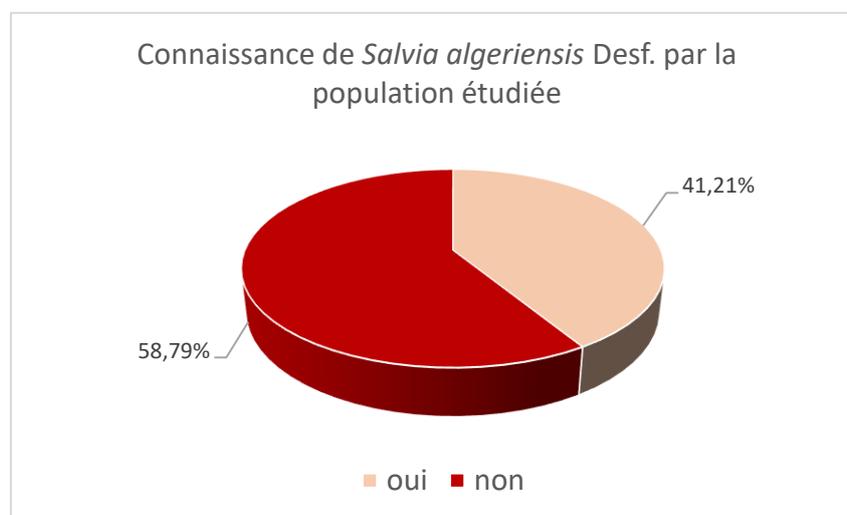


Figure 35 : Evaluation de la connaissance de *Salvia algeriensis* Desf.

RESULTATS

- Parties utilisées de *Salvia algeriensis* Desf.

Sur la totalité des citations, la partie la plus utilisée de la plante était les feuilles (41,21%), suivie par les fleurs (9,58%), les tiges (5,43%) et les racines (3,83%) (figure 36).

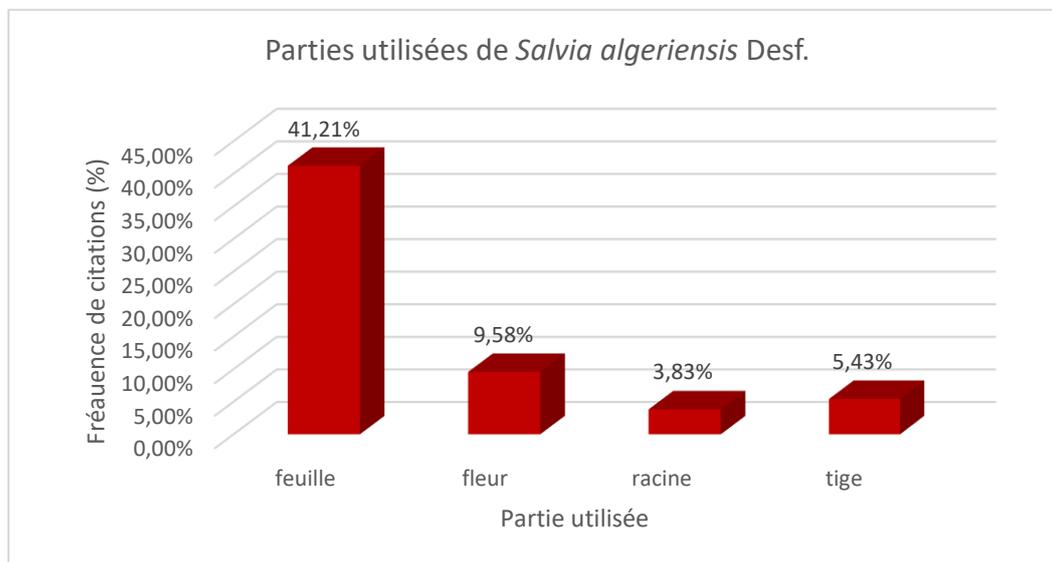


Figure 36: Parties utilisées de *Salvia algeriensis* Desf.

- Formes d'utilisation de *Salvia algeriensis* Desf.

Sur la totalité des citations, la forme infusion était la forme la plus citée avec 129 citations (41,21%), suivie par l'huile essentielle avec 19 citations (6,07%), macération avec 7 citations (2,23%), fumigation avec 5 citations (1,59%) (figure 37).

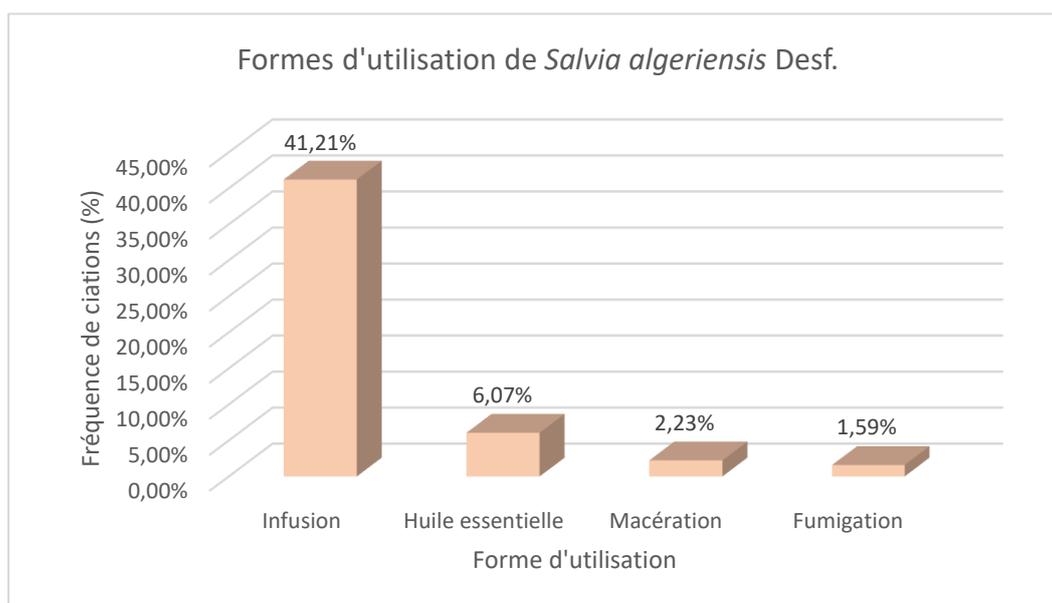


Figure 37 : Formes d'utilisation de *Salvia algeriensis* Desf.

RESULTATS

- Usage thérapeutique de *Salvia algeriensis* Desf.

Sur la totalité des citations, l'indication thérapeutique de *Salvia algeriensis* Desf. la plus citée était l'état grippal et rhume avec 81 citations (25,87%), suivi par les troubles menstruels avec 50 citations (15,97%), troubles gastriques avec 48 citations (15,33%), maux de tête avec 34 citations (10,86%), insomnies (5,75%), problèmes de transpiration excessive (2,23%). Ainsi, en cas de stress, fièvres, gingivites, allergies, douleurs dorsales (figure 38).

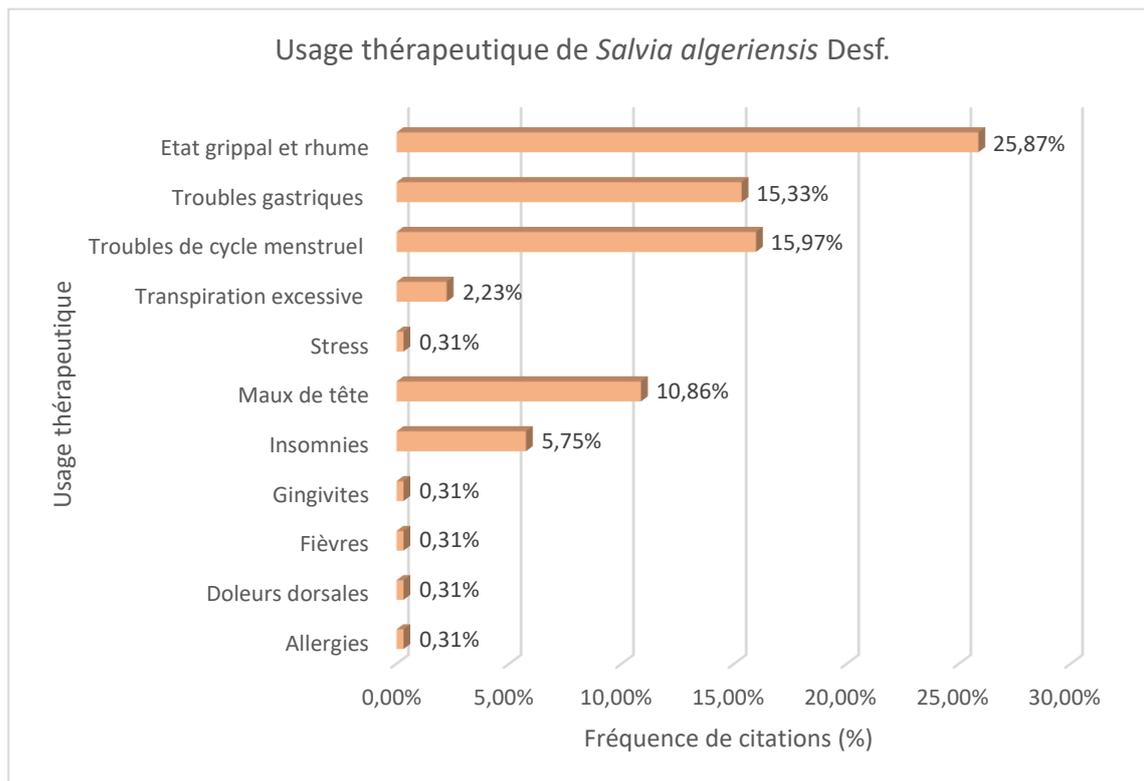


Figure 38 : Usage thérapeutique de *Salvia algeriensis* Desf.

RESULTATS

2. Résultats de l'analyse physico-chimique de l'espèce *Salvia algeriensis* Desf.

- Calcul de la teneur en eau (taux d'humidité)

Le taux d'humidité de *Salvia algeriensis* Desf. est de 75,58% conditionnant une teneur de 24,42% en matière sèche.

- Calcul de la teneur en cendres

La teneur en matière organique de *Salvia algeriensis* Desf. est de 97,675% conditionnant une teneur de 2,325% en matière minérale (cendres).

3. Résultats du screening/criblage phytochimique de *Salvia algeriensis* Desf.

- Résultat de la recherche des polyphénols

Il y a eu apparition d'une coloration foncée et d'un précipité noir dans l'extrait aqueux et l'extrait méthanolique (figure 39) indiquant la formation de chélates colorés avec les sels de métaux lourds en présence des polyphénols.

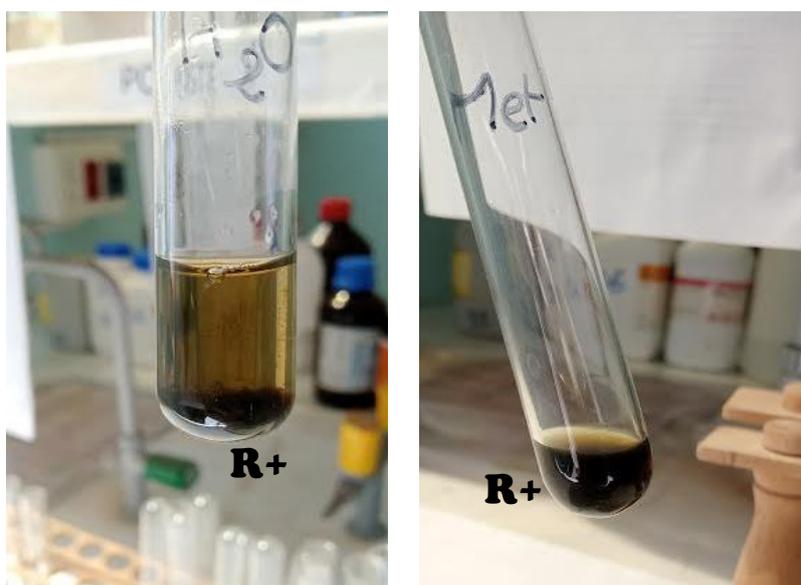


Figure 39: Résultat obtenu après l'ajout de FeCl_3 .

RESULTATS

- Résultat de la recherche des flavonoïdes

Nous avons observé un changement de couleur seulement dans l'extrait méthanolique (coloration orange) due à la formation de cyanidine indiquant ainsi la présence des flavones (figure 40).

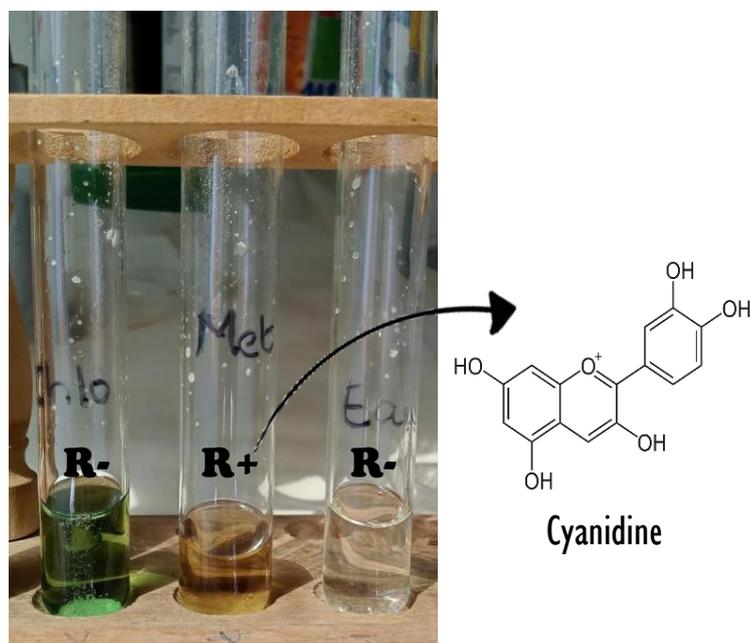


Figure 40 : Résultat obtenu après l'ajout du réactif de Shinoda.

- Résultat de la recherche des tanins

Nous avons eu une réaction positive (apparition d'une coloration jaune) en milieu alcalin indiquant la présence des tanins (figure 41). Ainsi, l'absence de précipitation avec le réactif de Stiasny nous a confirmé la nature hydrolysable de ces composés (présence de tanins galliques).

RESULTATS

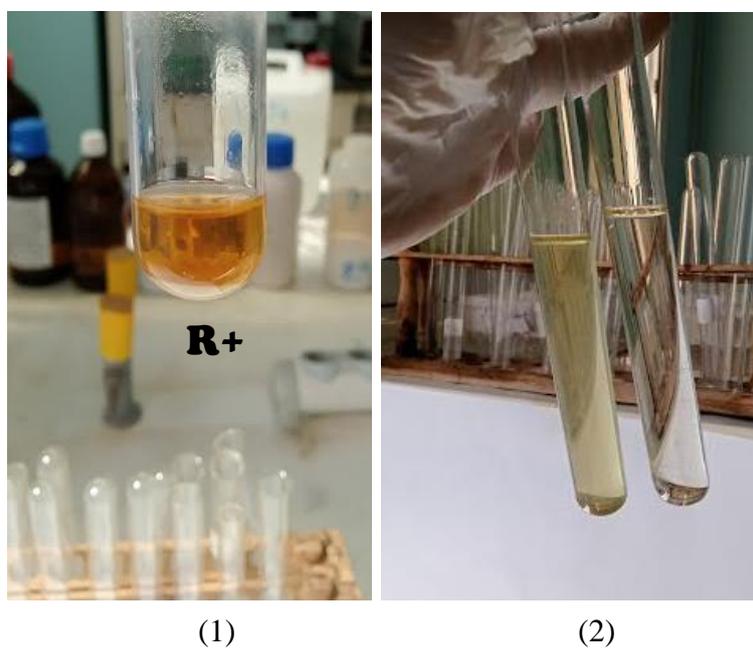


Figure 41 : (1) : Résultat obtenu en milieu alcalin ; (2) : Réaction de Stiasny.

- Résultat de la recherche des coumarines

L'absence de fluorescence dans les trois extraits indique l'absence des coumarines dans notre drogue végétale (figure 42).

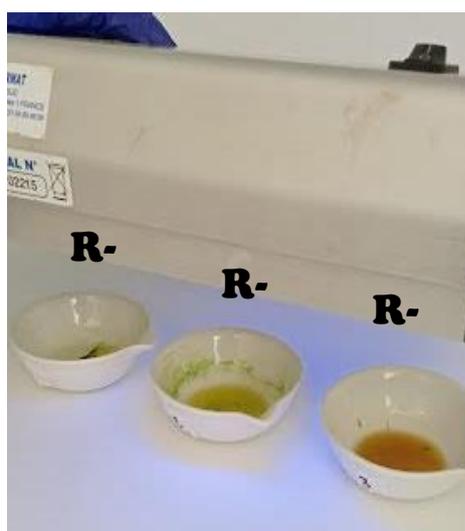


Figure 42 : Réaction de fluorescence.

RESULTATS

- Résultat de la recherche des alcaloïdes

L'absence de précipitation avec le réactif de Mayer et de Dragendorff indique que la drogue végétale ne renferme pas des alcaloïdes.

- Résultat de la recherche des saponosides

Il y a eu développement de mousse dans les tubes : 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 avec des hauteurs ne dépassant pas les 0,8 cm. Le résultat indique la présence en faibles teneurs des saponosides dans la drogue végétale (figure 43).



Figure 43 : Série de dilution d'un décocté de drogue végétale à la recherche des saponosides.

RESULTATS

- Résultat de la recherche des triterpènes et stérols

L'apparition d'un anneau vert dans l'extrait méthanolique et le changement de couleur en vert olive dans l'extrait chloroformique indiquent la présence de stérols et de triterpènes (figure 44). Tandis que dans l'extrait aqueux il n'y a eu aucun changement.

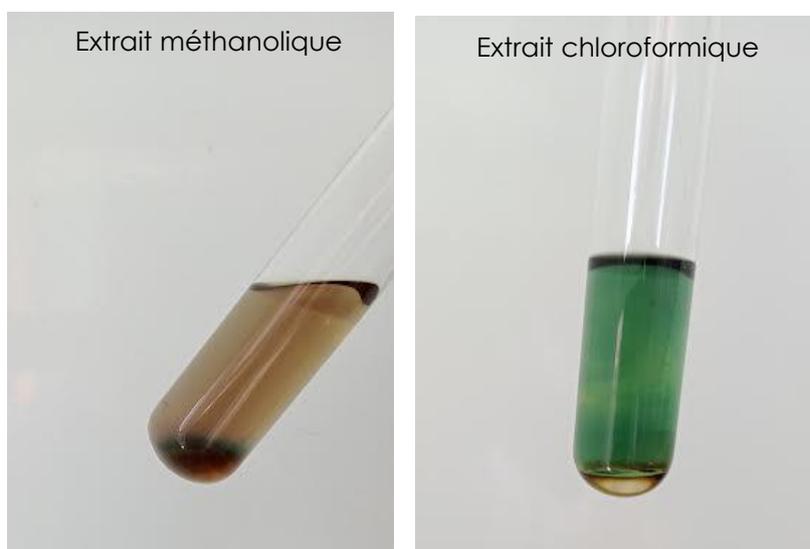


Figure 44 : Réaction de Libermann-Burchard.

- Résultat de la recherche des cardénolides

La réaction de Keller-Kiliani a donné un résultat positif (figure 45) avec l'extrait méthanolique et l'extrait chloroformique (apparition d'un anneau rouge et coloration verdâtre de la phase acétique) indiquant la présence des cardénolides.

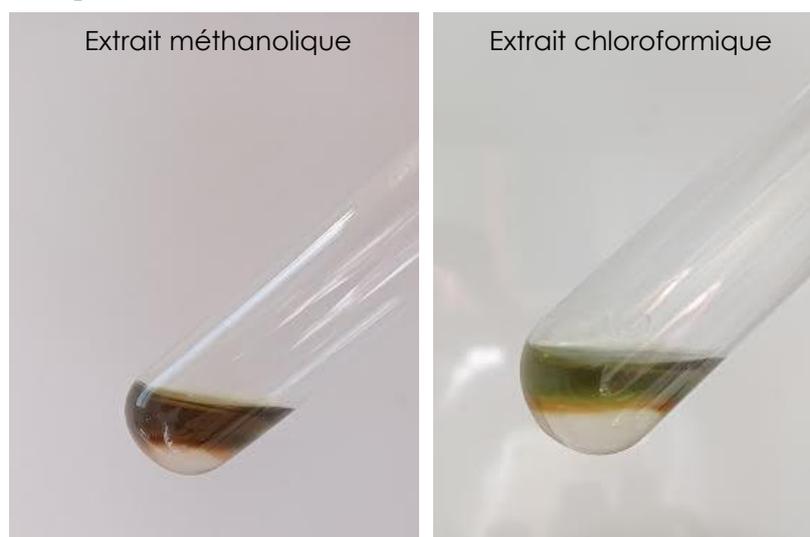


Figure 45 : Réaction de Keller-Kiliani.

RESULTATS

La réaction de Baljet a donné une coloration orange stable (figure 46) avec l'extrait méthanolique et l'extrait aqueux confirmant la présence des cardénolides dans la drogue végétale.

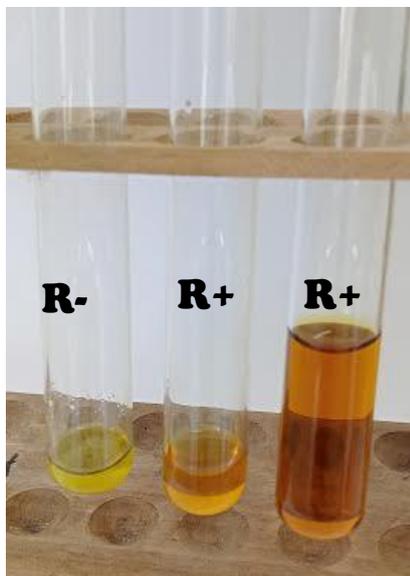


Figure 46: Résultat obtenu après l'ajout de l'acide picrique.

Nous avons obtenu un résultat négatif avec la réaction de Pesez (spécifique a certains cardenolides) (figure 47).



Figure 47 : Réaction de Pesez.

RESULTATS

4. Calcul du rendement en HE

Le rendement en huile essentielle des parties aériennes de *Salvia algeriensis* Desf. est de 0,1%.

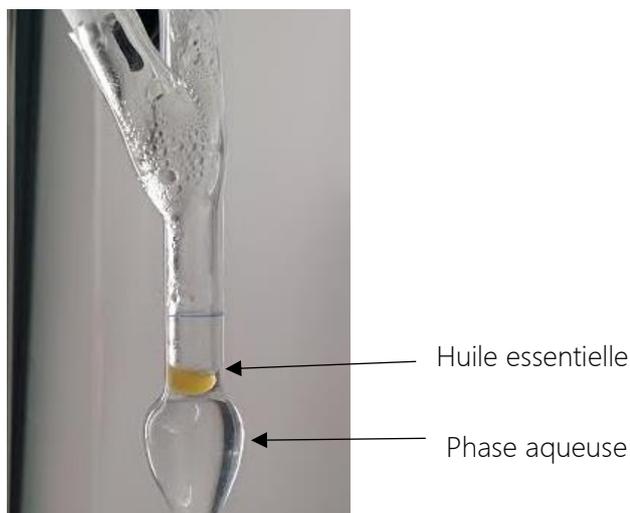


Figure 48 : Huile essentielle de *Salvia algeriensis* Desf. au cours d'extraction.

5. Résultats de la caractérisation organoleptique de l'HE

Les caractères organoleptiques de l'huile essentielle extraite par hydrodistillation sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau XV : Caractères organoleptiques de l'HE de *Salvia algeriensis* Desf.

caractère organoleptique	Couleur	Odeur	Aspect à différentes températures
HE de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	Jaune	Très forte proche de l'odeur de thym	Liquide à température ambiante Gélatineuse à 4°C

6. Résultats de la caractérisation physique de l'HE

Le résultat de l'analyse des deux propriétés physiques de l'huile essentielle étudiée (densité relative, indice de réfraction) est présenté dans le tableau suivant :

Tableau XVI : Propriétés physiques de l'HE de *Salvia algeriensis* Desf.

	Densité relative	Indice de réfraction (25°C)
HE de <i>Salvia algeriensis</i> Desf.	0,809	1,48775 ±0,0025

RESULTATS

7. Résultats de la caractérisation de la composition chimique de l'HE par CPG/SM

L'appareillage CPG/SM permet de fournir un chromatogramme accompagné d'un ensemble de spectres de masse correspondants à chaque pic chromatographique, ce qui permet l'identification précise de la majorité des constituants séparé par la CPG. Les chromatogrammes obtenus pour l'HE étudiée ainsi que pour la série d'alcane utilisée sont présentés dans (**voir annexe IV**).

Les 46 composés séparés sont reportés dans le tableau suivant (tableau XVII) ainsi que leurs temps et indices de rétention.

Tableau XVII : Composition chimique de l'huile essentielle de *Salvia algeriensis* Desf.

Composés	Nature	TR (min)	IR	(%)	Masse (m/z)
1	-	7,734	-	0,68%	104
2	Hydrocarbure cyclique	10,555	1043	0,83%	136
3	Hydrocarbure cyclique	12,361	1070	0,56%	138
4	Hydrocarbure cyclique	15,882	1118	0,61%	136
5	-	24,534	1236	0,16%	129
6	Hydrocarbure cyclique	25,305	1247	0,30%	136
7	Hydrocarbure cyclique	26,934	1271	0,22%	136
8	-	27,912	1285	0,08%	103
9	-	28,399	1291	0,12%	129
10	-	28,937	1299	0,10%	121.1
11	-	29,666	1310	0,11%	128
12	Hydrocarbure cyclique	29,945	1315	0,14%	136
13	Monoterpène oxygéné	31,969	1345	0,08%	150
14	-	34,946	1391	0,50%	82.1
15	Monoterpène oxygéné	35,352	1397	0,41%	158.1
16	-	35,722	1403	0,04%	129
17	ester	38,584	1450	0,21%	179.1
18	ester	38,884	1455	0,15%	179
19	Monoterpène oxygéné	40,142	1475	0,17%	158
20	Monoterpène oxygéné	41,878	1504	0,29%	158.1
21	Sesquiterpène hydrocarboné	44,317	1546	0,97%	204.1
22	Sesquiterpène hydrocarboné	44,556	1550	0,89%	204.1
23	Sesquiterpène hydrocarboné	45,587	1568	1,68%	204
24	Sesquiterpène hydrocarboné	46,947	1592	0,43%	205.2
25	Sesquiterpène hydrocarboné	49,34	1635	9,88%	204.1
26	Sesquiterpène hydrocarboné	49,899	1646	1,63%	204.1

RESULTATS

27	Sesquiterpène hydrocarboné	50,534	1657	0,72%	211.2
28	Sesquiterpène hydrocarboné	50,91	1664	0,74%	204.1
29	Sesquiterpène hydrocarboné	51,703	1679	1,79%	205.1
30	Sesquiterpène hydrocarboné	52,775	1698	3,40%	205.2
31	Sesquiterpène hydrocarboné	53,136	1705	1,77%	204.1
32	Sesquiterpène hydrocarboné	53,913	1720	2,96%	205.2
33	Sesquiterpène hydrocarboné	54,803	1737	7,08%	204.1
34	Sesquiterpène hydrocarboné	55,417	1749	0,88%	204.1
35	Sesquiterpène oxygéné	59,432	1828	50,05%	222.1
36	Sesquiterpène hydrocarboné	59,945	1838	0,88%	204.1
37	Sesquiterpène oxygéné	60,945	1859	2,72%	220.1
38	Sesquiterpène hydrocarboné	61,407	1868	1,20%	204.1
39	Sesquiterpène hydrocarboné	63,084	1902	0,19%	204.1
40	Sesquiterpène hydrocarboné	63,424	1909	0,29%	202.1
41	Sesquiterpène oxygéné	71,421	2083	1,37%	220
42	Acide	72,273	2102	0,74%	262.1
43	Sesquiterpène hydrocarboné	73,065	2120	0,21%	262.1
44	Acide	82,551	2348	0,74%	278
45	Acide	83,802	2379	0,81%	278.2
46	-	91.76	-	0,24%	278.2

L'huile essentielle de *Salvia algeriensis* Desf. est principalement constituée de sesquiterpènes oxygénés avec 54,16% et de sesquiterpènes hydrocarbonés avec 37,56%. Les hydrocarbures cycliques, les acides, les monoterpènes oxygénés et les esters sont apparus en faibles proportions (2,76%, 2,28%, 0,95%, 0,35% respectivement). Autres composés ont été détectés (2,02%).

RESULTATS

8. Résultats de l'évaluation de l'activité antioxydante de l'extrait éthanolique et de l'HE

Le rendement de l'extrait éthanolique était de 1,75%.

- Résultat du test FRAP sur l'extrait éthanolique

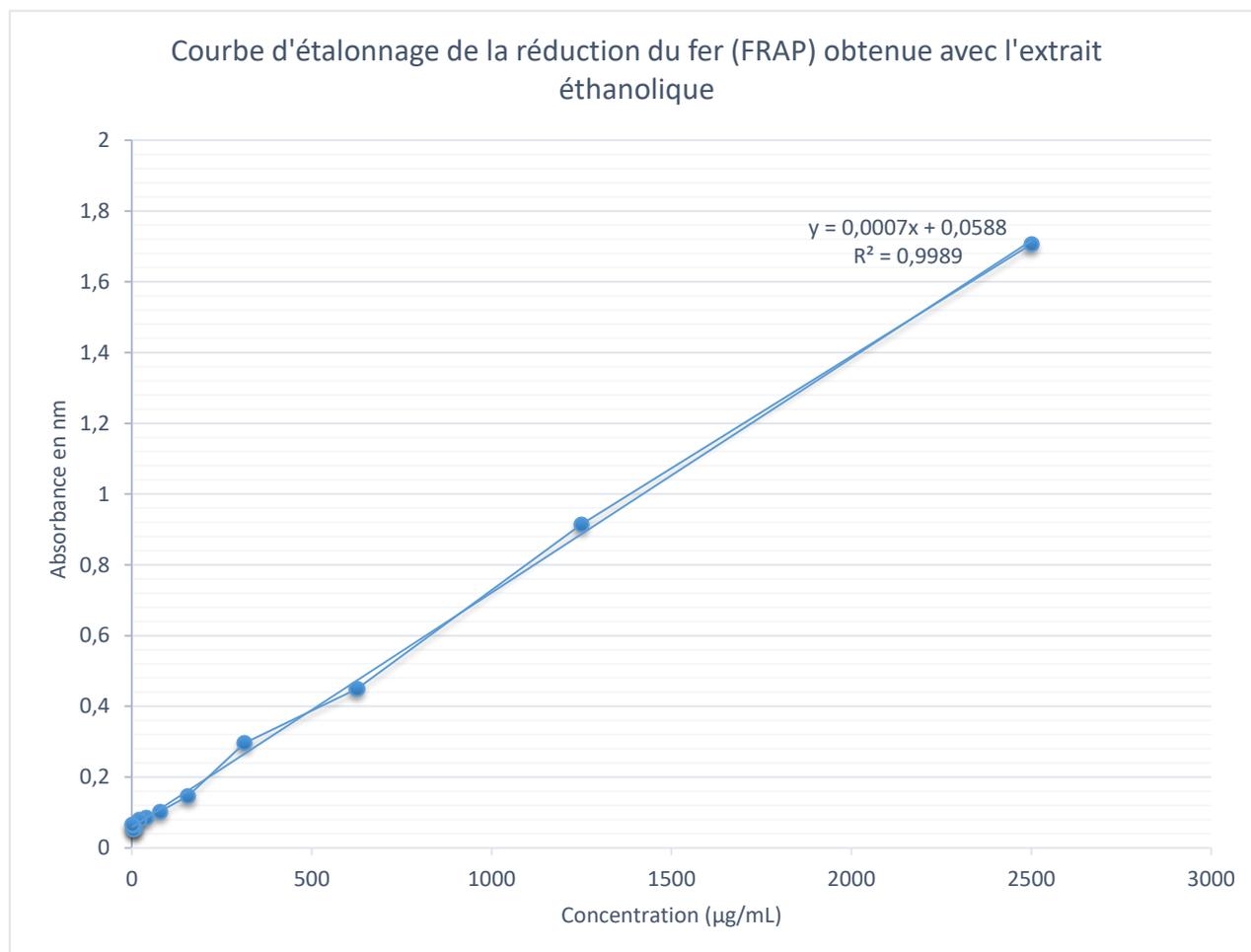


Figure 49 : Courbe d'étalonnage de la réduction du fer (FRAP) obtenue avec l'extrait éthanolique.

RESULTATS

- Résultat du test FRAP sur l'huile essentielle

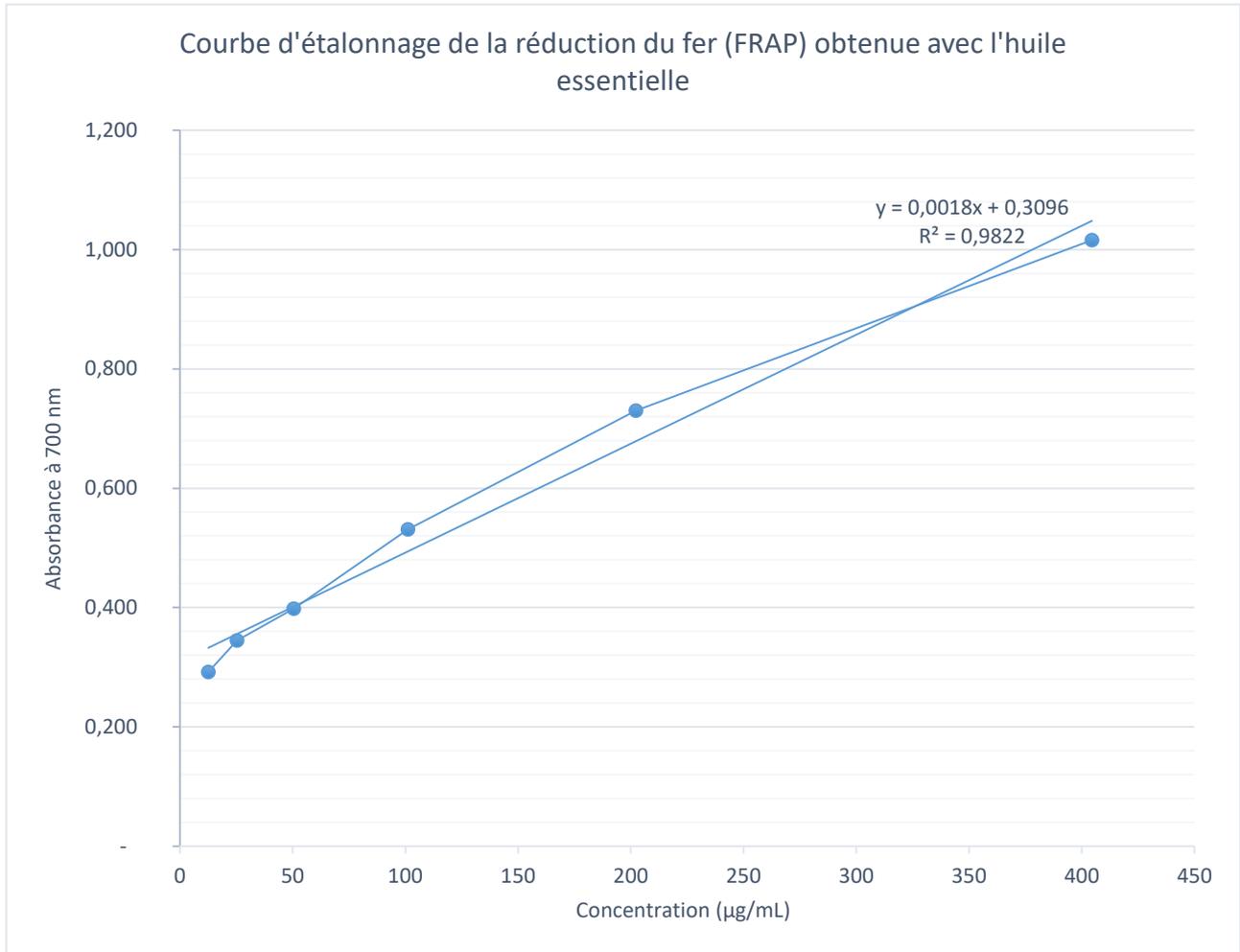


Figure 50 : Courbe d'étalonnage de la réduction du fer (FRAP) obtenue avec l'huile essentielle.

RESULTATS

- Résultat du test FRAP sur l'acide ascorbique

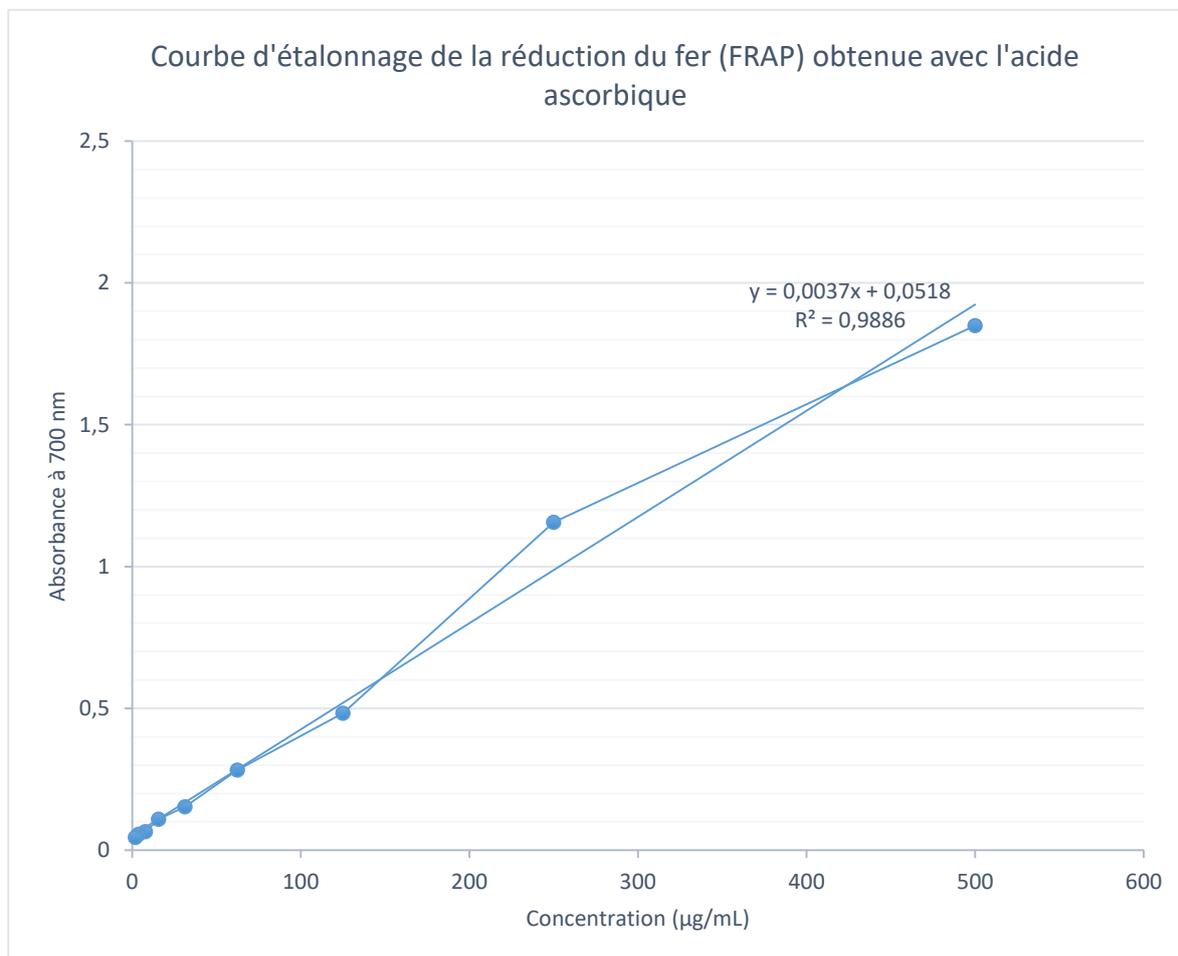


Figure 51 : Courbe d'étalonnage de la réduction du fer (FRAP) obtenue avec l'acide ascorbique.

RESULTATS

- Résultat du test DPPH sur l'extrait éthanolique

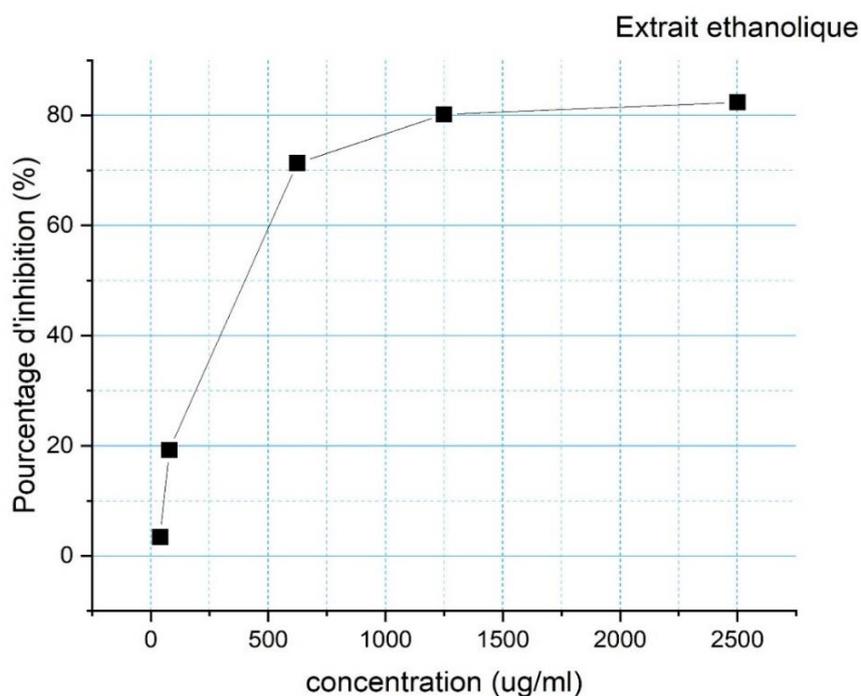


Figure 52 : Pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction des différentes concentrations utilisées pour l'extrait éthanolique.

- Résultat du test DPPH sur l'huile essentielle

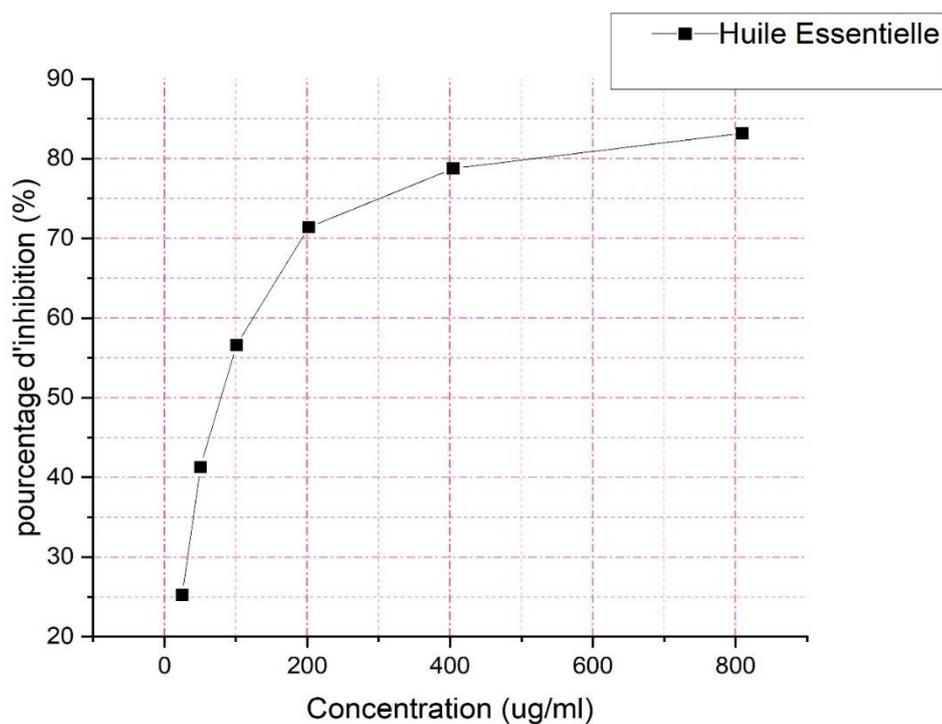


Figure 53 : Pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction des différentes concentrations utilisées pour l'HE de *Salvia algeriensis* Desf.

RESULTATS

- Résultat du test DPPH sur l'acide ascorbique

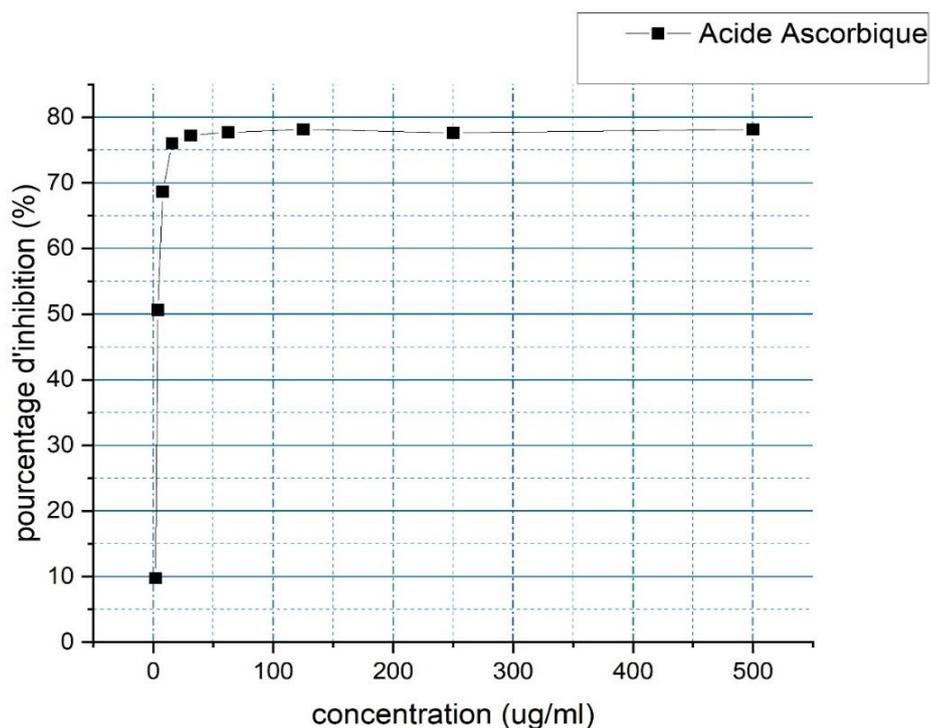


Figure 54 : Pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction des différentes concentrations utilisées pour l'acide ascorbique

Les valeurs IC₅₀ ont été obtenues par le logiciel Origin Pro, elles sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau XVIII: IC₅₀ des deux extraits testés et de l'antioxydant de référence.

	Acide ascorbique	Extrait éthanolique	Huile essentielle
IC ₅₀	4,2179 µg/mL	394,3228 µg/mL	76,926 µg/mL

RESULTATS

9. Résultat de l'évaluation de l'activité antibactérienne de l'HE

La sensibilité des souches bactériennes testées est présentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau XIX : Sensibilité des souches bactériennes testées vis-à-vis l'HE étudiée.

	Contrôle négatif	1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128	1/256
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-

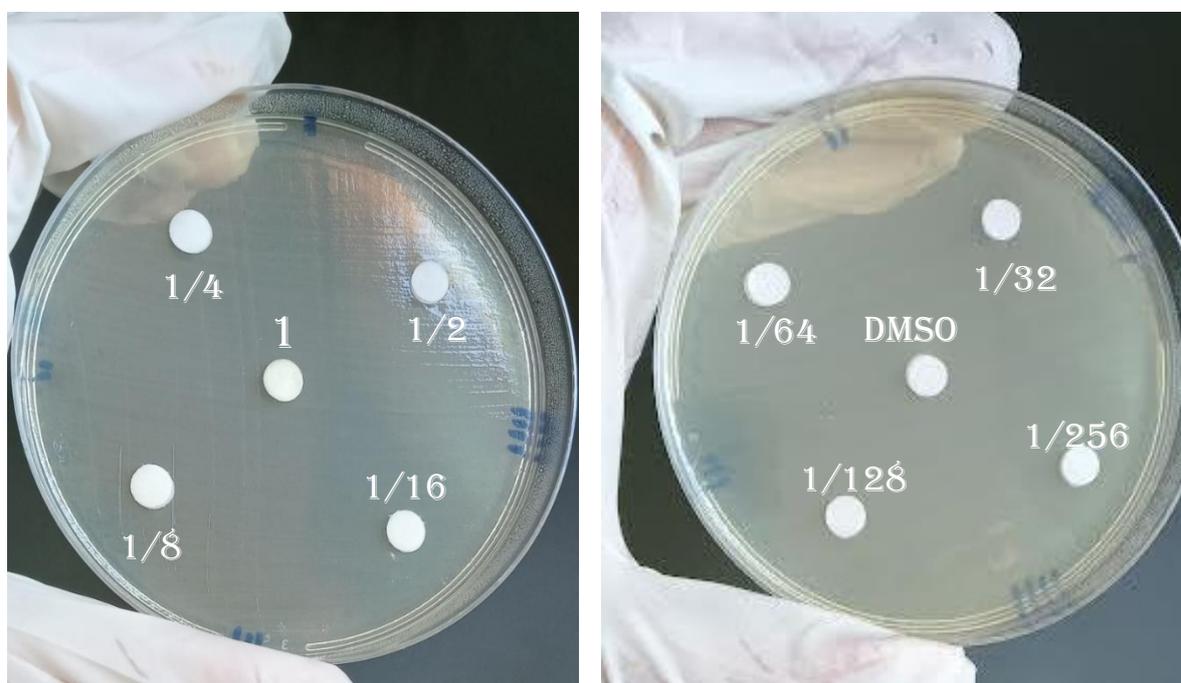


Figure 55 : Test de pouvoir antibactérien de l'HE de *Salvia algeriensis* Desf. sur *Pseudomonas aeruginosa*.

RESULTATS



Figure 56 : Test de pouvoir antibactérien de l'HE de *Salvia algeriensis* Desf. sur *Escherichia coli*.

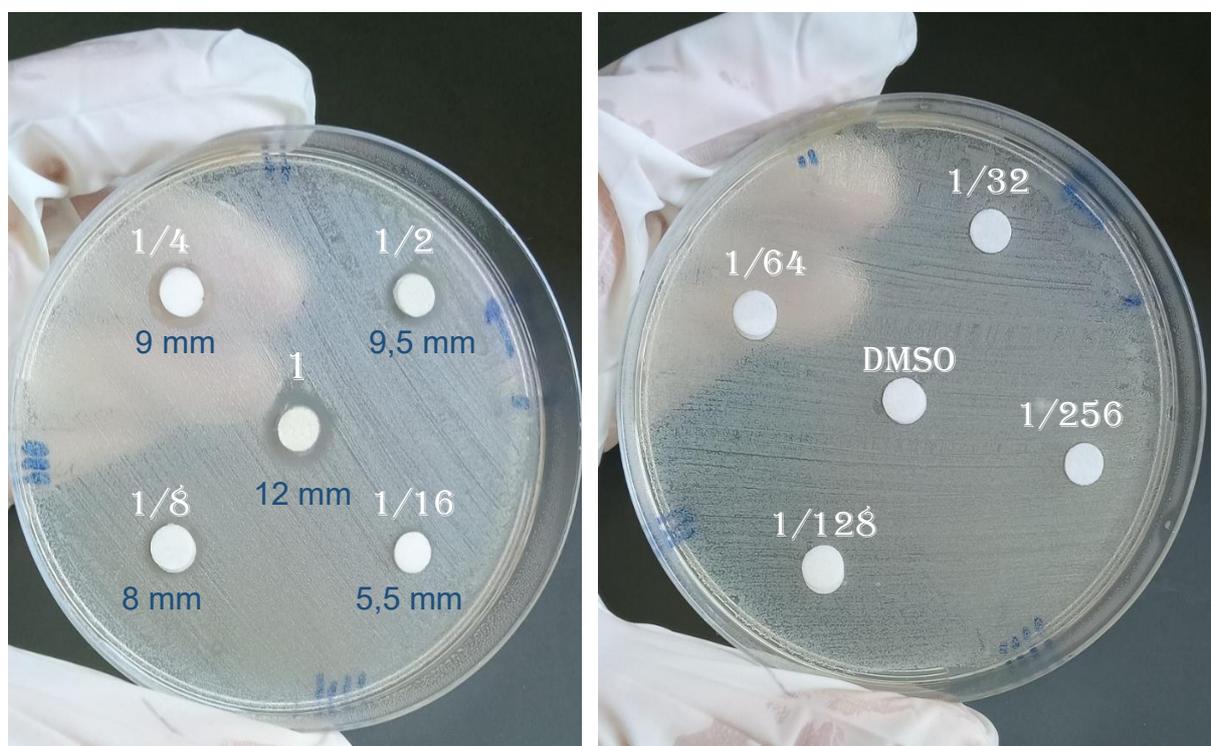


Figure 57: Test de pouvoir antibactérien de l'HE de *Salvia algeriensis* Desf. sur *Staphylococcus aureus*.

DISCUSSION

1. Discussion des résultats de l'enquête ethnobotanique

De nombreuses études ethnobotaniques ont été entreprises dans différentes régions du pays algérien, d'une part pour recenser la connaissance en médecine traditionnelle en Algérie, et d'autre part pour apporter des informations complémentaires sur la flore médicinale algérienne.

Les résultats obtenus à travers cette étude ethnobotanique révèlent une prédominance du sexe féminin (67,9%), de la tranche d'âge de [20 ans-31 ans] (70,61%) et du niveau universitaire (95,17%). Ce profil s'explique par les caractères en ligne de la méthodologie de l'enquête.

Notre enquête nous a permis de répertorier les plantes médicinales utilisées par la population algérienne, les résultats obtenus démontrent la richesse en matière de connaissance en médecine traditionnelle autochtone, une enquête menée en 2021 par **BELHOUALA et BENARBA** [76], a recensé les familles botaniques des plantes médicinales les plus utilisées en Algérie : Lamiaceae (13%), Asteraceae (13%), Apiaceae (7%), Rosaceae et Fabaceae (5%). Cette prédominance est cohérente avec le résultat obtenu par notre enquête où les plantes majoritairement citées étaient de la famille des Lamiaceae, Apiaceae, Asteraceae, Myrtaceae et Fabaceae (**voir annexe III**). La popularité des espèces appartenant à ces familles pourrait être liée aux traditions d'utilisation, à leurs éventuelles efficacités, leurs faibles coûts et à leur facilité d'approvisionnement.

De plus, nos résultats montrent que les infusions sont le mode de préparation à base de plantes médicinales le plus répandu avec un pourcentage de 79,87%, ce qui pourrait être lié à leur facilité de préparation et d'administration.

En consultant les résultats issus d'autres études ethnobotaniques, l'étude de **RHATTAS et al**, de **RENE et al** nous confirment qu'il existe plusieurs modes de préparation à base de plantes médicinales notamment, infusions, macérations, décoctions, cataplasmes, fumigations, broyage, expression, cru, huiles essentielles, etc... et que la meilleure utilisation d'une plante serait celle qui en préserverait toutes les propriétés tout en permettant l'extraction et l'assimilation des principes actifs [77, 78].

Par cette même enquête nous avons recensé la connaissance et l'utilisation des plantes appartenant au genre *Salvia* de façon générale, et plus précisément de l'espèce *Salvia algeriensis* Desf.

Les résultats obtenus de notre enquête montrent que le genre *Salvia* est largement connu par la population étudiée avec un pourcentage de l'ordre de 73,16%. Cette connaissance pourrait être

DISCUSSION

liée à la biodiversité de ce genre. Selon **QUEZEL et SANTA**, le genre *Salvia* comprend plus de 900 espèces dont 23 espèces se trouvent en Algérie [13].

L'évaluation de la connaissance de *Salvia algeriensis* Desf. par la population étudiée montre que 41,21% connaissent cette espèce. Ce résultat nous paraît incohérent, car cette espèce est une espèce méconnue, à propriétés thérapeutiques mal illustrées, et une espèce pratiquement absente dans les herboristeries du territoire algérien. Nous pourrions expliquer ce résultat par la présence d'une éventuelle possibilité de confusion entre cette espèce et les autres espèces du même genre *Salvia*.

Concernant l'évaluation des parties utilisées de *Salvia algeriensis* Desf. , le résultat montre que toutes les parties aériennes de l'espèce sont utilisées, avec une prédominance des feuilles (41,21%). Cette fréquence pourrait être expliquée non seulement par l'aisance de cueillette mais aussi par le fait que les feuilles ont une durée de persistance plus longue comparant aux fleurs.

De même, en comparant nos résultats avec ceux de **BELHOUALA, BENARBA** et ceux de **HAMEL et al**, les feuilles ont souvent été la partie la plus impliquée dans les préparations à base de plantes médicinales [76, 79], ce qui confirme leur richesse en métabolites secondaires à propriétés thérapeutiques.

Le résultat de notre enquête révèle que *Salvia algeriensis* Desf. est souvent utilisée sous forme d'infusion (41,21%), principalement pour traiter les états grippaux (25,87%). Ceci aurait comme explication les propriétés antivirales que possèdent les principes actifs contenus dans la majorité des plantes aromatiques. Comme a montré l'étude de **REICHLING J, SCHNITZLER P, SUSCHKE U** et **SALLER R**, portée sur plus de 29 plantes aromatiques [80].

Ainsi, d'autres indications ont été citées notamment, en cas de troubles menstruels (15,97%), troubles gastriques (15,33%), problèmes de transpiration excessive (2,23%). Etant donné que *Salvia algeriensis* Desf. appartient à la famille des Lamiacées et encore au genre *Salvia*, les informations recueillies concernant le mode de préparation et les indications thérapeutiques de *Salvia algeriensis* Desf. se rapprochent de ceux des autres espèces du même genre.

Une étude menée par **BENABDESSLEM et al** sur *Salvia argentea* [81] a montré que cette espèce est impliquée principalement dans les maladies du système respiratoire et que la partie la plus utilisée de la plante était la feuille sous forme de poudre à administration orale. Une autre étude portée par **AXIOTIS, HALABALAKI, SKALTSOUNIS** sur *Salvia*

DISCUSSION

fruticosa Miller., *Salvia officinalis* L. [82] a montré que celles-ci sont efficaces contre les douleurs gastriques, les maladies inflammatoires et infectieuses.

2. Discussion des résultats de l'analyse physico-chimique de *Salvia algeriensis* Desf.

Le calcul de taux d'humidité nous a permis d'évaluer la teneur en matières sèches (constituants biochimiquement actifs) de notre espèce. Le résultat montre que *Salvia algeriensis* Desf. présente une teneur de l'ordre de 24,42% MS. Ainsi, en se basant sur les travaux de **KANE et al** [83], indiquant que les feuilles des jeunes plantes présentent des taux d'humidité élevés que celles des plantes adultes, nous confirmons le stade de développement jeune de notre échantillon avec un taux de l'ordre de 75,58%.

Le calcul de taux de cendres nous a permis de quantifier la teneur totale en sels minéraux de l'espèce *Salvia algeriensis* Desf. Le résultat obtenu indique une teneur très faible de l'ordre de 2,325% en matières minérales conditionnant une teneur très élevée en matières organiques de l'ordre de 97,675%. En comparant avec l'étude de **TEHAMI**, *Salvia argenteae* présente une teneur en cendres plus importante avec un pourcentage de 14,68% [64].

3. Discussion des résultats de screening phytochimique de *Salvia algeriensis* Desf.

L'interprétation des résultats obtenus nous amène à constater la présence des polyphénols, flavonoïdes, tanins galliques, stérols, triterpènes et des cardénolides, et l'absence dans les trois extraits des tanins condensés, coumarines, saponines et des alcaloïdes.

Salvia algeriensis Desf. n'a pas fait l'objet d'analyse qualitative signalée de type screening phytochimique. De ce fait, et en comparant nos résultats avec ceux des autres études menées sur d'autres espèces de sauges, le genre *Salvia* présente une grande diversité de métabolites secondaires. Un screening phytochimique des extraits hydro alcooliques de *Salvia officinalis* L. a révélé la présence des tanins, flavonoïdes, stéroïdes et terpénoïdes. Tandis que les alcaloïdes et les saponines ont été signalés absents [84].

La composition phytochimique de neuf (9) espèces de sauge a été analysée dans l'étude d'**ABU-DAHAB et al** par CCM [85], les résultats ont confirmé l'absence des alcaloïdes dans toutes les espèces étudiées. D'autres études ont montré la richesse du genre *Salvia* en composés terpéniques et principalement en diterpènes, l'étude de **KABOUCHE** a répertorié 335 composés isolés de 142 espèces de ce genre [33]. Ainsi, un screening préliminaire de *Salvia*

DISCUSSION

tilifolia mené par **KAHSU** a révélé la présence des alcaloïdes, flavonoïdes, saponines, et l'absence des coumarines et des tanins [86].

La présence des composés phénoliques et flavonoïques dans nos extraits a été confirmée par une analyse quantitative réalisée par **MEROUANE**, les résultats de cette étude ont montré que les extraits de feuilles de *Salvia algeriensis* Desf. sont pourvus de $34,66 \pm 1,38 \mu\text{g EAG/mg de MS}$, cette richesse en composés phénoliques s'est traduite aussi dans les extraits de ses fleurs. Les résultats de cette même étude ont montré aussi la présence des flavonoïdes (FE : $10,32 \pm 0,33 \mu\text{g EQ/mg de MS}$; FR : $10,05 \pm 0,25 \mu\text{g EQ/mg de MS}$) [17].

A partir de ces résultats, nous déduisons que la composition phytochimique du genre *Salvia* pourrait varier qualitativement d'une espèce à une autre.

4. Discussion des résultats de l'analyse de l'HE de *Salvia algeriensis* Desf.

Dans la présente étude, le rendement en huile essentielle des parties aériennes de *Salvia algeriensis* Desf. était de 0,1%, le résultat est nettement inférieur à celui obtenu par l'étude de **MEROUANE**, où le rendement était de 1,51% pour les fleurs et 0,83% pour les feuilles [17]. Cette différence pourrait dépendre des facteurs environnementaux (climat, pluviométrie, taux d'ensoleillement, pollution, conditions édaphiques...) comme a montré l'étude de **BOIRA et BLANQUER**, des facteurs physiologiques tels que le type de matériel végétal et le stade de développement de la plante, des facteurs géographiques, ainsi de la méthode et des conditions d'extraction [87, 88].

D'autre part, notre rendement est inférieur aux rendements obtenus avec d'autres espèces de sauges ; *Salvia tomentosa* (1,3%), *Salvia hydrangea* (0,53%), *Salvia heldreichiana* (0,5%) (**KOTAN et al, Mehmet Musa Özcan et al**), montrant ainsi que les rendements en HE varient considérablement entre les espèces du même genre [89].

L'évaluation des caractères organoleptiques d'une huile essentielle nous renseigne sur sa pureté ; l'odeur, la couleur et l'aspect varient en fonction de la composition chimique de cette huile. A l'issue des distillations réalisées, l'HE obtenue est de couleur jaune et d'une odeur très forte, elle se fige dès que la température passe au-dessous de 4 °C. Ces caractères semblent être similaires à ceux décrits par l'étude de **MEROUANE** [17].

L'un des critères d'authentification et de contrôle qualité d'une huile essentielle est la détermination de ses propriétés physico-chimiques. Dans la présente étude, nous avons mesuré la densité relative et l'indice de réfraction de l'HE de *Salvia algeriensis* Desf.

DISCUSSION

Selon **ONIPPAM**, la densité de *Salvia officinalis* L. est de (0,910 ; 0,930) et l'indice de réfraction est de (1,458 ; 1,474) [90]. L'étude de **MEROUANE** sur l'HE de *Salvia algeriensis* Desf. a enregistré une densité de (0,883 ; 0,902) et un indice de réfraction de (1,443 ; 1,447) [17].

En comparant les valeurs enregistrées de notre étude avec celles rapportées par la littérature, nous remarquons que la densité de l'HE de *Salvia algeriensis* Desf. est légèrement inférieure à celle de *Salvia officinalis* L. Toutefois, nos résultats se rapprochent à ceux rapportés par l'étude de **MEROUANE** sur cette même espèce.

La détermination des propriétés physico-chimiques (densité, indice de réfraction, indice d'acide,...) constitue une étape assez importante dans l'analyse des huiles essentielles mais demeure insuffisante pour les caractériser chimiquement. De ce fait, notre étude a été complétée par une analyse chromatographique type CPG/SM.

Les résultats de l'analyse effectuée sont représentés par 46 pics correspondant à un total de 46 composés. Les temps de rétention obtenus ont permis de calculer les indices de Kovats, en se basant sur ces derniers et sur les pics moléculaires nous avons détecté la nature des composés chimiques de l'HE étudiée.

Il ressort que l'HE de *Salvia algeriensis* Desf. est majoritairement dominée par les composés oxygénés, dont les sesquiterpènes oxygénés constituent 54,16% de sa composition chimique et les monoterpènes oxygénés 0,95%. Nous retrouvons également des sesquiterpènes hydrocarbonés (37,56%).

Ce résultat est confirmé par l'étude de **PAOLINI**, indiquant que les chémotypes des HE sont généralement représentés par les mono et les sesquiterpènes (possédant respectivement 10 et 15 atomes de carbone) et plus rarement les diterpènes (20 atomes de carbone) ainsi que les composés linéaires non terpéniques et les phénylpropanoïdes [91].

Le chémotype de l'HE de *Salvia algeriensis* Desf. a été identifié par l'étude de **MEROUANE**, notant la présence de 45 composés dans l'HE extraite des feuilles et 39 autres de l'HE des fleurs. Parmi les constituants majoritaires nous retrouvons des composés oxygénés tels que ; Eucalyptol (1,8 Cinéole), camphor, Bicyclo [2.2.1] heptan-2-one, Bornyl acetate, également des sesquiterpènes hydrocarbonés tels que ; β -guaiène et β -Gurjunène [17].

La nature des composés constitutifs majoritaires de l'HE de la présente étude concorde avec la nature de ceux identifiés par l'étude de **MEROUANE** [17].

5. Discussion des résultats de l'évaluation de l'activité antioxydante de l'extrait éthanolique et de l'HE

Dans ce présent travail nous avons opté pour le test de réduction de fer (FRAP) et le test DPPH.

Les résultats enregistrés de la méthode FRAP sur l'extrait éthanolique de *Salvia algeriensis* Desf. montrent que l'activité antioxydante de ce dernier est dose-dépendante.

Ainsi, en comparant la capacité de la réduction du fer de l'extrait testé avec celle de l'antioxydant de référence (acide ascorbique), nous remarquons que ce dernier présente une activité plus élevée que celle de l'extrait éthanolique avec des absorbances respectivement de 0,483 et 0,147 pour une même concentration (125 µg/mL). Cette différence n'empêche l'existence d'un pouvoir antioxydant significatif.

Nos résultats pourront être expliqués par l'étude d'**OZTURK et al** signalant qu'une augmentation d'absorption correspond à une augmentation du pouvoir réducteur de l'extrait évalué [92].

Parallèlement, le test DPPH sur l'extrait éthanolique a montré que ce dernier possède une capacité antioxydante significative avec une valeur d'IC50 de l'ordre de 394,3228 µg/mL, et que cette valeur est inversement proportionnelle à la capacité antioxydante des composés extraits. L'étude de **KHOUDALI et al** révèle que plus la valeur IC50 est petite plus l'activité antioxydante d'un composé est grande [93].

D'après les résultats obtenus du test DPPH, nous remarquons que le pourcentage d'inhibition du radical libre augmente avec l'augmentation de la concentration, que ce soit pour l'acide ascorbique ou pour l'extrait éthanolique. L'activité de l'acide ascorbique ramène la stabilité au DPPH avec un IC50 de 4,2179 µg/mL. Nous observons que le pourcentage d'inhibition de ce dernier est nettement supérieur à celui de l'extrait éthanolique pour toutes les concentrations.

L'étude de l'activité antioxydante menée par **SALAH** sur les extraits méthanoliques de trois espèces de sauges ; *S. aegyptiaca*, *S. verbenaca* et *S. argentea* a enregistré des pouvoirs antioxydants décroissants avec des valeurs d'IC50 de l'ordre de 43.6 mg/mL, 86.9 mg/mL et 374.4 mg/mL, respectivement. Comparant à cette étude, nous constatons que *Salvia algeriensis* Desf. possède une activité antioxydante largement supérieure (0,394 mg/mL) [94].

Beaucoup d'études expliquent le mode d'action des composés biologiquement actifs vis-à-vis les radicaux libres. A titre d'exemple, l'étude menée par **KHOUDALI et al** a montré que le potentiel antioxydant des extraits de plantes est fortement lié à leur teneur en polyphénols, et

DISCUSSION

qu'il est principalement attribué à la structure catéchol de l'anneau benzoïque, de la position des doubles liaisons et de la quantité de groupements hydroxyles [93].

En prenant en considération les résultats fournis par l'étude de **KHOUDALI et al** nous pourrions supposer que les polyphénols présents dans l'extrait éthanolique de *Salvia algeriensis* Desf. sont responsables du pouvoir antioxydant.

D'autre part, l'activité antioxydante de l'huile essentielle de *Salvia algeriensis* Desf. a été également évaluée par les deux méthodes (FRAP et DPPH). En effet, les résultats obtenus du test FRAP indiquent une bonne affinité de l'huile essentielle évaluée pour les ions Fe^{3+} . Cette activité antioxydante est dose-dépendante ; une augmentation de l'absorption correspond à une augmentation du pouvoir réducteur, allant d'une absorbance de 0,292 avec la plus faible concentration (12,6406 $\mu\text{g/mL}$) à des absorbances plus importantes. Cette dose-dépendance est également trouvée avec l'acide ascorbique.

Pour la méthode de piégeage des radicaux libres DPPH, les concentrations IC50 de l'acide ascorbique et de l'HE ont été déterminées. Bien que l'activité antioxydante de l'HE testée est significativement performante avec une IC50 de l'ordre de 76,926 $\mu\text{g/mL}$, mais elle est nettement inférieure à celle de l'antioxydant de référence avec une IC50 de l'ordre de 4,2179 $\mu\text{g/mL}$.

Dans une étude antérieure, menée par **MEROUANE**, l'activité anti radicalaire des parties aériennes de *Salvia algeriensis* Desf. ont été évaluées par la méthode DPPH et les concentrations IC50 trouvées étaient de 8290 $\mu\text{g/mL}$ pour les feuilles et de 8690 $\mu\text{g/mL}$ pour les fleurs. Ces valeurs sont nettement supérieures à la valeur IC50 enregistrée par notre étude (76,926 $\mu\text{g/mL}$) [17]. A la lumière de ces résultats, et sachant que la capacité antioxydante des composés extraits de plante est inversement proportionnelle à la concentration IC50, nous constatons que la capacité antioxydante de notre HE est largement plus importante.

Il est établi dans de nombreuses études que l'activité d'une huile essentielle est en rapport avec l'effet synergique des différents composés constitutifs [95].

TEPE et al montrent que les fractions des composés oxygénés d'huile essentielle de l'*Origanum Vulgare* L. sont dotés d'une excellente activité dans le système de DPPH, alors que les fractions des hydrocarbures ne possède pas de propriétés anti radicalaire.

DISCUSSION

En se basant sur ces études, l'activité antioxydante de l'HE de la présente étude pourrait principalement être attribuée non seulement au sesquiterpène oxygénée majoritaire mais également à la synergie des différents constituants.

La simplicité des deux méthodes n'empêche la présence d'inconvénients donc il est important de signaler que le potentiel de plusieurs molécules ne peut être mesuré par FRAP, comme certains phénols qui réagissent plus lentement et demandent un temps de réaction plus long pour leur détection. Par ailleurs, l'étude menée par **HUANG et al** a montré que la réversibilité du test DPPH peut parfois mener à une sous-estimation du potentiel des produits testés [97].

6. Discussion des résultats de l'évaluation de l'activité antibactérienne de l'HE

Beaucoup d'enquêtes épidémiologiques ont isolé les micro-organismes fréquemment responsables des infections nosocomiales en Algérie [98, 99]. Dans cette présente étude, nous nous sommes intéressés aux bactéries type ; *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus* (pour sa résistance naturelle, souvent utilisée comme bactérie-test).

Les résultats obtenus dans le cadre du protocole entrepris indiquent que l'huile essentielle de *Salvia algeriensis* Desf. présente une activité antibactérienne significative contre la bactérie à Gram positif *Staphylococcus aureus* et la sensibilité de cette souche varie selon les dilutions (1/2, 1/4). Cependant, aucune inhibition n'a été rapportée vis-à-vis les bactéries à Gram négatif à savoir, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* avec toutes concentrations confondues.

L'étude de **BOUTABIA et al** explique le mode d'action des huiles essentielles qui dépend du type de microorganismes ; en général, les bactéries Gram(+) sont plus sensibles aux HE que les Gram(-). En effet, il semblerait que la membrane externe des bactéries Gram(-) étant riche en LPS et plus complexe que celle des Gram(+) entrave la diffusion des molécules aromatiques vers le cytoplasme, conditionnant une faible activité antibactérienne. De même, une huile essentielle peut être bactéricide vis-à-vis de certaines souches, bactériostatique vis-à-vis d'autres ou n'avoir aucun effet [100].

L'étude de **MANN et al** confirme que la faible susceptibilité des bactéries *Pseudomonas aeruginosa* à l'action des huiles essentielles est due à la particularité de leurs membranes externe et à leur capacité à métaboliser un éventail de constituants des HE [101]. Toutefois, la

DISCUSSION

sensibilité de la bactérie *Staphylococcus aureus* à l'action de plusieurs HE a été rapportée dans les travaux de **SAMOUSSA et al**, de **CHABENAT** et de **SATRANI et al** [102, 103, 104].

La sensibilité de *Staphylococcus aureus* vis-à-vis l'HE étudiée pourrait être expliquée par les études citées ci-dessus.

L'étude de **MEROUANE** a montré que *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* sont sensibles à l'HE de *Salvia algeriensis* Desf. avec des zones d'inhibition de 19,5 mm et de 13,5 mm, respectivement. Tandis que, *Pseudomonas aeruginosa* semble être résistante avec une zone d'inhibition <8 mm (7,5 mm) [17].

Nos résultats concordent avec ceux rapportés par **MEROUANE**, à l'exception de la sensibilité d'*Escherichia coli*. Cette différence d'activité pourrait être liée aux chémotypes caractéristiques de chacune des huiles essentielles évaluées.

L'étude de **FELLAH et al** confirme que la composition d'une HE d'une même espèce est influencée par les conditions géographiques, la période de cueillette ainsi que la méthode d'extraction, à titre d'exemple, les procédés qui utilisent l'eau peuvent induire des hydrolyses d'esters, des oxydations...etc [105].

Par ailleurs, la sélectivité des huiles essentielles envers certaines bactéries restent encore mal élucidée. Cette sélectivité est le résultat de la variabilité des quantités et des profils des composants des huiles essentielles, qui présentent généralement des actions synergiques. De ce fait, il est probable que leur activité antimicrobienne ne soit pas attribuable à un mécanisme unique. L'étude d'**EI AMRI et al** a montré que la propriété hydrophobe des huiles essentielles leur permet de pénétrer dans la double couche phospholipidique des cellules bactériennes. Cela induit une perturbation chémo-osmotique et une fuite d'ions K^+ : ce mécanisme a été observé avec l'huile de l'arbre à thé sur les bactéries Gram(+) (*Staphylococcus aureus*) [106].

Ces études nous amène à présumer que l'activité antibactérienne de l'HE de *Salvia algeriensis* Desf. résulte de la complexité de ses constituants, agissant généralement de manière synergique.

CONCLUSION

CONCLUSION

En guise de conclusion, ce travail se situe à l'intersection de la chimie et la biologie ayant deux aspects de recherche ; l'ethnobotanique et la phytochimie, réalisé dans le cadre de la valorisation de la flore algérienne.

La plante sur laquelle a porté notre étude est une espèce méconnue, endémique du secteur oranais, de la région de Bouzghaia (Chlef), appartenant à la famille des Lamiaceae ; « *Salvia algeriensis* Desf. ».

Nous avons au préalable effectué une étude ethnobotanique menée auprès de 313 enquêtés de la population algérienne, l'enquête a permis de recenser une richesse en terme de connaissance liée à la médecine traditionnelle autochtone. Par la suite, nous avons enchainé notre travail par une série de tests en vue d'établir un profil phytochimique de l'espèce étudiée.

La mise en évidence qualitative des principaux métabolites secondaires par un criblage phytochimique a révélé la présence d'un éventail de substances potentiellement bioactives notamment ; polyphénols, flavones, tanins galliques, stérols, tri- terpènes et cardénolides.

D'autre part, l'analyse chromatographique par une CPG/SM de l'huile essentielle des parties aériennes de *Salvia algeriensis* Desf. extraite par hydrodistillation a mis en lumière un chémotype représenté par 45 composés, il s'agit principalement de sesquiterpènes oxygénés (54,16%), de monoterpènes hydrocarbonés (37,56%), d'hydrocarbures cycliques (2,76%) et de monoterpènes oxygénés (0,95%). Cette richesse offre une synergie précieuse et irremplaçable susceptible d'être impliquée dans de nombreuses activités biologiques.

De plus, le pouvoir réducteur des ions Fe^{3+} des extraits de la plante étudiée reflète une capacité antioxydante assez importante aussi bien pour l'extrait éthanolique que pour l'HE. Cette activité a été confirmée, par ailleurs, à travers le piégeage des radicaux libres DPPH•, où les concentrations inhibitrices médianes enregistrées étaient de l'ordre de 76,926 $\mu\text{g/mL}$ et 394,3228 $\mu\text{g/mL}$ pour l'extrait éthanolique et pour l'HE respectivement.

En outre, l'HE de *Salvia algeriensis* Desf. a manifesté une activité inhibitrice contre *Staphylococcus aureus* à différents degrés, allant d'un diamètre d'inhibition de 12 mm à 9 mm observée avec l'HE pure et les dilutions $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{4}$.

En se référant aux résultats issus d'autres études similaires, nous estimons que notre objectif est atteint. Cependant, ces résultats restent préliminaires et ne constituent qu'une ébauche dans le domaine de la recherche des antioxydants et des antimicrobiens naturels, il serait intéressant

CONCLUSION

d'étaler ce travail par d'autres systèmes *in vitro* comme *in vivo* afin de mieux cerner les interactions moléculaires de ces huiles vis-à-vis de leurs cibles.

De cette optique, multiples nouvelles pistes de recherche peuvent être envisagées et empruntées à savoir les recommandations suivantes :

- Confirmer l'activité antioxydante de *Salvia algeriensis* Desf. par d'autres méthodes (β -carotène, ABTS...).
- Evaluer l'activité antibactérienne de *Salvia algeriensis* Desf. sur d'autres souches.
- Réaliser un fractionnement de l'HE de *Salvia algeriensis* Desf. afin de purifier le composé majoritaire et l'identifier par RMN.
- Effectuer une étude histologique de *Salvia algeriensis* Desf.
- Procéder à une analyse physico-chimique fine par HPLC sur les composés phénoliques des extraits de *Salvia algeriensis* Desf.
- Evaluer l'activité anti-inflammatoire et la cytotoxicité de *Salvia algeriensis* Desf.
- Estimer la toxicité de l'HE de *Salvia algeriensis* Desf.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

1. **Chevallier A.** Encyclopédie Des Plantes Médicinales [Internet]. 2^e éd. Paris; 2001 [cité 20 juin 2022]. Disponible sur: <http://archive.org/details/encyclopedie-des-plantes-medicinales-2001-larousse>.
2. **Zaiter A.** Étude de la phytochimie de 12 plantes de la région Lorraine en fonction de la granulométrie de poudres super fines [Internet] [PhD Thesis]. Université de Lorraine; 2017. Disponible sur: <https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01935491>.
3. Encyclopédie essentielle des plantes médicinales chez Komet [Internet]. 2011 [cité 23 juin 2022]. 256 p. Disponible sur: https://www.librest.com/livres/encyclopedie-essentielle-des-plantes-medicinales_0-1220704_9783869411101.html.
4. **Grégoire A.** Le Grand Livre Des Plantes Aromatiques Et Médicinales [Internet]. [cité 20 juin 2022]. Disponible sur: <https://fr.shopping.rakuten.com/offer/buy/109120772/le-grand-livre-des-plantes-aromatiques-medicinales-de-thomas-brisebarre-livre.html>.
5. **Limonier A.** La phytothérapie de demain: les plantes médicinales au cœur de la pharmacie. 2018.
6. **Chabert G.** Myrtacées et aromathérapie. 2013;120.
7. **Amandine C.** Limites et risques de la phytothérapie. 2014;108.
8. **Belmont M.** *Lavandula angustifolia M., Lavandula latifolia M., Lavandula x intermedia E.:* études botaniques, chimiques et thérapeutiques. :154.
9. Plante natives Algérie [Internet]. [cité 9 janv 2022]. Disponible sur: <https://algerianativeplants.net/html/plante-algerie-statistique-famille-boutanique.php>.
10. **Abdellatif A.** Auto Ecologie et Biologie de la Conservation de *Phlomis crinita* (Lamiaceae) des Monts de Tessala, Algérie Occidentale. Université Djillali Liabes De Sidi Bel Abbes Faculte Des Sciences De A Nature Et De La Vie Departement Des Sicnees De L'environnement; 2019.
11. **Deysson G.** Labiées in Organisation et classification des plantes vasculaires – Systématique. Tome II. Ed. CDU et CEDES, Paris, 1979, 453-9
12. **Kazi Tani C.** Cours de Botanique Médicale. :2018.
13. **Quézel P, Santa S.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Vol. 2. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique; 1962.
14. **Palomino G, Mercado P, Ramamoorthy TP.** Chromosomes of *Salvia* subgenus *Calosphaea* (Lamiaceae), A preliminary report. *cytologia*. 1986;51(2):381-6.
15. **Jay B. W, Kenneth J. S, Jens T, Michael W.** *Salvia* (Lamiaceae) is not monophyletic: implications for the systematics, radiation, and ecological specializations of *Salvia* and tribe *Mentheae* [Internet]. *American Journal of Botany*. 2004 [cité 9 janv 2022]. Disponible sur: <https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.3732/ajb.91.7.1115>.
16. **Gérard A.** Labiées [Internet]. *Encyclopædia Universalis*. [cité 9 janv 2022]. Disponible sur: <https://www.universalis.fr/encyclopedie/labiees/>.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

17. **Merouane A.** Caractérisation, activité antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles de trois espèces de sauges (*Salvia algeriensis*, *Salvia argentea* et *Salvia barrelieri*) [Internet]. [Chlef]: Université Hassiba Ben Bouali; 2013 [cité 9 janv 2022]. Disponible sur: <https://studylibfr.com/doc/955462/voir-ouvrir---université-hassiba-benbouali-de-chlef>.
18. **Kazi Tani C.** *Salvia algeriensis* Desf. | Espèces [Internet]. WIKTROP - Identification et Connaissance des Adventices Tropicales et Méditerranéennes. [cité 9 janv 2022]. Disponible sur: <https://portal.wiktrop.org/fr/species/show/727?lang=fr>.
19. *Salvia officinalis* - Sauge officinale [Internet]. [cité 9 janv 2022]. Disponible sur: <https://quelleestcetteplante.fr/especes.php?genre=Salvia&variete=officinalis>.
20. **Bouque V.** Étude de la production de métabolites secondaires par des cultures in vitro de Psoralées (leguminosae) [Internet] [phdthesis]. Institut National Polytechnique de Lorraine; 1997 [cité 20 juin 2022]. Disponible sur: <https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01750937>.
21. **Ghedadba N.** Métabolisme secondaire chez les végétaux, L3 Biotechnologie et génomique végétale [Internet]. 2021 [cité 20 juin 2022]. Disponible sur: http://staff.univ-batna2.dz/ghedadba_nabil/classes/polycopie-de-cours-m%C3%A9tabolisme-secondaire-chez-les-v%C3%A9g%C3%A9taux-l3-biotechnologie.
22. **Bruneton J.** Pharmacognosie - Phytochimie, Plantes médicinales [Internet]. 5^e éd. [cité 12 janv 2022]. 1504 p. Disponible sur: <https://www.lavoisier.fr/livre/genie-pharmaceutique/pharmacognie-phytochimie-plantes-medicinales-5e-ed/bruneton/descriptif-9782743021658>.
23. **Collin S, Crouzet J.** Polyphénols et procédés. Lavoisier; 2011. 353 p.
24. **Bruneton J.** Pharmacognosie - Phytochimie, Plantes médicinales. Editions Tec & Doc, Editions médicales internationales; 1999. 1120 p.
25. **Audray DJ.** Contribution à l'étude phytochimique et moléculaire de la synthèse des coumarines et furocoumarines chez diverses variétés d'agrumes du genre Citrus. :286.
26. **Laib N, Megag B, Tabti N.** Etude des propriétés biologiques des métabolites secondaires de quelques espèces végétales de la famille Astéracées [Internet] [Thesis]. University of Jijel; 2020 [cité 20 juin 2022]. Disponible sur: <http://dspace.univ-jijel.dz:8080/xmlui/handle/123456789/5487>.
27. **Rira M.** Les tanins hydrolysables et condensés: une piste pour la réduction de la production du méthane entérique par les ruminants en milieu tropical. :232.
28. **Krief S.** Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. :348.
29. **Arraki K.** Les stilbénoides chez les Cypéracées: isolation, identification et étude de leurs activités biologiques: identification et dosage des stilbènes dans des vins Tunisiens. :178.
30. **Elkolli M.** Structure Et Activites Des Substances Naturelles : Principes Et Applications. 2017.
31. **Lopresti AL.** *Salvia* (Sage): A Review of its Potential Cognitive-Enhancing and Protective Effects. *Drugs R D.* mars 2017;17(1):53-64.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

32. Human Metabolome Database: Showing metabocard for Sagecoumarin (HMDB0034035) [Internet]. The Metabolomics Innovation Center. [cité 29 janv 2022]. Disponible sur: <https://hmdb.ca/metabolites/HMDB0034035>.
33. **Kabouche A**, Université Mentouri-Constantine, Faculté Des Sciences Exactes, Département De Chimie. Etude phytochimique de plantes médicinales appartenant à la famille des Lamiaceae. 2005.
34. **Jovanović A, Petrović P, Đorđević V, Zdunić G, Šavikin K, Bugarski B**. Polyphenols extraction from plant sources. *Lekovite sirovine*. 2017;(37):45-9.
35. Extraction végétale - Extraction végétale [Internet]. [cité 20 juin 2022]. Disponible sur: <https://www.berkem.com/fr/expertise/extraction-vegetale>.
36. **Frédérique P**. Cosmétique & Chimie Verte (5/6) : “Be in the good Vibes” [Internet]. [cité 20 juin 2022]. Disponible sur: <https://www.linkedin.com/pulse/cosmetique-chimie-verte-56-good-vibes-partie-1-portolan-phd/?originalSubdomain=fr>.
37. **Mickel F**. Traité d’Aromathérapie Scientifique et Médicale ; les Huiles Essentielles [Internet]. 3^e éd. paris; [cité 21 mai 2022]. Disponible sur: <https://www.livres-medicaux.com/botanique/19382-traite-d-aromatherapie-scientifique-et-medicale-les-huiles-essentielles.html>.
38. L’aromathérapie : des huiles « essentielles » au quotidien [Internet]. Passeport santé. 2014 [cité 20 juin 2022]. Disponible sur: <https://www.passeportsante.net/fr/Actualites/Dossiers/DossierComplexe.aspx?doc=aromatherapie-huiles-essentielles-quotidien>.
39. **Boukhatem N, Ferhat A**. Méthodes D’extraction Et De Distillation Des Huiles Essentielles : Revue De Littérature. 2019;7.
40. Réaliser une hydrodistillation [Internet]. SchoolMouv. [cité 20 juin 2022]. Disponible sur: <https://www.schoolmouv.fr/savoir-faire/realiser-une-hydrodistillation/fiche-pratique>.
41. **Hacini S, Kaid-Harche M, Fortas Z, Cheriti A, Abbouni B, Abed DE, et al**. Etude Chimique Et Biologique Des Huiles Essentielles De Coriandre, De Fenouil Et De Persil. :239.
42. **Rouessac A, Rouessac F**. L’essentiel de techniques instrumentales d’analyse chimique. Malakoff: Dunod; 2021.
43. La chromatographie en phase gazeuse: principe [Internet]. CultureSciences-Chimie. [cité 20 juin 2022]. Disponible sur: <https://culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimie-analytique/chromatographie/la-chromatographie-en-phase-gazeuse-principe>.
44. **Djibo A**. Analyse des huiles essentielles de quelques plantes de la flore du Burkina Faso appartiennent aux familles des Lamiaceae (*Hyptis spicigera* Lam., *Hyptis suaveolens* Poit., *Ocimum americanum* L.) et des Poaceae (*Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng, *Cymbopogon giganteus* Chiov et *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. - Sécheresse info [Internet]. [cité 20 juin 2022]. Disponible sur: <http://www.secheresse.info/spip.php?article70777>.
45. **Chojnacka K, Lewandowska U**. The Antiangiogenic Activity of Polyphenol-Rich Extracts and Its Implication on Cancer Chemoprevention. *Food Reviews International*. 2 janv 2020;36(1):77-103.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

46. **González R, Ballester I, López-Posadas R, Suárez MD, Zarzuelo A, Martínez-Augustin O, et al.** Effects of Flavonoids and other Polyphenols on Inflammation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 25 mars 2011;51(4):331-62.
47. **Bravo L.** Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance. *Nutrition Reviews*. 2009;56(11):317-33.
48. **Lenoir L.** Effet protecteur des polyphénols de la verveine odorante dans un modèle d'inflammation colique chez le rat. :291.
49. **Jalhan S, Singh S, Saini R, Sethi NS, Jain UK.** Various Biological Activities Of Coumarin And Oxadiazole Derivatives. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 1 juill 2017;38-43.
50. **Xu L, Zhao XY, Wu YL, Zhang W.** The Study on Biological and Pharmacological Activity of Coumarins. In Atlantis Press; 2015 [cité 21 juin 2022]. p. 135-8. Disponible sur: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/ap3er-15/19539>.
51. **Padte T, Pednekar S, Shejwalkar P.** Applications of Coumarins as Cardiovascular and Anti-Cancer Agents: A Short Review. *Journal of Cardiology & Cardiovascular Therapy*. 2017;8(5):77-82.
52. **Karak P.** Biological Activities Of Flavonoids: An Overview | *International Journal Of Pharmaceutical Sciences And Research*. 31 Mars 2019;1567-74.
53. **Hadi SM, Ullah MF, Azmi AS, Ahmad A, Shamim U, Zubair H, et al.** Resveratrol mobilizes endogenous copper in human peripheral lymphocytes leading to oxidative DNA breakage: a putative mechanism for chemoprevention of cancer. *Pharm Res*. juin 2010;27(6):979-88.
54. **Chung KT, Wong TY, Wei CI, Huang YW, Lin Y.** Tannins and human health: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr*. août 1998;38(6):421-64.
55. **Sall MD.** Etude Phytochimique, Activités Antimicrobiennes et Antioxydantes de Quelques Plantes Aromatiques et Médicinales Africaines. :277.
56. **Baccouri B, Rajhi I.** Potential Antioxidant Activity of Terpenes [Internet]. 2021 [cité 21 mai 2022]. Disponible sur: <https://www.intechopen.com/chapters/75827>.
57. **Masyita A, Mustika Sari R, Dwi Astuti A, Yasir B, Rahma Rumata N, Emran TB, et al.** Terpenes and terpenoids as main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential application as natural food preservatives. *Food Chem X*. 30 mars 2022;13:100217.
58. **Yang J, Choi WS, Kim KJ, Eom CD, Park MJ.** Investigation of Active Anti-Inflammatory Constituents of Essential Oil from *Pinus koraiensis* (Sieb. et Zucc.) Wood in LPS-Stimulated RBL-2H3 Cells. *Biomolecules*. juin 2021;11(6):817.
59. **González-Burgos E, Gómez-Serranillos MP.** Terpene compounds in nature: a review of their potential antioxidant activity. *Curr Med Chem*. 2012;19(31):5319-41.
60. **Proshkina E, Plyusnin S, Babak T, Lashmanova E, Maganova F, Koval L, et al.** Terpenoids as Potential Geroprotectors. *Antioxidants*. juin 2020;9(6):529.
61. **Kouider H, Mohammed B, Mohammed M, Abdelkader O, Abdelkarim R.** Importance Des Plantes Médicinales Pour La Population Rurale Du Parc National De Djebel Aissa (Sud

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ouest Algerien). lejeunia [Internet]. 1 janv 2019 [cité 29 mai 2022]; Disponible sur: <https://popups.uliege.be/0457-4184/index.php?id=1865>.
62. Google Maps [Internet]. Google Maps. [cité 13 juin 2022]. Disponible sur: <https://www.google.com/maps/place/36%C2%B017'52.6%22N+1%C2%B014'54.8%22E/@36.2834206,1.2440924,11z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0xb4d6d3aec9797058!8m2!3d36.2979444!4d1.2485556?hl=FR>.
63. Guide des bonnes pratiques de collecte des plantes aromatiques et [Internet]. dokumen.tips. [cité 13 juin 2022]. Disponible sur: <https://dokumen.tips/documents/guide-des-bonnes-pratiques-de-collecte-des-plantes-aromatiques-et-.html>.
64. **Tehami W.** Caractérisation phytochimique et évaluation du potentiel antioxydant, antimicrobien et anti-inflammatoire de *Salvia argentea* [Internet] [Thesis]. 2017 [cité 27 mai 2022]. Disponible sur: <http://rdoc.univ-sba.dz:8080/jspui/handle/123456789/1981>.
65. **Bouzar R, Nehari W.** *Salvia Chudaei* Batt, & Trab, Du Hoggar : Étude Phytochimique Préliminaire [Internet]. [cité 13 juin 2022]. Disponible sur: <https://www.theses-algerie.com>.
66. ISO 279:1998(fr), Huiles essentielles — Détermination de la densité relative à 20 degrés C — Méthode de référence [Internet]. [cité 24 juin 2022]. Disponible sur: https://www.iso.org/obp/ui/fr/?fbclid=IwAR3uSWDEh7WB_4TJKvMjwj3xthbkkFqRJKQQKUUtUsjRG7JDlh2oALgI_Ec#iso:std:iso:279:ed-2:v1:fr.
67. **Didi A.** Evaluation of the antioxidant activity of the coffee parchment. Scientific Study and Research [Internet]. 2020 [cité 1 juin 2022]; Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02513965>.
68. **Oyaizu, M.** (1986) Studies on products of browning reactionAntioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. Japanese Journal of Nutrition. 44, 307–315.
69. **Bougandoura N, Bendimerad N.** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha ssp. Nepeta* (L.) Briq. | ASJP. 2013;5(2):14-9.
70. **Laraba M, Serrat A, Ouassaa G.** Etude in vitro de l'activité antioxydante des polyphénols isolés à partir d'une plante médicinale.
71. **Massaro M, Riela S, Guernelli S, Parisi F, Lazzara G, Baschieri A, et al.** A synergic nanoantioxidant based on covalently modified halloysite–trolox nanotubes with intra-lumen loaded quercetin. J Mater Chem B. 8 mars 2016;4.
72. **Dieng SIM, Fall AD, Diatta-Badji K, Sarr A, Sene M, Sene M, et al.** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits hydro-ethanoliques des feuilles et écorces de *Piliostigma thonningii* Schumach. International Journal of Biological and Chemical Sciences [Internet]. 2017 [cité 1 juin 2022]; Disponible sur: <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i2>.
73. **Laïb I, Barkat M.** Composition chimique et activité antioxydante de l'huile essentielle des fleurs seches de *lavandula officinalis*. Agriculture. 31 déc 2011;2(2):89-101.
74. **Fontanay S, Mougenot ME, Duval RE.** Évaluation des activités antibactériennes des huiles essentielles et/ou de leurs composants majoritaires. Hegel. 2015;2(2):109-18.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

75. **Mouas Y, Benrebiha FZ, Chaouia C.** Évaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle et de l'extrait méthanolique du romarin *Rosmarinus officinalis* L. *Lrbpv*. 30 juin 2017;7(1):363-70.
76. **Belhouala K, Benarba B.** Medicinal Plants Used by Traditional Healers in Algeria: A Multiregional Ethnobotanical Study. *Frontiers in Pharmacology* [Internet]. 2021 [cité 28 mai 2022];12. Disponible sur: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphar.2021.760492>.
77. **Rhattas M, Douira A, Zidane L.** Étude ethnobotanique des plantes médicinales dans le Parc National de Talassemtane (Rif occidental du Maroc). *Journal of Applied Biosciences*. 2016;97:9187-211.
78. **Béné K, Camara D, Kanga Y, Yapi AB, Yapo YC, Ambe SA, et al.** Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le Département de Transua, District du Zanzan (Côte d'Ivoire) [Internet]. 2016 [cité 28 mai 2022]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/332705938_Etude_ethnobotanique_des_plantes_medicinales_utilisees_dans_le_Departement_de_Transua_District_du_Zanzan_Cote_d'Ivoire.
79. **Hamel T, Sadou N, Seridi R, Boukhedir S, Boulemtafes A.** Pratique traditionnelle d'utilisation des plantes médicinales dans la population de la péninsule de l'Edough (nord-est algérien). *Ethnopharmacologia*. 1 mars 2018;59:65-70.
80. **Reichling J, Schnitzler P, Suschke U, Saller R.** Essential oils of aromatic plants with antibacterial, antifungal, antiviral, and cytotoxic properties--an overview. *Forschende Komplementarmedizin* (2006) [Internet]. avr 2009 [cité 18 juin 2022];16(2). Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19420953/>.
81. **Benabdesslem Y, Hachem K, Kahloula K, Slimani M.** Ethnobotanical Survey, Preliminary Physico-Chemical and Phytochemical Screening of *Salvia argentea* (L.) Used by Herbalists of the Saïda Province in Algeria. *Plants (Basel)*. 5 déc 2017;6(4):59.
82. **Axiotis E, Halabalaki M, Skaltsounis LA.** An Ethnobotanical Study of Medicinal Plants in the Greek Islands of North Aegean Region. *Frontiers in Pharmacology* [Internet]. 2018 [cité 28 mai 2022];9. Disponible sur: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphar.2018.00409>.
83. **Kane F, Yao-Kouame A, Konan A, N'guessan A.** Dosage De Quelques Composantes Biochimiques Des Feuilles De *Lippia multiflora* (Verbenacee) a Deux Stades De Developpement Et Qualite Des Infusions, En Fonction De La Dose D'uree. *Agronomie Africaine*. 2010;22(3):227-35.
84. **Abdelkader M, Ahcen B, Rachid D, Hakim H.** Phytochemical Study and Biological Activity of Sage (*Salvia officinalis* L.). 2014;8(11):5.
85. **Abu-Dahab R, Afifi F, Kasabri V, Majdalawi L, Naffa R.** Comparison of the antiproliferative activity of crude ethanol extracts of nine salvia species grown in Jordan against breast cancer cell line models. *Pharmacogn Mag*. 2012;8(32):319-24.
86. **Kahsu A.** Preliminary Phytochemical Screening and Blood Glucose Lowering Activity of Methanol Extract of *Salvia tilifolia* Vahl aerial part. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*. 15 mai 2015;5:122-5.
87. **Boira H, Blanquer A.** Environmental factors affecting chemical variability of essential oils in *Thymus piperella* L. *Biochemical Systematics and Ecology*. déc 1998;26(8):811-22.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

88. **Figueiredo A, Barroso J, Pedro L, Scheffer J.** Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*. 2008;23(4):213-26.1.
89. **Özcan MM, Figueredo G, Chalchat JC, Chalard P, Tugay O, et al.** Chemical constituents of essential oils of *Salvia heldreichiana* Boiss. Ex *Bentham* and *Salvia tomentosa* Mill. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. 2019;25(2):106-10.
90. **Abderraba M, Fellah S, Romdhane M.** Extraction Et Etude Des Huiles Essentielles De La *Salvia Officinalis*.L Cueillie Dans Deux Regions Differentes De La Tunisie. 2006;16(2):193-202.
91. **Paolini J.** Caractérisation des huiles essentielles par CPG/Ir, CPG/SM(IE et IC) et RMN du carbone-13 de *Cistus albidus* et de deux *Asteraceae* endémiques de Corse : *Eupatorium cannabinum* subsp. *corsicum* et *Doronicum corsicum*. [Internet] [phdthesis]. Université de Corse; 2005 [cité 23 juin 2022]. Disponible sur: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00441322>.
92. **Dudonné S, Xavier V, Coutière P, Woillez M, Merillon J.** Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC Assays. *Journal of agricultural and food chemistry*. 1 mars 2009;57:1768-74.
93. **Khoudali S, Benmessaoud Left D, Essaqui A, Zertoubi M, Mohammed A, Benaissa M.** Étude de l'activité antioxydante et de l'action anti corrosion de l'extrait méthanolique des feuilles du palmier nain (*Chamaerops humilis* L.) du Maroc Study of antioxidant activity and anticorrosion action of the methanol extract of dwarf palm leaves (*Chamaerops humilis* L.) from Morocco. 12 févr 2014;
94. **Salah K, Mahjoub M, Ammar S, Michel L, Millet-Clerc J, Chaumont J, et al.** Antimicrobial and antioxidant activities of the methanolic extracts of three *Salvia* species from Tunisia. *Natural Product Research*. 1 oct 2006;20(12):1110-20.
95. **Gavarić N, Smole Možina S, Kladar N, Bozin B.** Chemical Profile, Antioxidant and Antibacterial Activity of Thyme and Oregano Essential Oils, Thymol and Carvacrol and Their Possible Synergism. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 4 juill 2015;18.
96. **Tepe B, Sihoglu-Tepe A, Daferera D, Polissiou M, Sokmen A.** Chemical composition and antioxidant activity of the essential oil of *Clinopodium vulgare* L. *Food Chemistry*. 31 déc 2007;103:766-70.
97. **Tolba I.** Détermination d'un méta-paramètre pour l'estimation de la capacité antioxydante globale des thés, tisanes et jus [Internet] [masters]. [Trois-Rivières]: Université du Québec à Trois-Rivières; 2016 [cité 14 juin 2022]. Disponible sur: <https://depot-e.uqtr.ca/id/eprint/7988/>.
98. **Laiche S, Boularas N.** Prévalence Et Bactéries Associées Aux Infections Nosocomiales Au Chu Hussein Day(alger) [Internet]. [cité 12 juin 2022]. Disponible sur: <https://www.theses-algerie.com>.
99. **Amazian K, Rossello J, Castella A, Sekkat S, Terzaki S, Dhidah L, et al.** Prévalence des infections nosocomiales dans 27 hôpitaux de la région méditerranéenne. *World Health Organization - Regional Office for the Eastern Mediterranean* [Internet]. 2010 [cité 12 juin 2022];16. Disponible sur: <http://www.emro.who.int/emhj-volume-16-2010/volume-16-issue-10/article-10.html>.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

100. **Boutabia L, Telailia S, Bouguetof I, Guenadil F, Chefrou A.** Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* L. De la région de Hammamet (Tébessa-Algérie). *Bulletin de la Societe Royale des Sciences de Liege*. 14 nov 2016;85:174-89.
101. **Mann C, Cox S, Markham J.** The outer membrane of *Pseudomonas aeruginosa* NCTC 6749 contributes to its tolerance to the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *Letters in Applied Microbiology*. 2000;30(4):294-7.
102. **Samoussa M, Abdellaoui A, Kettani A, Saile R, Bennani H.** Étude de la Sensibilité Aux Huiles Essentielles de *Cinnamomum Verum*, *Eucalyptus Globulus*, et *Glycyrrhiza Glabra* L Ainsi qu'aux Antibiotiques de Certains Germes Issus de la Restauration Collective. *European Scientific Journal*. 31 janv 2018;14.
103. **Chabenat H.** Potentialité in vitro de 10 huiles essentielles, seules ou en association, dans le traitement des infections bactériennes cutanées [Internet]. Limoges; 2017 [cité 20 juin 2022]. Disponible sur: <http://aurore.unilim.fr/ori-oai-search/notice/view/unilim-ori-79027>.
104. **Satrani B, Farah A, Fechtal M, Talbi M, Bouamrani M.** Composition chimique et activité antibactérienne et antifongique de l'huile essentielle d'*Ammi visnaga* (L.) Lam. du Maroc. *Acta Botanica Gallica*. 1 mars 2004;151(1):65-71.
105. **Fellah S, Romdhane M, Abderrabba M.** Extraction Et Etude Des Huiles Essentielles De La *Salvia Officinalis*.L Cueillie Dans Deux Regions Differentes De La Tunisie. *J Soc Alger Chim*. 1 janv 2006;16.
106. **Amri JE, Elbadaoui K, Zair T, Bouharb H, Chakir S, Alaoui TI.** Étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Teucrium capitatum* L et l'extrait de *Silène vulgaris* sur différentes souches testées. *Journal of Applied Biosciences*. 1 déc 2014;82:7481-92.

ANNEXES

Annexe I : Questionnaire de l'enquête ethnobotanique (en français).



Enquête ethnobotanique sur la plante *Salvia algeriensis* Desf.

Nous internes en pharmacie à l'université de Tlemcen,

Dans le cadre de notre recherche de fin d'étude portée sur une étude phytochimique de la plante *Salvia algeriensis* Desf. (sauge algérienne), nous avons réalisé ce questionnaire afin de récolter un maximum d'informations pouvant nous orienter dans notre travail.

Nous vous remercions de bien vouloir consacrer quelques minutes pour répondre au questionnaire ci-joint.



*Obligatoire

Adresse e-mail *

Votre adresse e-mail

Suivant



Page 1 sur 5

Effacer le formulaire

Une seule réponse possible

Plusieurs réponses possibles

Annexe I (suite) : Questionnaire de l'enquête ethnobotanique (en français).

Informations personnelles

vosre sexe : *

homme

femme

vosre âge : *

>18ans

de 20 à 30ans

de 31 à 40ans

>40ans

vosre wilaya : *

Vosre réponse _____

vosre niveau institutionnel : *

primaire

secondaire

universitaire

analphabète

Vosre travail : *

Vosre réponse _____

Retour Suivant

Page 2 sur 5

Effacer le formulaire

Une seule réponse possible

Plusieurs réponses possibles

Annexe I (suite) : Questionnaire de l'enquête ethnobotanique (en français).

Connaissance en médecine traditionnelle

Avez-vous l'habitude d'utiliser les plantes médicinales ? *

oui

non

Quelle(s) est (sont) la (les) plante (s) que vous utilisez le plus ? *

Votre réponse

Sous quelle forme avez-vous l'habitude de les utiliser ? *

Infusion

huile essentielle

macération

fumigation

aucune

Autre :

Retour

Suivant

 Page 3 sur 5

Effacer le
formulaire

Une seule réponse possible

Plusieurs réponses possibles

Annexe I (suite) : Questionnaire de l'enquête ethnobotanique(en français).

Place des sauges dans la médecine traditionnelle

Connaissez-vous les sauges ? *

oui

non

Avez-vous l'habitude d'utiliser les sauges ? *

oui

non

Comment vous vous procurez les sauges ? *

de chez l'herboriste

pharmacie

votre jardin

en cueillette

Autre : _____

Retour

Suivant

Page 4 sur 5

Effacer le
formulaire

Une seule réponse possible

Plusieurs réponses possibles

Annexe I (suite) : Questionnaire de l'enquête ethnobotanique(en français).

Place de *Salvia algeriensis* Desf. dans la médecine traditionnelle

connaissez-vous la sauge algérienne ? *

oui

non

Quelle est la partie utilisée de la sauge algérienne? *

feuille

fleur

racine

tige

je sais pas

Autre : _____

La sauge algérienne est utilisée sous forme de : *

tisane

huile essentielle

macération

fumigation

je sais pas

Autre : _____

La sauge algérienne est utilisée pour traiter : *

Etat grippal ou rhume

Maux de tête

Troubles gastriques

Insomnie

Trouble de cycle menstruel

Hypersudation

Problèmes dermatologiques (antifongique, antibactérienne..)

je sais pas

Autre : _____

Merci pour votre collaboration

[Retour](#) [Envoyer](#) ————— Page 5 sur 5 [Effacer le formulaire](#)

Une seule réponse possible

Plusieurs réponses possibles

Annexe II : Questionnaire de l'enquête ethnobotanique (en arabe).



دراسة عرقية نباتية على المریمیة (salvia algeriensis) الجزائرية

فرع صیدلة 2021/2022

في إطار تحضير مشروع التخرج الخاص بنا، موضوعه دراسة نباتية كيميائية لنبات المریمیة الجزائرية
قمنا بهذا الاستبيان من أجل جمع أكبر قدر ممكن من المعلومات التي يمكن أن ترشدنا في عملنا هذا

یرجى الإجابة.



*Obligatoire

Adresse e-mail *

Votre adresse e-mail

Suivant

Effacer le formulaire



Une seule réponse possible



Plusieurs réponses possibles

Annexe II (suite) : Questionnaire de l'enquête ethnobotanique (en arabe).

معلومات شخصية

* الجنس :

ذكر

انثى

* السن :

>18

20-30

31-40

>40

* الولاية :

Votre réponse

* المستوى :

ابتدائي

ثانوي

جامعي

أمي

* الوظيفة :

Votre réponse

Retour Suivant Effacer le formulaire

Une seule réponse possible

Plusieurs réponses possibles

Annexe II (suite) : Questionnaire de l'enquête ethnobotanique (en arabe).

الطب التقليدي

* هل من عادتكم استعمال النباتات الطبية ؟

نعم

لا

* ما هي الأعشاب الطبية التي تستخدمونها بكثرة ؟

Votre réponse

* على أي شكل تستخدمونها عادة ؟

شاي أعشاب

زيت أساسي

نقع

تبخير

لا شيء

Autre : _____

Retour

Suivant

Effacer le formulaire

Une seule réponse possible

Plusieurs réponses possibles

Annexe II (suite) : Questionnaire de l'enquête ethnobotanique (en arabe).

مكان المريمية في الطب التقليدي

* هل تعرفون المريمية ؟

نعم

لا

* هل استعملتم من قبل المريمية ؟

نعم

لا

* كيف تفتنون المريمية ؟

من عند العشاب

من الصيدلية

من بستان منزلكم

عن طريق قطفها

غير ذلك

Retour

Suivant

Effacer le formulaire

Une seule réponse possible

Plusieurs réponses possibles

Annexe II (suite) : Questionnaire de l'enquête ethnobotanique (en arabe).

مكان المريمية الجزائرية في الطب التقليدي

* هل تعرفون المريمية الجزائرية ؟

- نعم
 لا

* ما هو الجزء المستخدم من المريمية الجزائرية ؟

- ورقة
 زهرة
 جذور
 ساق
 لا أعلم
 Autre : _____

* على أي شكل تستخدم المريمية الجزائرية ؟

- شاي أعشاب
 زيت أساسي
 النقع
 التبخير
 لا أعلم
 Autre : _____

* لأي غرض تستخدم المريمية الجزائرية ؟

- حالة زكام
 صداع رأس
 لمعالجة المشاكل الهضمية
 الأرق
 في حالة اضطرابات في الدورة الشهرية
 كمضاد للحرق
 لا أعلم
 Autre : _____

شكرا لتعاونكم معنا

Retour

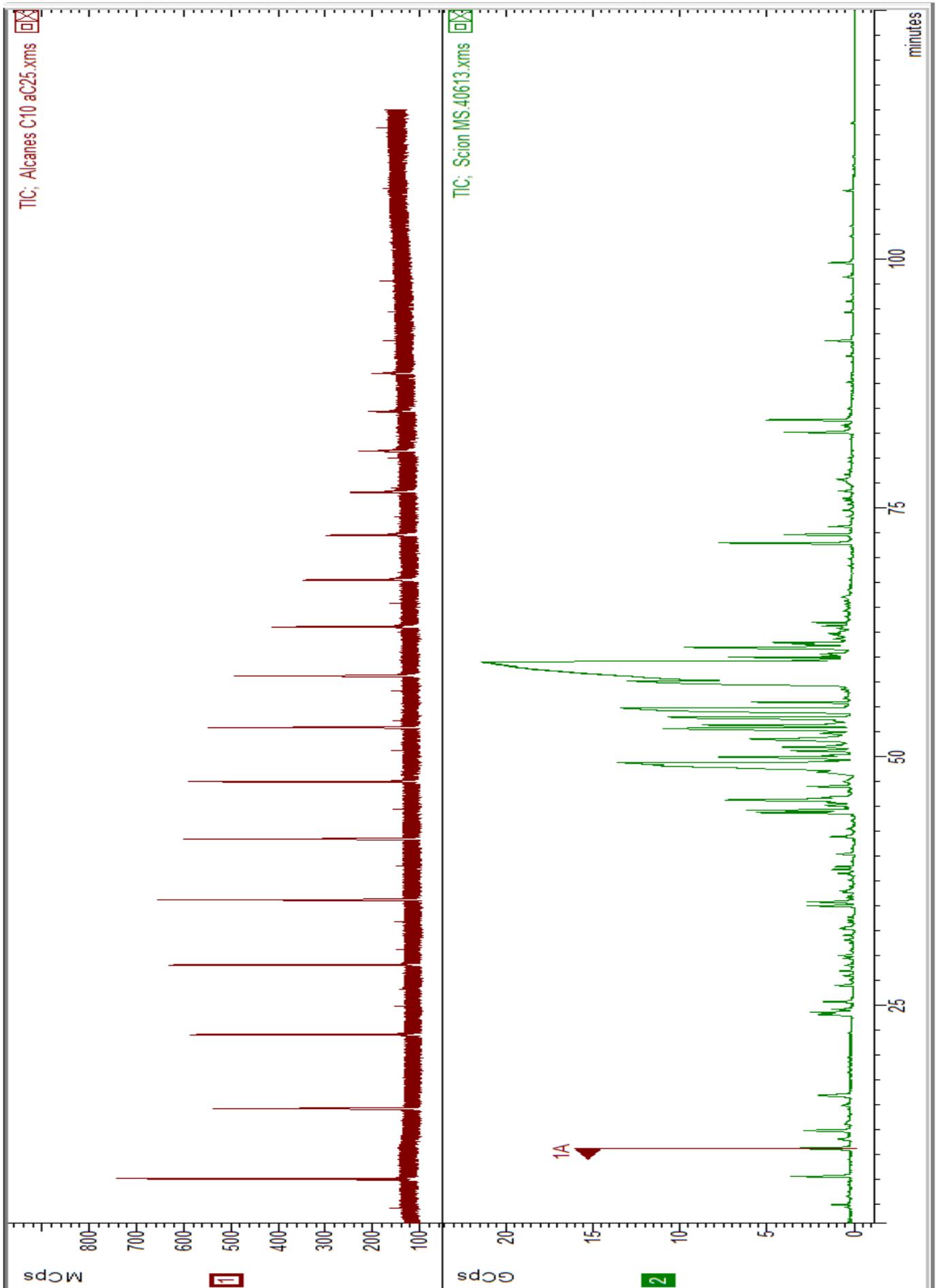
Envoyer

Effacer le formulaire

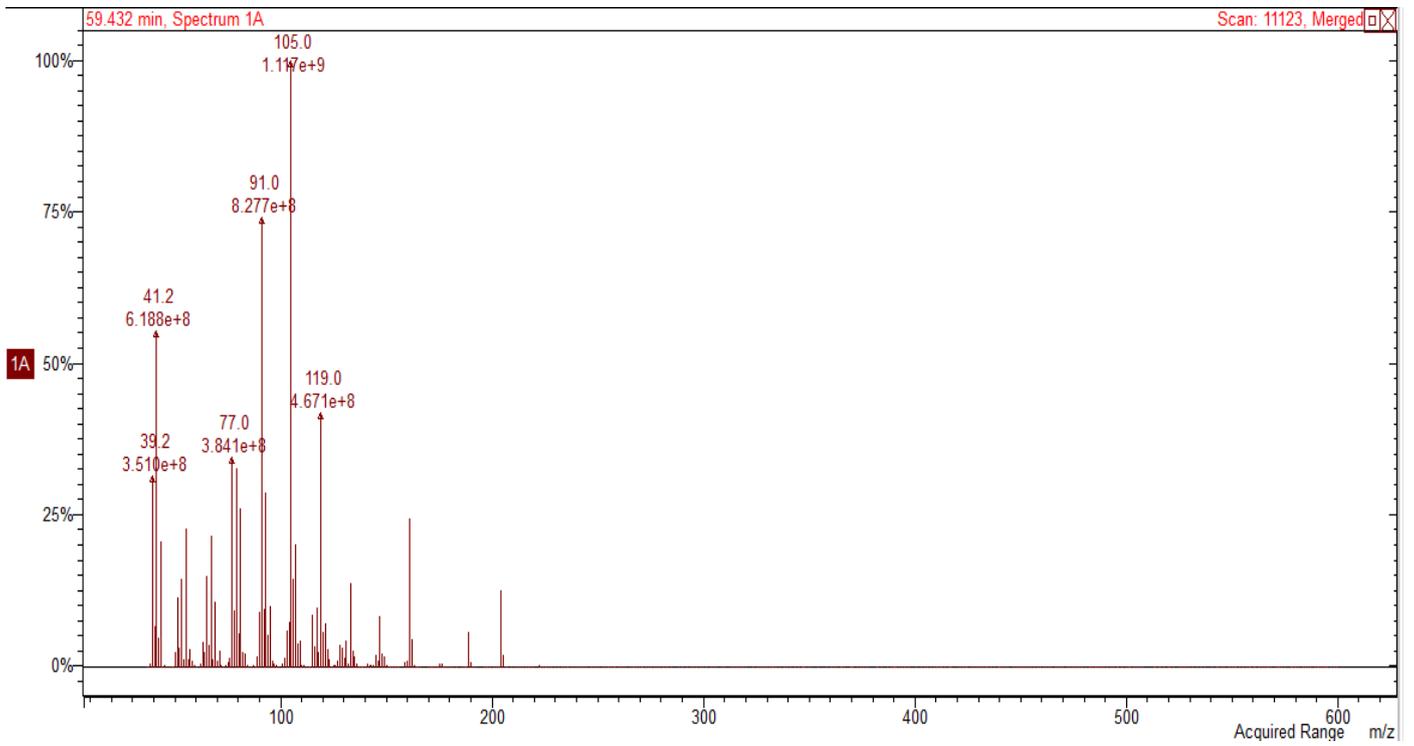
Annexe III : Classification des plantes médicinales les plus utilisées par la population étudiée en fonction des familles botaniques.

Plante médicinale	Nom arabe	Famille botanique	Plante médicinale	Nom arabe	Famille botanique
Lavande	خزامى	Lamiaceae	giroflief	القرنفل	Myrtaceae
Sauge	مرمية	Lamiaceae	Anis vert	حبة حلاوة	Apiaceae
Camomille	بابونج	Asteraceae	Eucalyptus	كاليتوس	Myrtaceae
Gingembre	زنجبيل	Zingiberaceae	Ajowan	اجوان	Apiaceae
Origan	ز عتر	Lamiaceae	Laurier	الرند	Lauraceae
Romarin	اكليل الجبل	Lamiaceae	Cannelle	قرفة	Lauraceae
Armoise	الشيخ	Asteraceae	Aloe Vera	مر و صبر	Asphodelaceae
Cumin	كمون	Apiaceae	Fenouil	بسياس	Apiaceae
Basilic	الحبق	Lamiaceae	Citron	ليمون	Rutaceae
Thé	الشاي	Théaceae	Jujubier de Palestine	سدر فلسطين	Rhamnaceae
Graine de lin	الكتان	Linaceae	Persil	معدنوس	Apiaceae
Lentisque	الضرو	Anacardiaceae	Khella	خلة	Apiaceae
Coriandre	الكزبرة	Apiaceae	Passiflore	زهرة الالم	Passifloraceae
Artichaut	خرشوف	Asteraceae	Gitane	الجيتانة	Lamiaceae
Ecorce de grenade	قشرة الرمان	Punicaceae	Séné	سنا مكي	Caesalpinaceae
Curcuma	الكرم	Zingiberaceae	Marrube blanc	المريوة	Lamiaceae
Marjolaine	مردقوش	Lamiaceae	Costus marin	العود الهندي	Asteraceae
Absinthe	الشيبية	Asteraceae	Verveine	لويزة	Verbenaceae
Anis étoilé	نجمة الأرض	Asteraceae	Feuille d'olivier	ورق الزيتون	Oleaceae
Arbre à thé	شجرة الشاي	Myrtaceae	Chives	ثوم معمر	Alliaceae
Genévrier	العرعار	Cupressaceae	Chia	شيا	Lamiaceae
Ricin	خروع	Euphorbiaceae	Ail	الثوم	Liliaceae
Fenugrec	الحلبة	Fabaceae	Moringa	المورينجا	Moringaceae
Menthe poivrée	نعناع الفلفلي	Lamiaceae	Ginseng	الجانسينج	Araliaceae
Aneth	شبت	Apiaceae	Réglisse	عرق السوس	Fabaceae
chicorée	الهندباء	Asteraceae	Aurone	-	Asteraceae
Hibiscus	الكركيه	Malvaceae	Germandrée	خيطة الجرح	Lamiaceae
Thym	زعيرة	Lamiaceae	Lavande papillons	الحلحال	Lamiaceae
Menthe pouliot	فليو	Lamiaceae	Menthe verte	نعناع	Lamiaceae

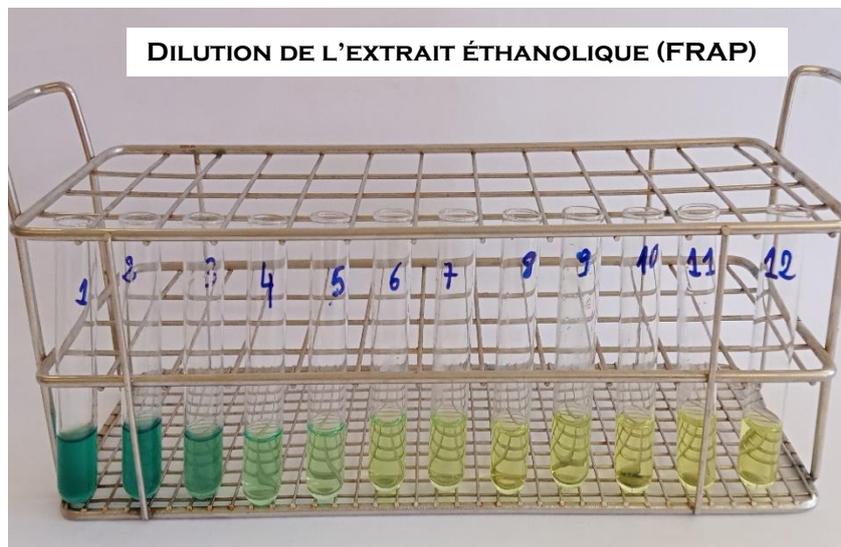
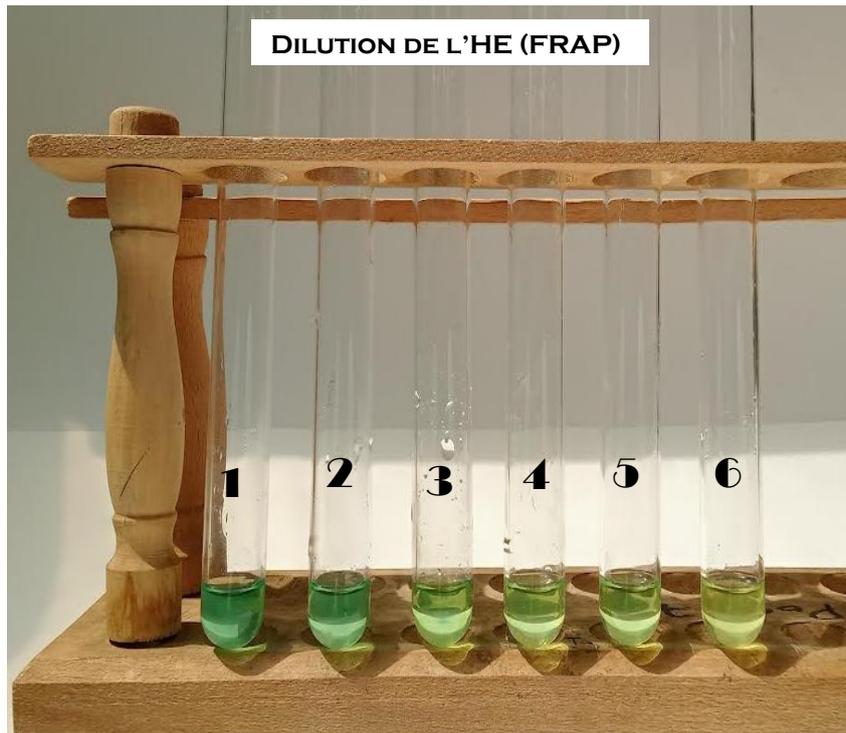
Annexe IV : chromatogrammes de l'HE étudiée et de la série d'alcane utilisée.



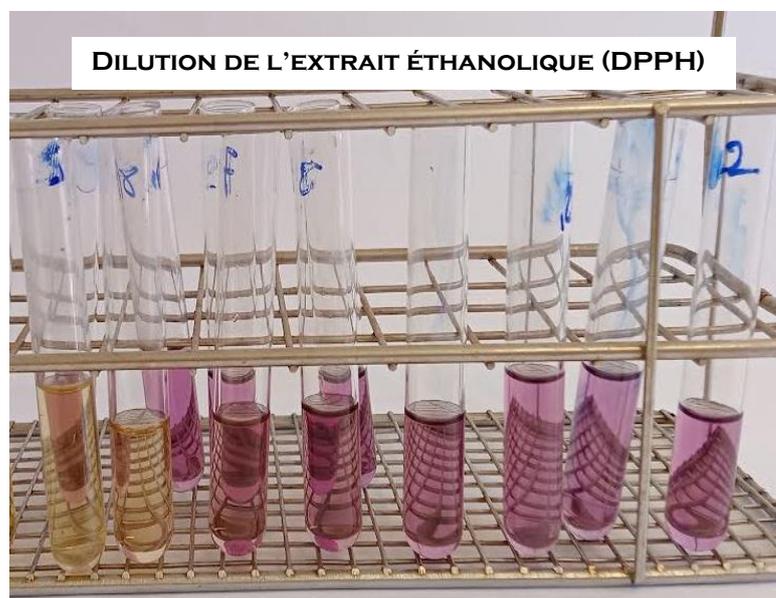
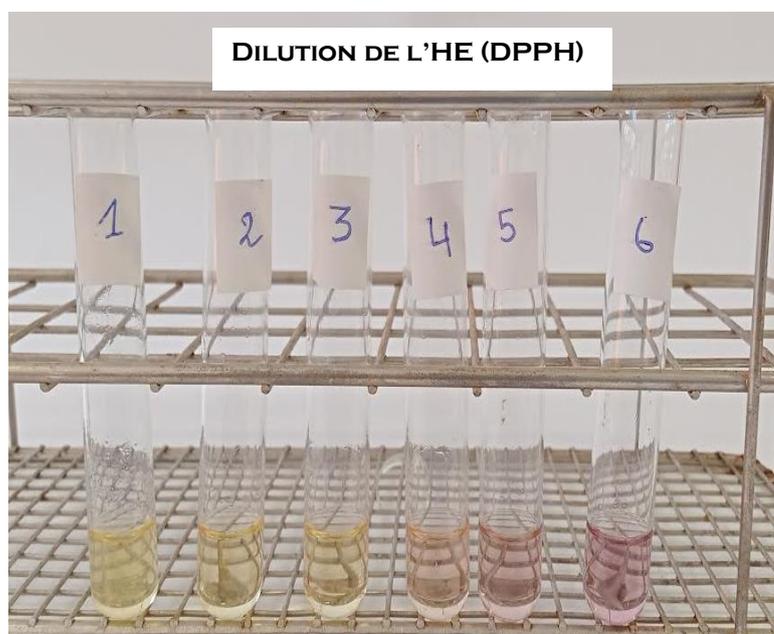
Annexe V : Spectre de masse du pic majoritaire (tr = 59.432min).



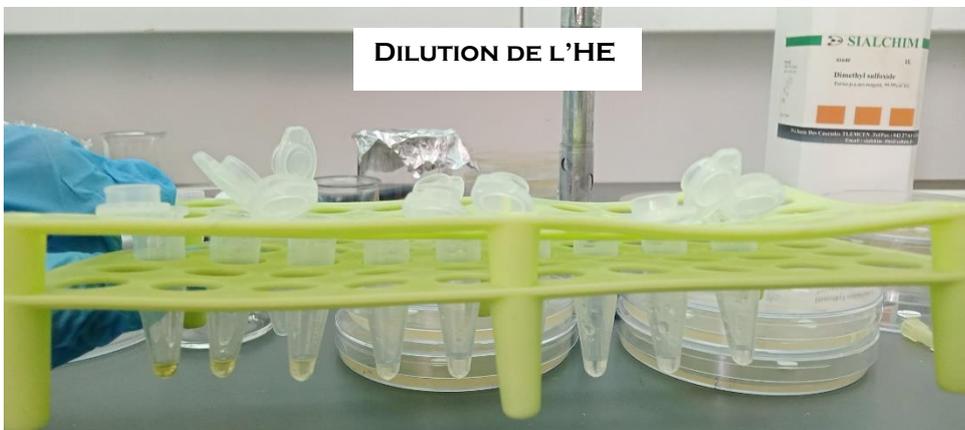
Annexe VI : Test de FRAP.



Annexe VII : Test DPPH.



Annexe VIII : Test antibactérien.



RESUME

Malgré l'importance non négligeable des sauges, peu d'études ont été conduites sur l'espèce *Salvia algeriensis* Desf. Une plante aromatique endémique du Nord-Ouest algérien. C'est dans le souci d'apporter de nouvelles données sur cette espèce en vue de la préserver et de la valoriser que cette présente étude a été réalisée. Son objectif principal est d'établir un profil phytochimique de *Salvia algeriensis* Desf. de la région de Chlef. Ce travail a été initié par une enquête ethnobotanique dans le but de recenser la connaissance en médecine traditionnelle algérienne, suivi par une étude phytochimique des parties aériennes de *Salvia algeriensis* Desf. L'analyse physico-chimique indique un taux d'humidité de 75,58% et un taux de 2,325% de matières minérales. Le criblage phytochimique a mis en évidence les principaux métabolites secondaires ; polyphénols, flavonoïdes, tanins galliques, stérols, triterpènes et cardénolides. L'huile essentielle des parties aériennes de *Salvia algeriensis* Desf. a été extraite par hydrodistillation, la valeur optimale du rendement obtenue est de 0.1%. L'analyse par CPG/SM de l'huile essentielle a révélé la présence d'un sesquiterpène oxygéné majoritaire (50,05%). L'activité antioxydante a été évaluée par deux méthodes DPPH et FRAP. Les résultats montrent que l'huile essentielle présente un pouvoir antioxydant plus puissant que celui de l'extrait éthanolique avec une IC50 de 76,926 µg/ml. Le pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle vis-à-vis *Staphylococcus aureus* se révèle intéressant avec des diamètres des zones d'inhibitions allant de 12 mm à 9 mm. De ces résultats, plusieurs nouvelles pistes de recherche peuvent être empruntées et envisagées dans le futur.

Mots clé : *Salvia algeriensis* Desf., huile essentielle, screening phytochimique, DPPH, métabolites secondaires, FRAP, CPG/SM.

ABSTRACT

Despite the importance of sage, few studies have been conducted on the species *Salvia algeriensis* Desf. an aromatic plant endemic to Northwestern Algeria. It is with the aim of providing new data on this species in order to preserve and to enhance it that this present study was carried out. Its principal objective is to establish a phytochemical profile of *Salvia algeriensis* Desf. of the region of Chlef. This work was initiated by an ethnobotanical survey in order to identify the knowledge in traditional Algerian medicine, followed by a phytochemical study of the aerial parts of *Salvia algeriensis* Desf. The physico-chemical analysis indicates a humidity rate content of 75.58% and a rate of 2.325% of mineral matter. Phytochemical screening revealed the main secondary metabolites ; polyphenols, flavonoids, gall tannins, sterols, triterpenes and cardenolides. The essential oil of the aerial parts of *Salvia algeriensis* Desf. was extracted by hydrodistillation, the optimum yield value obtained is 0.1%. GC/MS analysis of the essential oil revealed the presence of a majority oxygenated sesquiterpene (51.64%). The antioxidant activity was evaluated by two methods DPPH and FRAP. The results show that the essential oil has a more potent antioxidant power than the ethanolic extract with an IC₅₀ of 76.926 µg/ml. The antimicrobial power of the essential oil towards *Staphylococcus aureus* was interesting with inhibition zone diameters ranging from 12 mm to 8 mm. From these results, several new avenues of research can be taken and considered in the future.

Key words : *Salvia algeriensis* Desf., essential oil, phytochemical screening, DPPH, secondary metabolites, FRAP, CPG/MS.

ملخص

على الرغم من الأهمية الكبيرة للمريمية ، إلا أنه تم إجراء القليل من الدراسات على *Salvia algeriensis* Desf. نبات عطري مستوطن في شمال غرب الجزائر. بهدف توفير بيانات جديدة عن هذا النوع من أجل الحفاظ عليه وتعزيزه ، تم إجراء هذه الدراسة الحالية. هدفها الأساسي هو إنشاء ملف كيميائي نباتي لـ *Salvia algeriensis* Desf. من منطقة الشلف. بدأ هذا العمل من خلال دراسة استقصائية للنباتات العرقية من أجل تقييم معرفة المجتمع الجزائري للطب التقليدي ، تليها دراسة كيميائية نباتية للأجزاء الهوائية لـ *Salvia algeriensis* Desf. أوضح التحليل الفيزيائي الكيميائي أن نسبة الرطوبة تعادل 75.58% أما المواد المعدنية بنسبة 2.325% . كشف الفحص الكيميائي النباتي عن المستقلبات الثانوية المهمة ؛ البوليفينول ، الفلافونويد ، العفص الغالي ، الستيرول ، الترايتيربين و الكاردينويدات. الزيت العطري للأجزاء الهوائية من *Salvia algeriensis* Desf. المستخلص عن طريق التقطير المائي ، القيمة المثلى للحاصل هي 0.1%. أظهر تحليل GC / MS للزيت العطري وجود مكونات على رأسها سيسكيتيربين المؤكسج (50.05%). تم تقييم نشاط مضادات الأكسدة بطريقتين DPPH و FRAP. أظهرت النتائج أن الزيت العطري يحتوي على قدرة مضادة للأكسدة أقوى من تلك الموجودة في المستخلص الإيثانولي مع IC50 بقيمة 76.926 ميكروغرام / مل. أظهرت الدراسة الحالية قدرة الزيت العطري لـ *Salvia algeriensis* Desf على تثبيط تكاثر المكورات العنقودية الذهبية مع أقطار مناطق تثبيط تتراوح من 12 مم إلى 9 مم. من خلال هذه النتائج ، يمكن أخذ العديد من السبل الجديدة للبحث والنظر فيها مستقبلا.

الكلمات المفتاحية: *Salvia algeriensis* Desf. ، زيت عطري ، فحص كيميائي نباتي ، DPPH ، مستقلبات ثانوية ، .CPG / MS ،FRAP