

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



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/21

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

Domaine : SNV Filière : Biotechnologie
Spécialité : Biotechnologie Microbienne

Présenté par :

Hanane CHEMLAL & Randja HAMANE

Thème

**Synthèse bibliographique sur l'activité
antimicrobienne des extraits de
*Salvia hispanica L.***

Soutenu le : 11 / 07 / 2021

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

Mr MAHDJOUR

MCB.

Univ. de Bouira

Président

Mme DJOUAHRA

MCB.

Univ. de Bouira

Examinatrice

Mme DJENADI

MCB.

Univ. de Bouira

Promotrice

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciement

Nous adressons nos remerciements aux personnes qui nous ont aidé dans la réalisation de ce mémoire.

Tous ceux qui nous ont aidé à trouver des solutions pour avancer.

*- En premier lieu, nous tenons à remercier, notre promotrice **Mme Djenadi** pour ses conseils, son aide précieux et son immense effort pour réaliser ce travail.*

*- Nos remerciements s'adressent également à nos familles, un grand merci pour **nos parents**.*

*- Comme nous tenons à remercier **nos enseignants** qui ont été une source infatigable*

de Savoir Et d'encouragement.

*- Nous tenons également à remercier les **Membre de jury** pour leur lecture attentive de notre mémoire et d'avoir bien voulu accepté d'être examinateur de notre travail.*

- Que tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la concrétisation de notre travail se voient remerciés.

Table des matières

Table des matières	I
Liste des abréviations.....	IV
Liste des tableaux	VI
Liste des figures	VII
Introduction	1

Chapitre I : Les plantes médicinales entre la phytothérapie et l'aromathérapie

I. La phytothérapie	3
I.1 Définition	3
I.2 Historique	3
I.3 Principe de la phytothérapie	4
I.4 Intérêt de la phytothérapie	4
I.5 Quelques formes de préparations à base des plantes.....	4
I.6 Un autre coté pour la phytothérapie	5
II. Les plantes médicinales	5
II.1 Définition	5
II.2 Les composants actifs des plantes médicinales	5
III. L'aromathérapie	7
III.1 Définition.....	7
III.2 Principales familles de plantes aromatiques	7
III. 3 Extraits des plantes aromatiques.....	8
III.3 .1 Les huiles essentielles	8
III.3.2 Composition chimique des huiles essentielles	8
III.3.3 Domaine d'utilisation des huiles essentielles	13

Chapitre II : « *Salvia hispanica* » description botanique et composition chimique

I. Historique.....	14
II. Etymologie.....	15

III. Systématique	15
IV. Répartition géographique	15
V. Description botanique.....	17
VI. Composition chimique	18
VII. Utilisation phytothérapeutique et aromathérapeutique	20

Chapitre III : La résistance microbienne et les extraits de *Salvia hispanica* comme perspective de sa lutte

I. Le monde microbien et les microorganismes pathogènes	22
II. La résistance microbienne	23
III. Les microorganismes résistants.....	23
III.1 Les bactéries résistantes aux antibiotiques	23
III.2 Les champignons résistants aux antifongiques.....	24
IV. Les types de résistance	24
IV.1 la résistance primaire ou intrinsèque	24
IV.2 la résistance secondaire ou acquise	25
V. Les mécanismes de résistances microbienne.....	25
V.1 La résistance fongique	25
V.2 La résistance bactérienne	25
VI. Perspectives de lutte.....	26

Chapitre IV : L'effet antimicrobien de *Salvia hispanica*

I. Extraction des composants actifs et préparation de la matière première	27
II. Méthodes d'extraction des composants actifs	27
II.1. Méthodes saines	27
II.1.1 Extraction par solvants sains	27
II.1.2 Hydrodistillation.....	28
II.2 Méthodes intensives.....	29
II.2.1 Extraction par solvant intensifs	29
III. Dosage en molécules bioactives.....	30
III.1 Composition en molécule bioactives de l'huile essentielle	30
III.2 Composition en molécules bioactives de l'extrait méthanolique des graines de chia de l'Egypte :	33

III.3 Composition en molécules bioactives des extraits par différents solvants.....	34
III.4 Comparaison entre la composition en phénols des graines de chia noires et blanches	35
IV. Screening de l'activité antimicrobienne.....	37
IV.1 Activité anti bactérienne.....	37
IN.1.1 Activité antibactérienne de l'huile essentielle	37
IV.1.2 Activité antibactérienne de l'extrait méthanolique des graine de chia d'Egypte ..	38
IV.1.3 Activité antibactérienne des extraits par différents solvants	39
IV.1.4 Aactivité antibactérienne des terpénoïdes, phénols et alkaloides séparés à partir d'extrait du chia	40
IV.2 Activité antifongique.....	41
IV.2.1 Activité antifongique de l'huile essentielle	41
IV.2.2 Activité antifongique des extraits par solvants	43
IV. 3 Activité antiparasitaire de l'extraits éthanolique de <i>Salvia hispanica</i>	43
V. Effet antimicrobien de <i>Salvia hispanica</i>	45
V.1 Effet antimicrobien de l'huile essentielle	45
V.2 Effet antimicrobien des extraits des graines de chia par différentes méthodes et solvants	46
Conclusion	48
Références bibliographiques	
Résumé	

Liste des abréviations

AMM : Autorisation de mise sur marché.

MPUP : Matières premières à usage pharmaceutique.

ADN : Acide désoxyribonucléique.

HIV : Virus de l'immunodéficience humaine.

masl : Meter above sea level (mètre au-dessus du niveau de la mer).

cl : Cluses.

K : Calice.

AC : Avant Jésus-Christ.

PPNG : Plan préfecture nouvelle génération.

SARM : *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline.

EC: Equivalent catéchine.

EAG: Equivalent acide gallique.

DW : Dry weight (poids sec).

HPLC : Chromatographie en phase liquide haute performance ou haute pression.

ESC : Extraction par fluide supercritique.

GC-FID: Chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à ionisation de flamme.

DO : Densité optique.

Db : Dry base (base sèche).

G+ : Gram positif.

G⁻ : Gram négatif.

KB: King B.

CMA: Corn Meal Agar (gélose à la farine de maïs).

SD : Standard deviation.

CMI : Concentrations minimales inhibitrices.

PGI: Pourcentage growth inhibition (pourcentage de l'inhibition de la croissance).

Liste des tableaux

Tableau N° I: Classes majeures de composés antimicrobiens des plantes et mécanisme d'action.....	6
Tableau N° II: Caractéristiques de l'emplacement des sites de culture de chia.....	16
Tableau N° III : Composition des graines de chia (100 g de portion comestible).....	19
Tableau N° IV: La composition de l'huile essentielle des parties aériennes de <i>Salvia hispanica L</i>	31
Tableau N° V : Composés phénoliques des graines sèches de chia et des germes de 7 jours en utilisant l'analyse HPLC.....	33
Tableau N° VI : Estimation des phénols de différents extraits.....	34
Tableau N° VII : Estimation des flavonoïdes de différents extraits.....	36
Tableau N° VIII : Activité antibactérienne de l'HE de Chia contre certaines bactéries phytopathogènes G-.....	37
Tableau N° IX: Activité antibactérienne de l'HE de Chia contre certaines bactéries phytopathogènes G+.....	38
Tableau N° X: Activité antibactérienne des extraits des graine de chia.	39
Tableau N° XI : Activité antifongique de l'HE de Chia contre certains champignons phytopathogènes.....	42
Tableau N° XII : Activités antifongique des extraits de graines de chia.....	43

Liste des figures

Figure 01 : Répartition des métabolites secondaires de plantes.....	7
Figure 02 : Structure de base des terpénoïdes	8
Figure 03 : Quelques monoterpènes.....	9
Figure 04 : Exemple des sesquiterpènes	9
Figure 05 : Structure d'un alcool linéaire et d'un alcool cyclique	9
Figure 06 : Structure des phénols.....	10
Figure 07 : Structure générale d'aldéhydes.....	10
Figure 08 : Structure d'un aldéhyde aromatique à droite et d'un aldéhyde terpénique à gauche	11
Figure 09 : Structure principale des cétones	11
Figure 10 : Structure d'un ester.....	11
Figure 11 : Structures lactoniques.....	11
Figure 12 : Structure principale des coumarines.....	12
Figure 13 : Structure générale des phénols méthyl-éthers	12
Figure 14 : Structure d'un oxyde (1,8-cinéole).....	12
Figure 15 : Structure d'un acide.....	13
Figure 16 : Répandu historique de la culture de chia dans le monde.....	14
Figure 17 : La plante de <i>Salvia hispanica</i>	17
Figure 18 : Les graine de chia	18
Figure 19 : Cluses (cl) incluses dans le calice(K).....	18
Figure 20 : Graine hydratées avec capsule mucilagineuse.....	18
Figure 21 : Mécanismes permettant à une bactérie de devenir résistante à un antibiotique...	26
Figure 22 : Dispositif et mécanisme d'extraction par hydrodistillation.....	29
Figure 23 :Montage Soxhlet.....	30
Figure 24 : les graines noire à gauche et à droite les graines blanches de chia utilisées dans la préparation des extraits.....	36

Figure 25 : Teneur en phénols totaux [mg d'acide galliqueéquivalent (GAE)/g d'échantillon) deextraits de graines de chia noir et blanc.....	36
Figure 26 : L'efficacité antibactérienne des_ alcaloïdes bruts extraits des graines de <i>Salvia hispanica</i> L. sur <i>Escherichia coli</i>	40
Figure 27 : L'efficacité antibactérienne des alcaloïdes bruts extraits des graines de <i>Salvia hispanica</i> L. sur <i>Proteus</i>	41
Figure 28 : l'efficacité antibactérienne des_ alcaloïdes bruts extraits des graines de <i>Salvia hispanica</i> L. Contre <i>salmonella</i>	41
Figure 29: Surface tégumentaire de H. taichui adulte après incubation avec 1 mg/ml d'huile de chia pendant 1 h (A), 6 h (B), 12 h (C et D) et 24 h (E et F).....	44
Figure 30 : Surface tégumentaire d' <i>Haplorchis taichui</i> adulte après incubation avec 10 mg/ml d'huile de chia	45

Introduction

Depuis des siècles des vertus extraordinaires des plantes ont été utilisés à des fins thérapeutiques pour le traitement des maladies de l'homme. La découverte d'un nombre énorme des remèdes qui commence à occuper un rôle majeur dans le traitement des maladies humaines, font augmenter les travaux de recherche et de découverte de nouveaux agents thérapeutique *via* le screening des bases naturelles [1; 2].

La médecine traditionnelle est axée sur l'utilisation des extraits de plantes médicinales et des composés d'origine végétale pour le traitement, et la prévention d'une grande échelle de maladies, particulièrement les maladies infectieuses [3].

Cet intérêt pour les extraits bruts des plantes naturelles est dû aux effets secondaires des antibiotiques de synthèse, et le développement des micro-organismes pathogènes, qui avec le temps, acquièrent une résistance contre ces antibiotiques [4].

Le pouvoir antimicrobien des plantes médicinales et aromatiques est connu depuis l'antiquité. En chine les épices ont été utilisées pour manger les poissons crus et les fruits de mer en toute sécurité [5].

L'espèce *Salvia hispanica* appelée le « chia » est une plante herbacée annuelle originaire du Mexique. Elle est utilisée par les tribus aztèques à des fins thérapeutiques, alimentaires, et pour la teinture. Récemment, les entreprises ont commencé à exploiter les graines de ce végétal dans l'industrie alimentaire, grâce à sa haute valeur nutritive et ses bénéfices pour la santé.

La productivité du chia augmente dans le monde avec le temps. Actuellement, le chia est cultivé au Mexique, en Bolivie, en Argentine, en Équateur et au Guatemala pour la commercialisation [6].

De nombreuses molécules bioactifs et composants antioxydants, sont également identifié dans les graines de chia. Ces dernières possèdent une énorme teneur en composés actifs responsable de son effet antioxydant [7]. Des chercheurs ont remarqué que cette plante n'est pas endommagée par les phytopathogènes, ils ont argumentés cette protection par sa teneur en huile essentielles, mais son activité antimicrobienne reste en cours de recherche [8].

C'est sur cet axe que notre projet de fin d'étude s'est orienté vers « la synthèse bibliographique sur l'activité antimicrobienne des extraits de « *Salvia hispanica* ».

Dans le premier chapitre, nous parlerons sur le traitement par les plantes médicinales et aromatiques. Dans le deuxième chapitre, nous donnerons la description et les caractéristiques de *Salvia hispanica L.* Le troisième chapitre parlera de la résistance microbienne et les perspectives de lutte contre cette dernière. Dans le dernier chapitre, nous identifierons la composition des différents extraits de la plante de chia et son activité antimicrobienne à partir de plusieurs études faites par différents auteurs.

Chapitre

I

Les plantes Médicinales entre la phytothérapie et l'aromathérapie

I. La phytothérapie

I.1 Définition: le terme phytothérapie est composé de deux parties, du grec : *phuton* qui désigne plante, *therapeia* qui désigne traitement.

On peut définir la phytothérapie par le traitement et la prévention des troubles fonctionnels et des états pathologiques en utilisant des plantes. Elle est considérée comme une médecine traditionnelle développée à travers des générations à la base de la connaissance empirique.

La matière végétale utilisée dans la phytothérapie peut être une plante en entier, des parties de la plante ou bien des préparations à bases des plantes [9].

I.2 Historique

Une plaque d'argile datée d'environ 5000 ans qui porte 12 recettes de préparation des remèdes à base de plus de 250 plantes a montré que les sumériens sont les premiers qui ont appliqué la phytothérapie dans leur culture. Suivi de différentes civilisations qui ont excellé dans l'emploi des herbes comme médicaments : civilisation chinoise, indienne, les papyrus, les arabes...) [10].

- Développement de la phytothérapie

La phytothérapie a été développée d'un ensemble des connaissances empiriques transmises d'une génération à une autre à une thérapie à base de connaissances scientifiques vérifiées et surveillées grâce à « la pharmacognosie » qui signifie l'étude botanique de la plante et ses principes actifs.

À partir du XX^{ème} siècle où les principes actifs des plantes ont commencé à être isolés, des analyses sont faites pour déterminer les mécanismes d'action des plantes et l'agent responsable de l'effet thérapeutique. Après l'isolement et la standardisation des principes actifs, les phyto-médicaments (des médicaments à base des plantes) soumis à une autorisation de mise sur le marché (AMM) et à des réglementations sur les matières premières à usage pharmaceutique (MPUP) commencent à apparaître sur marché. Par la suite, la phytothérapie devient de plus en plus une médecine en elle-même grâce à l'intérêt renouvelé de la population pour la thérapie par les plantes, elle nécessite donc, un cadre réglementaire strict pour assurer un bon coût et une bonne utilisation de divers produits disponibles [9].

I.3 Principe de la phytothérapie

Les pathologies ne se produisent pas par hasard, mais c'est le résultat d'un dysfonctionnement de l'organisme en essayant à s'adapter à son environnement, donc, le principe de la phytothérapie c'est l'utilisation des extraits actifs des plantes comme remèdes pour régler le fonctionnement de ce dernier. Elle est basée sur l'analyse des systèmes constitutifs du corps : systèmes neuroendocrine, immunitaire,... [12].

I.4 Intérêt de la phytothérapie

La phytothérapie est exercée de différentes manières pour soigner les cas bénins. Non seulement, mais elle représente un substitut de la médecine conventionnelle.

Dans certains autres cas, la guérison par des plantes est employée comme traitement complémentaire pour des traitements lourds [12].

I.5 Quelques formes de préparations à base des plantes

La façon de préparation d'une plante à utiliser comme remède repose sur l'effet thérapeutique désiré, le traitement peut être utilisé par les différentes voies : ingestion, cutanée, injection, inhalation...[12]

Quelques formes de préparations à base des plantes :

- Les tisanes : elles portent un nombre important des principes actifs. sont obtenues par divers opérations :
 - ✓ - Infusion : utilisée pour les plantes sensibles, consiste à mettre la plante dans l'eau bouillante et laisser infusée pendant 5 à 15 minutes
 - ✓ -Macération : laisser la plante dans l'eau à température ambiante pendant 30 minutes à 48 heures.
 - ✓ -Décoction : dissolution dans l'eau à ébullition pour les parties de la plante pendant 15 à 30 minutes. Cette forme concerne les parties dures de la plante.
- Poudres : forme solide entrante dans diverses préparations y compris les comprimés.
- Les teintures : des colorants naturels liquides contiennent une certaine quantité de l'alcool selon la matière végétale.
- Alcoolatures : des teintures qui n'ont pas passé sur l'étape de séchage.
- Alcoolates : extraits obtenus par distillation par l'alcool éthylique.
- Huiles essentiels : substances volatiles caractérisées par son odeur forte.
- Les hydrolats : parties aqueuses obtenues par la distillation [12].

I.6 Un autre coté pour la phytothérapie

Un nombre important de la population pensent qu'un « produit naturel » signifie dépourvu d'effets indésirables et de dangers, mais en réalité, les plantes généralement représentent une certaine toxicité dans certains cas et certains sujets, pour cela, la connaissance empirique n'est plus suffisante pour le choix du traitement mais elle doit être accompagnée par un savoir scientifique et soumise à une réglementation.

Le choix du traitement naturelle doit prendre en compte certains points comme :

- L'âge (les sujets âgés et les enfants sont plus sensibles aux traitements)
- La dose.
- Le cas sanitaire du patient (exemple : interdiction du gingembre pour les femmes enceintes).
- Interactions avec des médicaments [11], [13].

II. Les plantes médicinales

II.1 Définition : Selon la Pharmacopée Française (11ème édition en vigueur) : « Les plantes médicinales sont des drogues végétales au sens de la Pharmacopée Européenne dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses. Ces plantes médicinales peuvent aussi avoir des usages alimentaires, condimentaires ou hygiéniques ».

Les plantes médicinales contiennent des substances actives responsables de leurs effets thérapeutiques et parfois, de l'effet toxique. [9]

II.2 Composants actifs des plantes médicinales

Les métabolites secondaires dites principes actifs sont très variés et jouent un rôle majeur dans l'adaptation des végétaux à leur environnement. Ils sont répartis dans les différentes parties des plantes selon les espèces, ils sont responsables de plusieurs activités biologiques telles que l'activité antimicrobienne (Tableau N° I) et leurs mécanismes d'action sont complexes.

Actuellement, environ 200 000 molécules actives extraites des plantes sont identifiées. Les molécules bioactives identifiées à partir des plantes sont divisées en trois grandes familles : 45% sont des terpénoïdes, les phénols avec une valeur de 18%, et les alcaloïdes qui représentent 37% (Figure 1) [14].

Tableau N° I: Classes majeures de composés antimicrobiens des plantes et mécanisme d'action. [15].

Classes	Sous classe	Exemples	Mécanisme d'action
Phénols	Phénols simples	Catéchol	Privation en substrat Perturbation de la membrane
	Acide phénolique Quinones	Acide cinnamique Hypéricine	Liaison aux adhésines, complexe avec la paroi cellulaire, inactive les enzymes
	Flavonoïdes Flavones	Chryisine Abyssinone	Liaison aux adhésines, Complexe avec la paroi cellulaire Inactive les enzymes Inhibe la transcriptase reverse du HIV
	tannins	Ellagitanine	Liaison aux protéines Liaison aux adhésines Inhibition des enzymes Privation en substrat Complexe avec la paroi cellulaire Perturbation de la membrane Complexe aux ions de métaux
	Coumarines	Warfarine	Interaction avec l'ADN eucaryote (activité antivirale)
Terpénoïdes, huile essentielles		Capsaïcine	Perturbation de la membrane
		Berberine Pipérine	Intercalle avec la paroi et/ou l'ADN
Alcaloïdes		Agglutinine spécifique du mannose	Bloque la fusion ou l'adsorption virale
Lectines et polypeptides		Fabatine	Forme des ponts disulfures

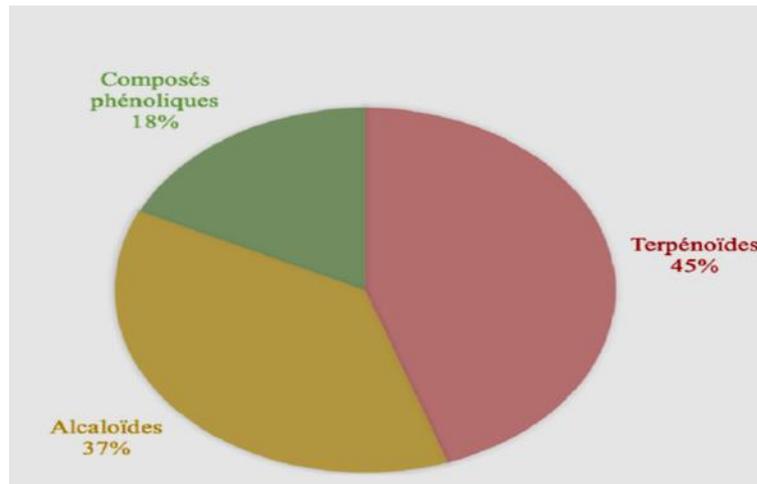


Figure 01 : Répartition des métabolites secondaires de plantes [14].

III. L'aromathérapie

III.1 Définition

« L'aromathérapie » du latin *aroma*, arôme, et du grec *theérapia*, traitement. Elle représente une partie de la phytothérapie qui est axée sur l'utilisation des huiles essentielles. Elle se définit comme une thérapeutique naturelle appuyant sur l'application des arômes et les extraits plantes médicinales pour avertir et soigner des maladies [16].

III.2 Principales familles de plantes aromatiques

Les espèces aromatiques sont décelées chez les **végétaux supérieurs** et dans un nombre restreint de familles. Les familles qui portent un nombre remarquable d'espèces aromatique sont :

- *Lamiaceae* : menthe, romarin, thym, lavande, origan, ...
- *Myrtaceae* : giroflier, eucalyptus...
- *Rutaceae* : oranger, citronnier ...
- *Cupressaceae* : Thuya, cyprès...
- *Pinaceae*(*Abietaceae*) : sapin, pin, mélèze...
- *Apiaceae*(*Umbelliferae*): La coriandre, fenouil, anis...
- *Astéraceae* (*Compositae*) : tournesol, camomille, laitue, absinthe...
- *Lauraceae* : laurier sauce, cannelle de Ceylan, avocatier (avocat)...
- *Géraniaceae* : géranium rosat et bourbon, pélargonium... [17 ;18 ;19].

III.3 Extraits des plantes aromatiques

III.3.1. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des substances odorantes volatils, sont des extraits purs et naturels synthétisés par un type cellulaire spécialisées ou (sécrétrices) qui ont la capacité d'utiliser les sucres élaborer lors la photosynthèse. Ces cellules sont localisées habituellement dans les fleurs (lavande) et les feuilles (eucalyptus). Néanmoins elles peuvent être situées même dans le fruit (anis), les racines (vétiver), le bois (santal), les zestes (orange), l'écorce (cannelle) les graines (muscade), les rhizomes (gingembre) [16], [17].

Les huiles essentielles ou « essences », essences aromatiques végétales se produit en quantité suffisante que dans les plante aromatiques, et dont les caractéristiques et les propriétés thérapeutiques se concentrent sur la teneur en éléments biochimiques. La variation de ces derniers est entraînée par l'influence du climat, la nature du sol, l'ensoleillement, et la population végétale avoisinante, cette variation en composition biochimique de l'essence permet de déceler la variété en hémotypes [16].

III.3.2 Composition chimique des huiles essentielles

La composition chimique d'une huile essentielle est souvent très variable selon la répartition géographique, et la partie concernée des végétaux utilisés.

Les huiles essentielles possèdent deux groupes chimiques : le groupe des terpénoïdes, et le groupe des composés aromatiques [20].

III.3.2.1 Les terpénoïdes

Les terpènes dérivent de l'isoprène C_5H_8 , représentant une classe d'hydrocarbure avec un suffixe «-ène » dont les conifères et les agrumes sont les seules qui ont l'aptitude de les synthétiser [17].

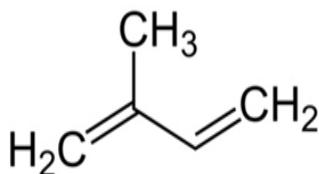


Figure 02 : Structure de base des terpénoïdes [21].

- **Les monoterpènes:** Les hydrocarbures monoterpéniques possèdent 10 carbones, ils ont une forte activité anti-infectieuse: bactéricides, fongicides et virucides. Et le décongestionnement des voies respiratoires. Ils peuvent devenir toxiques et causer des irritations cutanées et provoquer des dermatites si leur application est prolongée dans le temps, ou si l'huile essentielle est ancienne. Donc les huiles végétales doivent être diluées à 50% [17].

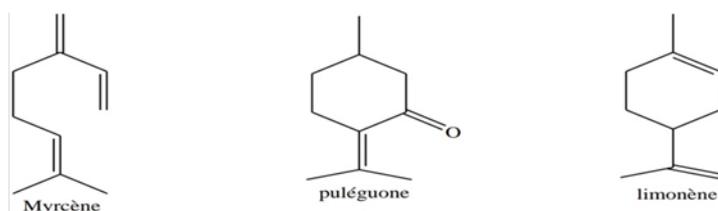


Figure 03 : quelques monoterpènes [22].

- **Les sesquiterpènes** Les sesquiterpènes : sont des molécules lourdes, constituées par 3 unités isopréniques à 15 carbones, présentes en faible dose dans les HE. Elles ont un pouvoir antiseptique, bactéricides, et antiallergiques [17], [23].

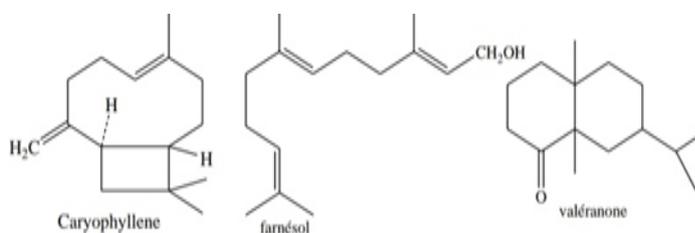


Figure 04 : Exemple des sesquiterpènes [22].

➤ Les alcools

Sont des composés organiques possédants un groupement hydroxyle (-OH) sur l'un des carbones de la structure terpénique. Ils sont caractérisés par un suffixe «-ol» [17], [24].



Figure 05 : Structure d'un alcool linéaire et d'un alcool cyclique [24].

- **Les monoterpenols** sont des neurotoniques, possèdent un large éventail anti-infectieux, et aident le système immunitaire [17].
- **Les sesquiterpenols** et diterpenols sont des stimulants généraux, se caractérisent par leur aptitude de décongestionner les veines et les lymphes. Ils permettent de renforcer le système immunitaire [17].

III.3.2.3 Les phénols

Sont des substances aromatiques avec un groupement hydroxyle (OH) sur le carbone du cycle benzénique, possédant une activité anti-inflammatoires et anti- infectieuse à fort potentiel (bactéricides, virucides, fongicides et parasitocides), sont des antalgiques et stimulants du système immunitaire. Dans leur état pur et pour usage cutané ils doivent être dilués (10 à 20% HE au maximum). Et les HE doivent être utilisés avec des doses précises et sur des courtes périodes [17].

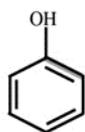


Figure 06: Structure des phénols [25].

III.3.2.4 Les aldéhydes sont des dérivés carbonylés caractérisé par le suffixe «- al » [17].

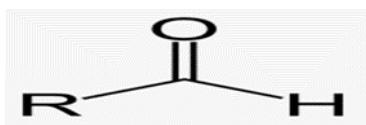


Figure 07 : Structure générale d'aldéhydes [17].

- **Les aldéhydes aromatiques** se caractérisent par leurs activités anti bactérienne, anti fongique, anti parasitaire et anti-infectieuse. Le cinnamaldéhyde peut provoquer des lésions de la peau et des yeux, des irritations gastro-intestinales, donc les HE doivent être dilué à 5% [17], [24].
- **Les aldéhydes terpéniques** sont des calmants possédants une activité anti inflammatoires et antalgiques, équilibrants du système nerveux ... [17].

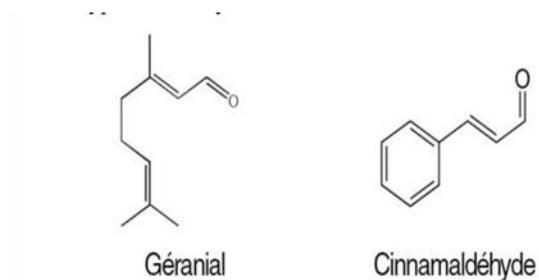


Figure 08 : Structure d'un aldéhyde aromatique à droite et d'un aldéhyde terpénique à gauche [24].

III.3.2.5 Les cétones sont des composés organiques carbonylés avec la séquence R1-CO-R2. Elles aident à décongestionner l'appareil respiratoire, et le traitement de l'obésité [17].



Figure 09 : Structure principale des cétones [17].

III.3.2.6 Les esters : se forme à partir d'acides carboxyliques (R-COOH) et d'alcool (R'-OH). Sont des substances odorantes à fort éventail antispasmodiques grâce à la propriété anti inflammatoire des acides, et de l'action tonique des alcools [17].

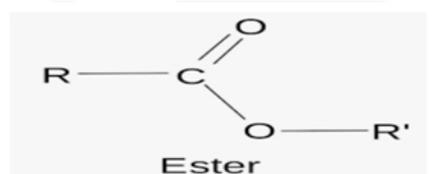


Figure n° 10 : Structure d'un ester [17].

III.3.2.7 Les lactones: reconnu par un groupement « ester cyclique » lié à un hétérocycle oxygéné. Ils Sont à fort potentiel anti-infectieux, et mucolytique. Ils Regroupent Les phtalides utilisés dans la toxicité hépatique, et développent une activité antiparasitaire intestinale [17].

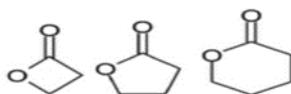


Figure 11: Structures lactoniques [24].

III.3.2.8 Les coumarines sont des esters cycliques possédants des propriétés analgésiques, relaxantes et hypnotiques [17].

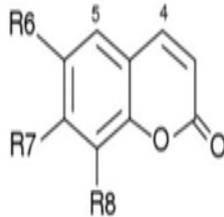


Figure 12: Structure principale des coumarines [24].

III.3.2.9 Les phénols méthyl-éther : regroupent les éthers-oxydes (R-O-R'), possèdent une action neurologique et musculaire. Ils sont connus par leurs activités anti-inflammatoires, antivirales, antispasmodiques et antalgiques [17].

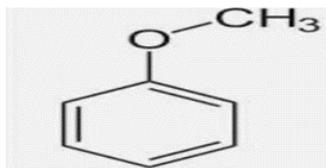


Figure 13: structure générale des phénols méthyl-éthers [17].

III.3.2.10 Les oxydes: regroupent des molécules composées d'un ou plusieurs atomes d'oxygène. Les oxydes sont des stimulants des muqueuses digestives et respiratoires [24].

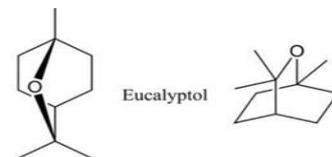


Figure 14 : Structure d'un oxyde (1,8-cinéole) [24].

III. 3.2.11 Les acides comprennent plusieurs groupes (acides aromatiques, aliphatiques...qui possèdent une activité anti-inflammatoire et antalgiques étroite.

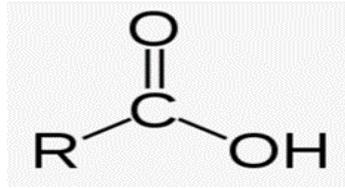


Figure 15: Structure d'un acide [17].

III.3.3 Domaine d'utilisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles entrent dans la préparation de plus de 40% des médicaments en pharmacie. Elles sont utilisées dans plusieurs domaines de la médecine (podologie, acupuncture, masso-kinésithérapie, ostéopathie, rhumatologie) grâce à leurs propriétés thérapeutiques.

La forte odeur des huiles essentielles sert à aromatiser des aliments (plats préparés en cuisine, boissons, bonbons...), des médicaments d'odeur indésirable et des produits cosmétiques et d'hygiène (champoings, crèmes,..).

Grâce à leur effet antioxydant et antimicrobien, les huiles essentielles sont employées dans la conservation des produits alimentaires. De plus, elles sont trop demandées dans le domaine de parfumerie notamment celles de rose, jasmin, violette, verveine... [26].

Chapitre

II

Salvia hispanica

**Description botanique
et composition
chimique**

I. Historique

La plante de *Salvia hispanica* ou chia fait partie de la culture mexicaine. Elle représente un aliment multi-usage au Mexique et au Guatemala depuis environ 5500 ans. Elle est très utilisée par les Mayas et les Aztèques, elle fait partie du régime alimentaire précolombien qui est considéré comme un régime très nutritif, ce merveilleux végétal est également utilisé dans d'autres pays depuis des milliers d'années (Figure16) [27].

Pendant les guères, des petites quantités de ces petites graines huileuses étaient la source de nourriture des soldats aztèques lorsqu'ils parcourent de très longues distances. L'emploi du chia est devenue limitée pendant la période coloniale espagnole, cependant, après l'indépendance et grâce à certains agriculteurs d'Acatic Jalisco qui ont gardé leurs traditions, elle est revenue pour être une culture très importante après 180 ans. Les surfaces cultivées sont maintenant à 370000 hectares dans les régions agricoles du monde [28].

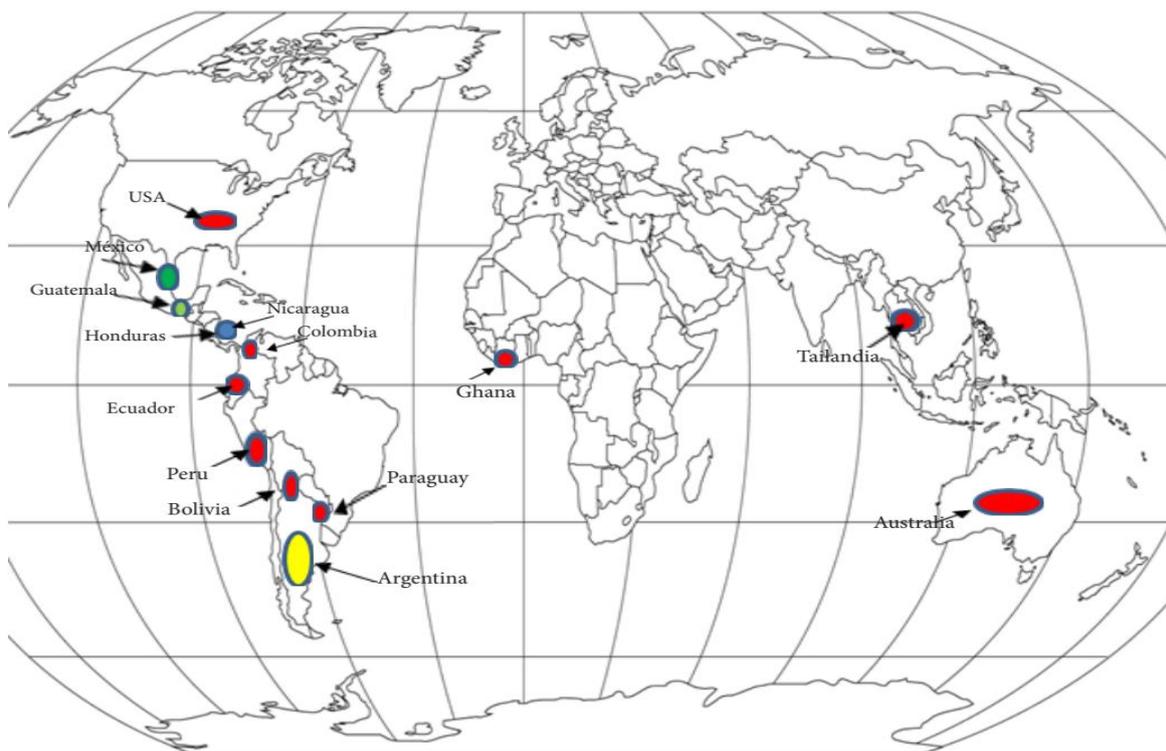


Figure 16: Répanu historique de la culture de chia dans le monde. Les zones agricoles ombragées en vert, bleu, jaune et rouge représentent la zone de chia cultivée au début de l'époque précolombienne (3500BC-1000AC); Fin de l'époque précolombienne (1000AC 1500AC); post colombienne (1500AC-2000AC);et Moderne (2010 jusqu'à cette date) respectivement [28].

II. Etymologie

Le terme chia est originaire du mot Chiyan, qui signifie la sauge (*Salvia hispanica* L) chez les nahuas (en langue nahuatl). Il dérive également d'un mot espagnol Chian qui signifie huileux [29], [27].

Le botaniste suédois Carl Von Linneo en 1753 a nommé le chia par *Salvia hispanica*: *Salvia* du mot latin "*salvus*" qui signifie (soigner, sauver), et *hispanica* (espagnol) en latin plante espagnol à guérir ou à sauver [28].

III. Systématique

Le genre *Salvia* L. qui est considéré comme le plus grand genre qui appartient à la famille des lamiacées [30].

Selon Carle Von Linné la classification taxonomique de l'espèce *Salvia hispanica* L., est comme suit :

- Règne: Végétal ou *Plantae*.
- Division: *Magnoliophyta* ou *Angiospermae*.
- Classe: *Magnoliopsida* ou *Dicotyledoneae*.
- Ordre: Lamiales.
- Famille: *Lamiaceae*.
- Sous-famille: *Nepetoideae*.
- Tribu: *Mentheae*.
- Genre: *Salvia*.
- Espèce: *hispanica* [31].

IV. Répartition géographique

Les régions originaires du chia (*Salvia hispanica* L) sont le nord du Guatemala et le sud du Mexique (dans les montagnes), le Mexique est considéré comme le plus grand pays

producteur des graines du chia, il l'exporte au Japon, aux États-Unis et en Europe. Cependant, elle est également cultivée en Australie, en Bolivie, en Colombie, au Guatemala, au Pérou, en Argentine [32], [33].

Salvia hispanica L est une espèce à jours courts (12 à 13h). Elle est cultivée deux fois par an, Les climats tropicaux ou subtropicaux favorisent leur croissance. Elle pousse dans les sols sablo-limoneux et argilo-limoneux en présence d'un bon drainage, les conditions d'altitude optimaux pour sa culture sont entre 400 et 2500 m asl, sa température optimale de croissance est de 16 à 26 ° C, la température maximale est de 36 ° C et la température minimale est de 11 °C, donc le rendement et sa vitesse de croissance dépend des conditions de la région ou elle est cultivée [31] , [33], [34].

Tableau N° II: Caractéristiques de l'emplacement des sites de culture de chia [31].

Pays	Localité	Altitude (masl)	T°annuelle/saison (°C)	Pluviométries annuelles/saison● (mm)	latitude	Cycle de culture (j)
Argentine	La voie	1170	17,3/16,6	560/390	25° 05'S	150
Bolivie	Santa Cruz	437	24,6/22,8	1141/566	17° 43'S	150
La Colombie○	L'Union	920	24/23,8	1118/341	4° 32'N	90
Mexique○	Mexico	2259	15,5/16,3	579/470	19° 00'N	150
Pérou○	Ica	396	21,1/20,4	3/1	14° 05'S	150

○discontinue

●moyenne de la saison de la croissance du chia

V. Description botanique

L'espèce *hispanica* L, appartient aux plantes du genre *Salvia* qui sont des plantes vivaces annuelles, à grande variété morphologies, répartie dans l'univers grâce au phénomène d'hybridation [35], [36].

➤ La tige

Cette plante fleurit en été, elle peut atteindre 1 à 1,5 m de longueur, possédant des tiges ramifiées quadrilatère, creuses à pubescences courtes et blanches [37].

➤ Les feuilles et les fleurs

Les extrémités de ces feuilles dentelées, réversibles sont de 4 à 8 cm de longueur et 3 à 5 cm de largeur, avec des fleurs hermaphrodites possèdent une couleur bleue ou blanchâtre (Figure 17).



Figure 17 : La plante de *Salvia hispanica* L [38].

➤ Les graines

Le chia est considéré comme un pseudo céréale, dont le fruit est constitué de 1 à 4 cluses ou « graines » ovalaires, lisses, avec une longueur de 1 à 2 mm, une largeur comprise entre 0,8 et 1,4mm et un diamètre de 0,8 à 1,3. Ces graines possèdent une couleur noir, grisâtre, brune avec des taches noir ou blanches (Figure 18 ;19) [27], [32], [39].

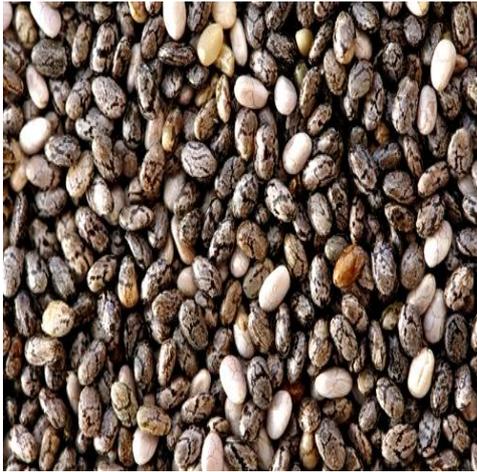


Figure 18 : Les graines de chia [32].



Figure 19: cluses (cl) incluses dans le calice(K) [40].

Grâce au mucilage (polysaccharide) situé au sein des cellules épidermiques, les graines de chia se caractérisent par leur capacité de produire une substance gélatineuse brillante lorsqu'elles entrent en contact avec l'eau (Figure 20) [32].

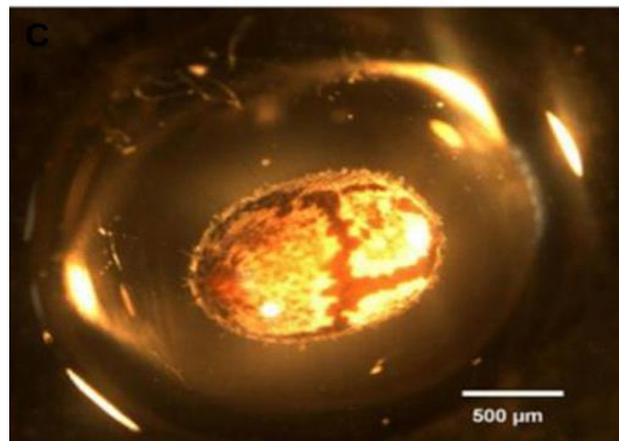


Figure 20 : Graine hydratée avec capsule mucilagineuse [32].

VI. Composition chimique

Des études récentes soumises par un nombre de chercheurs, révèlent que le statut de Chia est évolué et devenu très important dans l'agriculture mondiale, du fait qu'il est exempté de

gluten, également grâce aux utilités nutritionnelles qu'il possède [41]. Ces graines sont très riches en nutriments par rapport à l'ensemble des céréales les plus importantes au monde (riz, orge, avoine, blé, maïs) [31]. Cependant, sa composition chimique varie et dépend des endroits où elle se développe [41].

Des recherches sont basées sur la composition des graines de *Salvia hispanica L*, cependant, la composition des feuilles n'a pas reçu beaucoup d'études. Les recherches qui ont été menées ont montré que les composants dominants dans les feuilles sont le β -caryophyllène, le globulol, le γ -muroène, le β -pinène, l' α -humulène, le germacrène-B et le widdrol [42].

Les graines de Chia possèdent environ 5,80% d'eau, des protéines, lipides (essentiellement les acides gras polyinsaturés $\omega 3$ « acide alpha linoléique » et $\omega 6$ « acide linoléique » indispensable à l'organisme qui est incapable de les synthétiser). Elle contient également les fibres alimentaire, environ 42,12% de glucides, de 335-860 mg/100g de calcium, phosphore, potassium, magnésium, et une faible mesure de sodium, le fer et le zinc, elles sont caractérisées par une grande teneur en vitamine A et C et en niacine (Tableau N°III) [41], [37].

Tableau N° III : Composition des graines de chia (100 g de portion comestible) [32], [43].

Nutriment	Valeur
Glucides	42 g
Protéine	17 g
Graisse	31 g
Humidité	7,14 \pm 0,26 à 6,82 \pm 0,13 g
Minéraux	
• Magnésium	335 mg
• Phosphore	860 mg
• Calcium	631 mg
• Potassium	407 mg
• Natrium	16 mg
• Autres	13 g

Tableau N° III : Composition des graines de chia (100 g de portion comestible) (Suite)

Vitamines	
• Vitamine E	0,5 gm
• Vitamine C	1,6 mg
• Thiamine (B1)	0,62 mg
• Riboflavine (B2)	0,17 mg
• Niacine (B3)	8,83 mg
• Vitamine A	54 µg
Teneur en acides gras	
• Acide linoléique (C18: 3, ω-3)	63,79 %
• Acide linoléique (C18: 2, ω-6)	18,89 %
• Acide olec (C18: 1, ω-9)	7,3 %
• Acide palmitoléique (C16: 1)	0,03 %
• Acide eicosénique (20: 1)	Nd
• Acide palmitique (C16: 0)	7,04 %
Fibres alimentaires totaux	33,37 ± 0,26 à 41,41 ± 0,2 g
• Fibres alimentaires solubles	2,89 ± 0,09 à 6,84 ± 0,9 g
• Fibres alimentaires insolubles	30,47 ± 0,35 à 34,90 ± 0,9 g

VII. Utilisation phytothérapeutique et aromathérapeutique

L'huile extraite des graines du chia a été exploitée à des fins cosmétiques, les différentes autres parties de la plante (les feuilles les tiges les racines), étaient utilisées pour traiter les infections respiratoires [32].

L'huile essentielle de ce végétal entre dans la préparation des gélules d'oméga-3 [27].

Les graines du chia sont employées comme compléments alimentaire pour répondre au besoin quotidien en acides gras et en protéines, elles entrent également dans les traitements des infections oculaires, le gel produit par ces dernières, améliore la digestion et joue le rôle d'un probiotique, de plus, il régule le taux du glucose et du cholestérol dans le sang [42].

La teneur élevée en fibre dans ces graines donne la sensation de satiété et contribue ainsi à réduire le poids pour ceux qui souffrent de l'obésité [32].

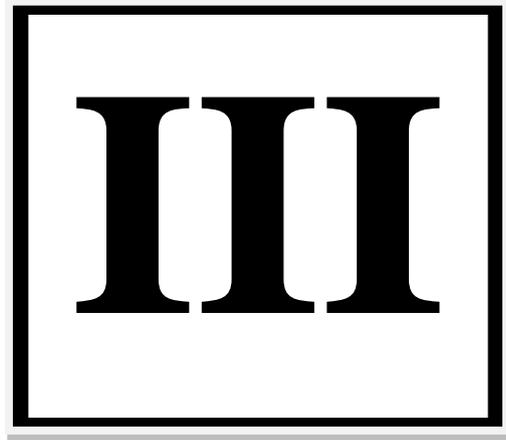
- **Perspectives thérapeutiques du chia**

Protection contre les maladies cardiaques : les acides gras polyinsaturés comme les acides eicosapentaénoïques, ω -3 et α -linoléinique contenus dans le chia ont un effet anti-thrombotiques, anti-arythmiques, régulateur de pression artérielle.

Effet sur le système immunitaire : aucun effet indésirable comme les symptômes d'intoxication ou d'allergie sont apparus sur des rats qui ont été nourris avec des graines du chia sous différentes formes.

Effet sur la peau : des études ont montré une amélioration de l'hydratation et soulagements de certains troubles cutanés [27].

Chapitre



La résistance microbienne

I. Le monde microbien et les microorganismes pathogènes

Le monde microbien est présenté par différents microorganismes (virus, bactéries, parasites, champignons...). les microbes dites ubiquitaires sont dispersés partout (dans l'air, le sol, les organismes vivants, l'eau...) en nombres très importants (plus de 200 espèces de levures identifiées dans le tube digestif d'un insecte) [44]. Ces organismes microscopiques peuvent vivre en commensale avec d'autres organismes notamment l'organisme humain (exemple de la flore intestinale), mais, la plupart des microbes sont pathogènes [45], [46], et certaines des maladies infectieuses sont considérées comme des maladies émergentes, cela veut dire que ce sont un véritable danger qui nécessite une intervention urgente [47]. Parmi les maladies infectieuses courantes on peut citer :

- Infections bactériennes comme, la tuberculose humaine : une maladie pulmonaire provoquée par une mycobactérie (*Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium bovis*, *Mycobacterium africanum*) caractérisée par une toux traînante, expectoration, hémoptysie, asthénie et fièvre [48].
- Infections virales tels que : le virus de l'hépatite A qui appartient à la famille des *picornaviridae* et au genre *héparnavirus*. Chez les jeunes, ce virus est asymptomatique, qui sera symptomatique et durable que le patient sera âgé. La phase ictérique peut être assistée par un prurit, une discrète hépatomégalie durable de 2 à 3 mois [49].
- Infections fongiques : « mycoses superficielle » provoquées par certains champignons, comme la maladie dermatophytique qui représente une infection cutanéoviscérale provoquée par des dermatophytes du genre *Trichophyton violaceum*, et *Trichophyton rubrum*, cette maladie se manifeste par une teigne récidivante du cuir chevelu puis une atteinte de la peau et des ongles [50].
- Infections parasitaires : « le paludisme » une épidémie parasitaire due à un hématozoaire du genre *plasmodium*, et transmis par des piqûres de moustiques femelles de l'espèce *Anopheles* infectée. Cette infection est manifestée par une fièvre accompagnée ou non de frisson, de sueurs, des légères troubles digestifs... [51], [52].

II. La résistance microbienne

La résistance aux antimicrobiens est devenu un véritable danger sanitaire, environ 7 millions personnes qui meurent chaque année à cause de la résistance acquise des bactéries aux antibiotiques, et un nombre important de mortalités sont associées à des infections fongiques [53], [54].

La première fois que les bactéries résistantes aux antibiotiques sont apparues, c'était dans les années quarante du siècle passé, après quelques années de la découverte de la pénicilline en 1928. Des autres antibiotiques ensuite ont été mis en marché. Cependant à chaque fois qu'une nouvelle famille d'antibiotique mise sur marché des nouveaux résistants apparaissent à cause d'une mauvaise utilisation des antibiotiques et c'est le cas pour les autres types microbiens [53], [55].

III. Les microorganismes résistants

III.1 Les bactéries résistantes aux antibiotiques

- *Staphylococcus aureus* : résistant aux sulfamides, à la pénicilline, à la méthicilline et à la vancomycine.
- *Streptococcus pyogenes* : résistant aux macrolides
- *Streptococcus pneumoniae* : résistant à la pénicilline.
- *Enterococcus* : résistant à la vancomycine.
- *Mycobacterium tuberculosis*: multirésistant.
- *Neisseria gonorrhoeae* : résistante à la pénicilline (PPNG).
- *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* , *Shigella flexneri* , *Salmonella enterica* , *Acinetobacter baumannii* , *Pseudomonas aeruginosa* , *Vibrio cholerae* et *Haemophilus influenzae* : résistantes à la bêta-lactamase .
- 40 à 60 % des souches de *S. aureus* trouvées dans les hôpitaux aux États-Unis et au Royaume-Uni sont résistantes à la méthicilline (SARM), et un nombre important de ces souches sont également résistantes à plusieurs autres antibiotiques [55].

III.2 Les champignons résistants aux antifongiques :

Candidose :

- *Candida Glabrata*, *C. guilliermondii*, *C. Parapsilose*, *C. Albicans*, *C. Albicans*, *C. Tropicalis* : résistantes au Fluconazole.
- *C. Krusei*, *Candidose. Spp* : résistantes à Amphotéricine.
- *C. Glabrata*: résistante à Échinocandines.
- *C. Albicans* résistante à : Caspofongine, Fluconazole, Amphotéricine, et voriconazole.
- *C. Auris* : résistante à Fluconazole, Amphotéricine, Échinocandines B.

Cryptocoque :

- *Cryptococcus neoformans* résistante au Fluconazole, et fluorocytosine.

Malassezia :

- *Malassezia Pachydermatis* : résistante à Thiabendazole.

Aspergillus :

- *Aspergillus Flavus*, *A. terreus*, *A. lentulus*: calidouste : résistante à Amphotéricine B [54].

IV.les types de résistance

IV.1 la résistance primaire ou intrinsèque : est un caractère naturellement présent dans certains microorganismes permettant de tolérer des conditions défavorables de croissance notamment les menaces des médicaments antimicrobiens [53], [56].

Les informations sur la résistance primaire des champignons restent limitées à cause d'une absence d'une méthodologie standardisée pour la détermination in vitro de la résistance [57].

Pour les bactéries, on peut attribuer cette capacité à :

- Un manque d'affinité du composé pour le microorganisme en particulier la bactérie.
- imperméabilité de la membrane externe de la bactérie.
- une expulsion de l'antibiotique par des pompes à efflux.
- une inactivation enzymatique innée à l'antibiotique.

IV.2 la résistance secondaire ou acquise : est le gain d'une nouvelle capacité à résister aux antimicrobiens qui ont été efficaces contre ces microorganismes auparavant [53].

Pour les bactéries, ce phénomène est le résultat de deux opérations majeurs :

- modifications du génome (mutation au niveau des gènes)
- l'acquisition horizontale de matériel génétique étranger codant à la résistance aux antibiotiques [56].

V.les mécanismes de résistance microbienne :

V.1 la résistance fongique

Les mécanismes de résistance chez les champignons est complexes et se varie selon l'antifongiques. Les informations sur ces mécanismes sont limitées. La résistance à l'amphotéricine B par exemple, implique une modification des stérols de la membrane cellulaire, la résistance à l'azole, est due à l'expression accrue de gènes transporteurs multidrogues, provoquant un efflux d'azole à partir des cellules fongiques, et la résistance à la 5-flucytosine peut être associée à des modifications mutationnelles du gène cible ou à une réduction de l'absorption du médicament [57].

V.2 la résistance bactérienne

La bactérie peut provoquer une destruction d'un antibiotique en synthétisant des enzymes activatrices empêchant l'action de l'antibactérien soit, par modification chimique, soit par modification de la cible.

La bactérie à une capacité de réduction de la perméabilité de sa membrane qui lui permet d'empêcher l'entrée de l'antibiotique à l'espace intracellulaire.

De plus, elle possède des pompes à efflux sur sa paroi ou sa membrane plasmique. Ces pompes jouent le rôle d'excrétion des molécules vers l'extérieur (Figure 21).

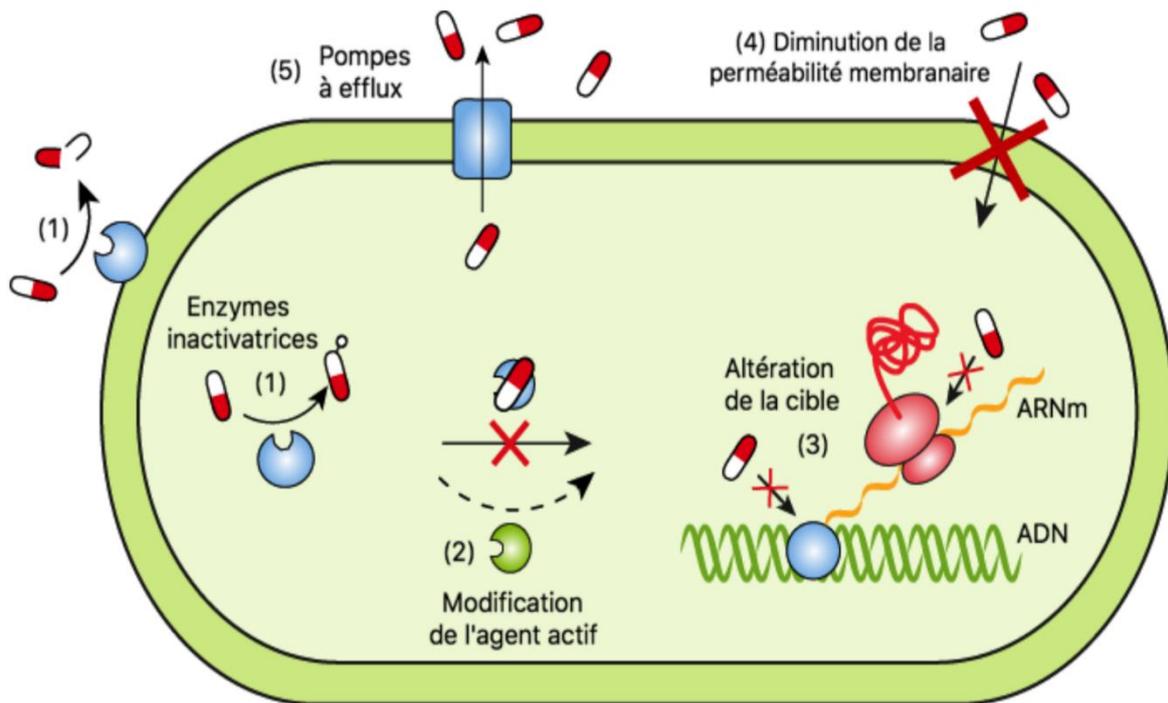


Figure 21 : Mécanismes permettant à une bactérie de devenir résistante à un antibiotique [53].

VI. perspective de lutte

Actuellement, les chercheurs tentent de trouver de nouvelles molécules à large spectre antimicrobien. Les végétaux et leurs produits, semble être une solution pour lutter contre ce phénomène qui représente un risque mondiale. Les plantes et ces dérivés (exemple de l'huile essentielle) contiennent des molécules actives ayants des mécanismes d'action variés et très ciblé qui permet la destruction de la cellule microbienne [58].

La *Salvia hispanica* l'une des sources de ces composés, et elle semble être une solution efficace pour cette crise mondiale

Chapitre

IV

**Extraction,
caractérisation des
métabolites
secondaires de *Salvia
hispanica* et leur effet
antimicrobien**

I. Extraction des composants actifs et préparation de la matière première

Le processus de séparation est une opération par laquelle on obtient plusieurs composants distincts à partir d'un seul composant. Le principe d'une extraction c'est la différenciation entre le composé d'intérêt et les autres composés [59].

Les composants d'intérêt sont les molécules bioactives responsable de l'activité biologique, ces composés sont réparties dans les différentes parties de la plante de chia. Les graines de chia est la source des extraits phénolique. L'huile essentielle de chia, est stocké dans les poils sécréteurs des parties aérienne [41; 17].

II. Méthodes d'extraction des composants actifs

Les méthodes d'extraction peuvent être saines ou intensif selon le solvant employé. On distingue deux types d'extraction :

- Extraction liquide-liquide : faire passer les composants en solution (solutés) dans une autre phase liquide, ces deux phases liquides vont être immiscibles [60].
- Extraction solide-liquide : consiste à extraire un soluté solide en utilisant un solvant liquide comme extracteur [60].

Depuis longtemps, divers méthodes d'extractions sont employées pour extraire l'huile du chia. Cependant, en raison de la multi-utilisation des extraits du chia, le besoin de découvrir des méthodes plus saines pour obtenir des extraits doux adaptés à des usages nutritionnels est augmenté [61].

II.1. Méthodes saines

II.1.1 Extraction par solvants sains

L'industrie alimentaire, pharmaceutique, et cosmétique exige l'utilisation des solvants non toxiques et compatibles avec leurs exigences. Parmi les solvants sain son citera l'eau, le dioxyde de carbone (CO₂), n-propane, et L'acétate d'éthyle.

➤ **L'eau (H₂O)** : est une molécule neutre composée de deux atomes d'hydrogène H et atome d'oxygène O essentielle à la vie des êtres vivants, c'est le solvant le

plus utilisé dans les extractions des molécules actives [62 ; 63]. Pour l'extraction par l'eau, les parties de la plante ou la poudre doivent être trempée dans l'eau froide ou tiède pour la macération, ou de l'eau à ébullition pour l'infusion [64].

➤ **Le dioxyde de carbone (CO₂):** « Extraction par fluide supercritique (ESC) » l'utilisation de certains solvants dans les procédés de séparation peut avoir des effets néfastes. C'est pour cette raison qu'une nouvelle technologie arrive pour impliquer le CO₂ supercritique comme alternative à ces solvant, permettant ainsi d'assurer la protection de la santé et l'environnement de fait qu'il est non toxique [65]. Ce fluide lorsqu'il est chauffé au-delà de sa température et comprimé sous haute pression, il se transforme en liquide ce qui le rend un bon solvant avec une meilleure diffusibilité dans le solide. sous pression le dioxyde de carbone (CO₂) liquide redevient un gaz qui s'évapore complètement [14].

➤ **Le *n*-propane (C₃H₈ ou CH₃CH₂CH₃):** est un gaz incolore qui s'enflamme facilement ayant une odeur légère du pétrole, ce gaz peut être liquéfié à sa pression de vapeur [66]. Il est utilisé dans l'extraction sous-critique est adapté pour être utilisé dans les industries notamment les industries alimentaires, en vu qu'il est exempt d'effets néfastes. Cette extraction se fait avec pression à une température au-dessous du seuil critique [61].

➤ **L'acétate d'éthyle (C₄H₈O₂ ou CH₃COOC₂H₅):** est un liquide organique incolore volatil, polaire, avec une odeur fruitée. C'est un solvant compatible avec les conditions de l'industrie alimentaire utilisé dans les extractions des composées actives des plantes [61 ; 67].

II.1.2 Hydrodistillation : la méthode la plus utilisée dans l'extraction des huiles essentielles, la plante est directement émergée dans l'eau et porter à l'ébullition. La condensation des produits volatils évaporés lors de l'ébullition se fait grâce à un système de réfrigération par l'eau courante, et l'huile essentielle peut être récupérée ensuite par extraction liquide-liquide ou par une simple décantation [68 ; 14].

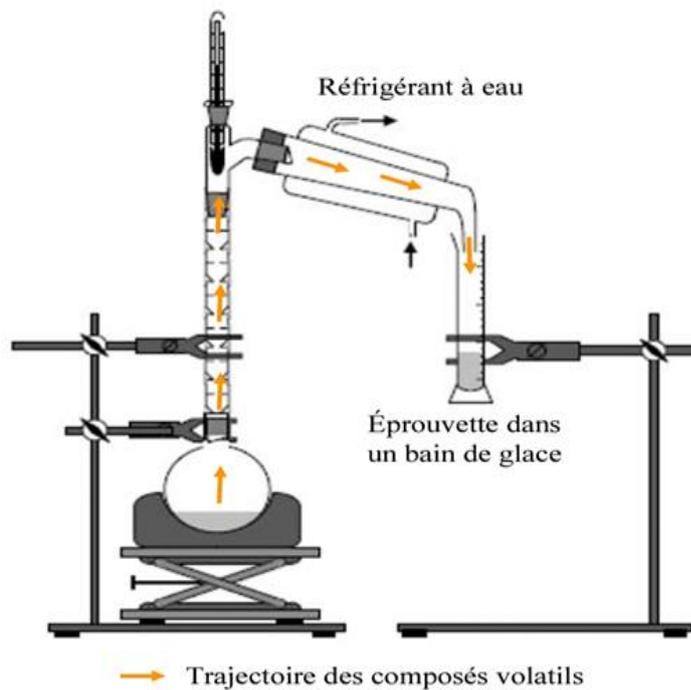


Figure 22 : Dispositif et mécanisme d'extraction par hydrodistillation [14].

II.2 Méthodes intensives

II.2.1 Extraction par solvant intensifs

Certains solvants peuvent être intensifs, ils menacent l'environnement et provoquent des dangers sanitaires comme (n-hexane, l'éthanol, l'éther...) [61]. Les principes actifs solubles présents dans le matériel végétal (solide), se déplacent vers le solvant (liquide) selon le gradient de concentration jusqu'à l'équilibre (Figure 22) [69].

- L'appareil de Soxhlet est une installation en verre utilisée dans les extractions en solvants, la poudre de la plante est disposée dans un sac avec pores (chambre E) dite cartouche, le condenseur D stocke les vapeurs dégagées du solvant (A) lors du chauffage. L'égouttage sur la poudre entraîne son extraction, et le liquide (E) monte au haut du tube (C) et transvase dans le flacon (A) (Figure 23) [69].

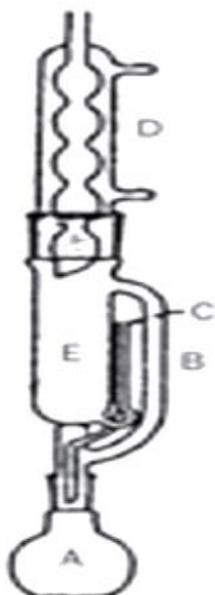


Figure 23 : Montage Soxhlet [69].

III. Dosage en molécules bioactives

III.1 Composition en molécule bioactives de l'huile essentielle

Le processus d'extraction et de séparation sont fait par Elshafie H.S et ses collègues : L'huile essentielle est obtenue par hydrodistillation à partir des parties aériennes de *Salvia hispanica L.*

Une chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse et chromatographie en phase gazeuse-détecteur à ionisation de flamme (GC-FID) sont réalisées pour séparer et identifier les composants actifs de l'huile essentielle (Tableau N° IV) [70].

Tableau N° IV: la composition de l'huile essentielle des parties aériennes de *Salvia hispanica* L. obtenue par hydrodistillation [70].

Le composant	Le pourcentage %
δ-3-Carene	0.2
(Z)-β-Ocimene	0.2
Linalool	0.4
<i>trans</i> -Verbenol	0.2
Borneol	0.2
Terpinen-4-ol	0.2
α-Terpineol	0.2
Myrtenal	0.2
β-Cyclocitral	0.2
<i>cis</i> -Carveol	0.2
Thymoquinone	trace
Linalyl acetate	2.0
<i>iso</i> -3-Thujanol acetate	0.2
<i>neo</i> -3-Thujanol acetate	0.4
Thymol	0.2
<i>p</i> -Cymen-7ol	0.2
Hexyl tiglate	0.2
δ-Elemene	0.4
Silphinene	0.2
Neryl acetate	0.6
α-Ylangene	0.4
α-Copaene	0.7
β-Bourbonene	1.3
β-Elemene	0.9
β-Longipinene	0.2
Longifolene	0.6
(Z)-Caryophyllene	11.5
(E)-Caryophyllene	10.6
<i>p</i> -Cymen-7-ol acetate	0.2
β-Duprezianene	0.2
<i>α-trans</i> -Bergamotene	0.2
β-Copaene	0.6
Aromadendrene	1.1
α-Humulene	4.8
allo-Aromadendrene	0.6
9-epi-(E)-Caryophyllene	2.4
<i>cis</i> -Muurola 4(14),5-diene	0.6
γ-Gurjunene	3.1
α-Amorphene	0.6
(E)-β-Ionone	2.0
β-Selinene	2.0
α-Selinene	0.4
α-Amorphene	2.0

Tableau IV: la composition de l'huile essentielle des parties aériennes de *Salvia hispanica* L. obtenue par hydrodistillation (Suite)

δ-Amorphene	3.1
γ-Cadinene	0.2
Nootkatene	0.9
δ-Cadinene	0.4
α-Calacorene	0.4
Elemol	0.9
Germacrene-B	0.6
β-Calacorene	0.7
(E)-Nerolidol	0.6
Ledol	0.6
Spathulenol	2.2
Caryophyllene oxide	2.7
Globulol	0.7
β-Copaen-4-α-ol	0.6
Viridiflorol	0.7
β-Oplopenone	1.1
Humulene epoxide II	0.4
Citronellyl pentanoate	1.1
T-Cadinol	0.7
α-Eudesmol	3.8
α-Cadinol	1.7
14-Hydroxy-(Z)-caryophyllene	1.8
Khusinol	0.4
α-Bisabolol	0.4
Davanol acetate	0.4
14-Hydroxy-4,5-di-hydro-caryophyllene	0.6
(2Z,6Z)-Farnesal	2.0
Oplopanone	0.7
8-α-11-Elemodiol	0.7
α-Costol	0.7
2-Hydroxy-amorpha-4,7(11)-diene	0.9
14-Hydroxy-α-Muurolene	0.7
β-Acoradienol	0.6
(E)-Isovalencenol	0.2
2-α-acetoxy-Amorpha-4,7(11)-diene	1.5
Acorone	0.4
Khusinol acetate	1.7
Total	91.4
• Sesquiterpene hydrocarbons	53.9
• Oxygenated sesquiterpenes	30.6
• Oxygenated monoterpenes	5.0
• Phenolic compound	1.5
• Monoterpenes hydrocarbons	0.4

III.2 Composition en molécules bioactives de l'extrait méthanolique

Abdel-Aty, A.M. et ses collaborateurs ont réalisé une germination des graines de chia égyptiennes. Les graines et la poudres de pousses ont subies une extraction en la mettant dans la solution de solvant « méthanol » température de (25–30°C) [71].

La teneur totale en phénols et en flavonoïdes a été mesurée par spectrométrie pendant 10 jours de germination et exprimée en mg d'équivalent acide gallique (EAG)/g DW) pour les phénols et en mg d'équivalent catéchine (EC)/g DW pour les flavonoïdes. Les résultats ont montré que l'extrait des poussées de 7 jours ont la valeur la plus élevée en phénols et en flavonoïdes (Les résultats obtenus montrent que les valeurs en composés actifs augmentent jusqu'au septième jour puis elles commencent à diminuer à partir du huitième jour) [71].

Par la suite, ils ont fait une caractérisation des composants actifs de l'extrait méthanolique des graines sèches et des pousses de 7 jours par la méthode de l'HPLC (tableau N° V) [71].

Tableau N° V : Composés phénoliques des graines sèches de chia et des germes de 7 jours en utilisant l'analyse HPLC [71].

composées	Graines sèches, mg/g DW	Germes de 7jours, mg/g DW	Plier l'augmentation de la germination
Acides phénoliques			
Gaulois	0,012 ± 0,001 ^{un}	0,08 ± 0,002 ^b	6.7
Protocatéchuïque	0,170 ± 0,002 ^a	0,80 ± 0,030 ^b	4.7
<i>p</i> -hydroxybenzoïque	0,011 ± 0,001 ^{un}	0,22 ± 0,011 ^b	20
Chlorogène	0,028 ± 0,002 ^{un}	0,34 ± 0,012 ^b	12.1
Caféique	0,280 ± 0,012 ^{un}	0,50 ± 0,013 ^b	1.8
Syringique	0,012 ± 0,001 ^{un}	0,16 ± 0,012 ^b	13.3
Vanillique	0,010 ± 0,001 ^{un}	0,18 ± 0,014 ^b	18
Férulique	0,112 ± 0,005 ^{un}	0,34 ± 0,011 ^b	3
Sinapic	0,012 ± 0,001 ^{un}	0,08 ± 0,001 ^b	6.7
<i>p</i> - coumarique	ND	0,24 ± 0,012	–
Rosmarinique	0,320 ± 0,012 ^a	0,60 ± 0,012 ^b	1.9
Cinnamique	0,040 ± 0,002 ^{un}	0,16 ± 0,010 ^b	4
Flavonoïdes			
Catéchine	0,140 ± 0,007 ^a	0,45 ± 0,010 ^b	3.2
Qurécétine	0,080 ± 0,003 ^{un}	0,40 ± 0,020 ^b	5
Apigénine	0,016 ± 0,001 ^{un}	0,43 ± 0,021 ^b	27
Kaempférol	ND	0,16 ± 0,014	–
Chrysin	0,004 ± 0,0 ^a	0,06 ± 0,003 ^b	15

- Les valeurs sont présentées sous forme de moyennes \pm SD (n = 4), les valeurs dans le même brut avec des exposants différents (a et b) sont significativement différentes à (P < 0,01)
- ND : non détecté

III.3 Composition en molécules bioactives des extraits par différents solvants

L'extraction et la séparation des composants actifs sont réalisées par Rubavathi et son équipe. A l'aide d'un extracteur de Soxhlet à température (50°C), Ils ont réalisé une extraction à partir des graines de chia en utilisant du méthanol, hexane, acétate d'éthyle, et l'eau. Puis ils ont mesuré la teneur en composés phénolique et en flavonoïdes en utilisant la technique de spectrométrie. Les valeurs obtenues sont montrées dans le Tableau N° VI et VII [72].

Tableau N° VI : Estimation des phénols de différents extraits [72].

Concentration (µg/ml)	40	80	120	160	200
Valeurs standard	1.015	1.495	2.298	2.968	3.097

Hexane

DO 765nm	0.156	0.375	0.550	0.661	0.755
Équilibre de l'acide gallique (µg/ml)	- 4.69±0.03	9.26±0.02	20.26±0.03	27.30±0.03	33.21±0.02

Acétate d'éthyle

DO 765nm	0.169	0.351	0.517	0.627	0.735
Équilibre de l'acide gallique (µg/ml)	- 3.87±0.02	7.66±0.02	18.17±0.01	25.11±0.03	31.94±0.016

Méthanol

DO 765nm	0.249	0.464	0.656	0.780	0.950.7369
Équilibre de l'acide gallique (µg/ml)	1.21±0.02	14.83±0.02	26.99±0.0312	32.05±0.02	46.126±0.02

Eau

DO 765nm	0.251	0.352	0.551	0.662	0.810
Équilibre de l'acide gallique (µg/ml)	1.18±0.03	7.75±0.02	20.34±0.03	27.32±0.04	44.71±0.02

Tableau N° VII : Estimation des flavonoïdes de différents extraits [72].

concentration ($\mu\text{g/ml}$)	40	80	10	120	200
Valeurs standard	0.652	0.865	1.234	1.312	1.518

Hexane

DO 420nm	0.342	0.453	0.736	0.837	0.890
Équilibre de la quercitine ($\mu\text{g/ml}$)	-24.9 \pm 0.4	-4.28 \pm 0.03	48.12 \pm 0.03	66.70 \pm 0.03	70.6 \pm 0.01

Acétate d'éthyle

DO 420nm	0.347	0.527	0.643	0.780	0.851
Équilibre de la quercitine ($\mu\text{g/ml}$)	-24 \pm 0.04	9.29 \pm 0.01	30.83 \pm 0.02	56.20 \pm 0.01	69.29 \pm 0.035

Méthanol

DO 420nm	0.455	0.546	0.657	0.893	0.962
Équilibre de la quercitine ($\mu\text{g/ml}$)	-3.91 \pm 0.1	12.87 \pm 0.028	33.49 \pm 0.03	66.086 \pm 0.04	88.97\pm0.03

Eau

DO 420nm	0.161	0.345	0.646	0.751	0.870
Équilibre de la quercitine ($\mu\text{g/ml}$)	-58 \pm 0.03	-24.3 \pm 0.044	31.395 \pm 0.04	50.59 \pm 0.03	76.87\pm0.02

III.4 Comparaison entre la composition en phénols des graines de chia noires et blanches

Tunçil et ses collaborateurs ont fait une extraction méthanolique des graines de chia, puis, ils ont mesurés la quantité des phénols dans l'extrait des graines blanches et l'extrait des graines noires (Figure 24) en utilisant la méthode de dosage par le réactif Folin–Ciocalteu (Figure 25) [73].



Figure 24 : les graines noire à gauche et à droite les graines blanches de chia utilisées dans la préparation des extraits [73].

Les résultats ont montré que les graines de chia blanches représente la valeur la plus élevée des composés phénoliques par rapport aux graines noires comme indiqué dans la Figure 25 [73].

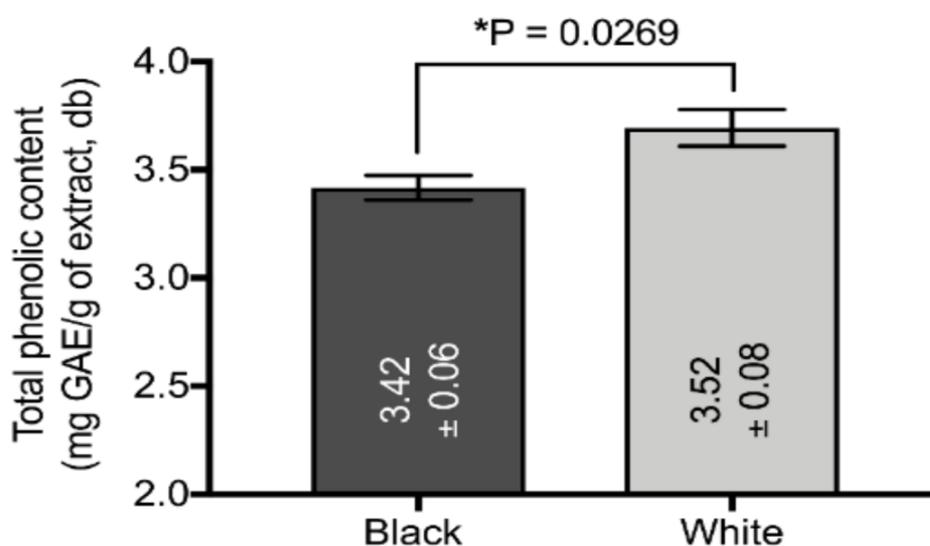


Figure 25 : Teneur en phénols totaux [mg d'acide gallique équivalent (GAE)/g d'échantillon] des extraits de graines de chia noir et blanc [73].

Les barres d'erreur représentent la norme erreurs des moyens de trois répliques. Des échantillons ayant une différence (unilatérale, non apparié test t de Student, $P < 0,05$) sont indiqués avec un astérisque. db : base sèche [73].

IV. Screening de l'activité antimicrobienne

IV.1 Activité antibactérienne

IV.1.1 Activité antibactérienne de l'huile essentielle

L'activité antibactérienne de l'huile essentielle obtenue par hydrodistillation a été testée par Elshafie et son équipe contre quatre bactéries à G+ (*Bacillus megaterium* Actinidia, *B. megaterium* de la collection ITM, *B. mojavensis*, *Clavibacter michiganensis*), et six bactéries à G- (*Xanthomonas campestris*, *X. vesicatoria*, *Pseudomonas savastanoi*, *P. syringae pv. phaseolicola*, *Escherichia coli*, *Burkholderia gladioli pv. Agaricicola*) par la méthode de diffusion sur disque (son principe repose sur une diffusion des microorganismes sur milieu solide puis, application des disques de l'antibiotique testé). Les milieux utilisés sont : King B (KB), gélose nutritive (NA) et gélose à la farine de maïs.

Le diamètre d'inhibition a été mesuré en (mm), ensuite, l'inhibition de la croissance bactérienne a été calculée en pourcentage % et montrée par le tableau N° VIII et IX [70].

Tableau N° VIII : Activité antibactérienne de l'HE de Chia contre certaines bactéries phytopathogènes G- testée par la méthode de diffusion sur disque [70].

Milieux nutritifs	HE %	Inhibition de la croissance bactérienne (%) ± SD					
		<i>X. cam</i>	<i>X. ves</i>	<i>P. sav</i>	<i>P. s. pv. ph</i>	<i>E. coli</i>	<i>B. agar</i>
King B (Ko)	50	31,1 ± 3,1c	32,2 ± 1,6c	57,8 ± 3,1a	35,6 ± 3,1c	0,0 ± 0	0,0 ± 0
	25	21,1 ± 1,3d	18,9 ± 3,8d	0,0 ± 0e	24,4 ± 2,6d	0,0 ± 0	0,0 ± 0
Gélose nutritive (NA)	50	33,3 ± 2,6c	50,0 ± 3,8b	47,8 ± 3,8b	23,3 ± 3,8d	0,0 ± 0	0,0 ± 0
	25	20,0 ± 2,6d	24,4 ± 2,6 cd	31,1 ± 2,6c	14,4 ± 1,3	0,0 ± 0	0,0 ± 0
Gélose à la farine de maïs	50	53,3 ± 2,6a	67,8 ± 3,8a	35,6 ± 2,6c	66,7 ± 2,6a	0,0 ± 0	0,0 ± 0
	25	44,4 ± 2,6b	47,8 ± 1,3b	24,4 ± 2,6d	48,9 ± 2,6b	0,0 ± 0	0,0 ± 0

Tableau N° IX: Activité antibactérienne de l'HE de Chia contre certaines bactéries phytopathogènes G+ testée par la méthode de diffusion sur disque [70].

Milieux nutritifs	HE%	Inhibition de la croissance bactérienne (%) ± SD			
		<i>B. meg Act</i>	<i>B. meg 100</i>	<i>B. moj</i>	<i>C. mich</i>
King B (Ko)	50	63,3 ± 4,7a	36,7 ± 4,7b	40,0 ± 3,1ab	66,7 ± 6,3a
	25	44,4 ± 2,6b	24,4 ± 2,6c	25,6 ± 3,8bc	42,2 ± 2,6b
Gélose nutritive (NA)	50	31,1 ± 2,6c	50,0 ± 3,8a	45,6 ± 3,8a	66,7 ± 5,1a
	25	27,8 ± 3,8 cd	34,4 ± 3,8b	30,0 ± 3,8c	20,0 ± 2,6d
Gélose à la farine de maïs (CMA)	50	46,7 ± 2,6b	22,2 ± 2,6c	58,9 ± 3,8 ab	53,3 ± 2,6a
	25	21,1 ± 1,3d	31,1 ± 2,6bc	25,6 ± 3,8bc	28,9 ± 2,6c

- Les valeurs sont enregistrées comme la moyenne du pourcentage d'inhibition de la croissance bactérienne ± SD. Les valeurs suivies de la lettre différente dans chaque colonne verticale pour chaque bactérie sont significativement différentes à P < 0,05. (pour le Tableau N° VIII et IX) [71].
- Les valeurs présentées dans les deux tableaux ont montrés une capacité significative d'inhibition de la croissance des bactéries à G+ plus élevée par rapport aux bactéries à G- à des doses différentes dans des milieux différents, notant que l'effet est plus élevé en milieux NA pour les bactéries G+, et dans CMA pour les bactéries G-.
- Les souches *E.coli* et *B. gladioli* pv. *Agaricicolan* ont présenté aucune sensibilité à l'huile essentielle [70].

IV.1.2 Activité antibactérienne de l'extrait méthanolique des graine de chia d'Egypte

Le test antibactérien de l'extrait méthanolique a été fait par Abdel-Aty et ses collaborateurs sur trois souches bactériennes à G- (*E. coli* O157-H7 ATCC 51 659, *Salmonella typhi* ATCC 15 566 et *Pseudomonas aeruginosa* NRRL B-272) et une

souche bactérienne à G+ (*Staphylococcus aureus* ATCC 13 565) sur gélose Mueller-Hinton.

L'activité antibactérienne a été déterminée en mesurant le diamètre des zones d'inhibition de la croissance des bactéries en (mm) [71].

➤ En observant les valeurs obtenues par Abdel-Aty et ces collaborateurs, on remarque que l'extrait des pousses de 7 jours a montré la plus forte activité inhibitrice de la croissance pour toutes les souches étudiées (*S. Typhi*, *E. Coli*, *P. Aeruginosa*, *S. Aureus*). Ou il a présenté les valeurs les plus élevées des diamètres des zones d'inhibition par rapport à l'extrait des graines sèches et la gentamicine qui est utilisé comme contrôle positif.

➤ De plus, les germes de 7 jours ont les plus faibles valeurs de concentrations minimales inhibitrices (CMI) [71].

IV.1.3 Activité antibactérienne des extraits par différents solvants

Le test antibactérien a été fait contre quatre souches bactériennes, puis, le diamètre des zones d'inhibition a été mesuré en (mm) (tableau N° X) [72].

Tableau N° X: activité antibactérienne des extraits des graine de chia [72].

Zone d'inhibition en (mm)				
Microorganisme	<i>Escherichia coli</i>	<i>Klebsiella pneumonia</i>	<i>Basillus subtilis</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
Extrait de l'hexane	19±0.04	14±0.05	16±0.04	18±0.09
Extrait de l'acétate d'éthyl	10±0.04	17±0.02	12±0.12	22±0.08
Extrait de méthanol	16±0.06	15±0.08	20±0.06	25±0.03
Extrait de l'eau	18±0.07	16±0.09	11±0.07	15±0.09

➤ Les valeurs d'inhibition les plus importantes sont montrées par l'extrait de méthanol et d'acétate d'éthyle contre *S.aureus*.

➤ Tous les types des extraits ont montré une capacité élevée contre les souches bactériennes testées.

IV.1.4 Activité antibactérienne des terpénoïdes, phénols et alcaloïdes séparés à partir d'extrait du chia

Hussein et son équipe, ont arrivé a caractériser et séparer les phénols, les terpénoïdes et les alcaloïdes du *Salvia hispanica L.* et évaluer leurs activité antimicrobienne contre sept souches pathogènes (*Escherichia coli*, *Proteus*, *Shigella*, *Salmonella*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Streptococcus pyogenes*) isolées des cas de diarrhée à trois concentrations différentes (500, 600, 700 mg/ml) [74].

- Les résultats obtenus ont montré que les alcaloïdes ont exercé l'effet le plus important contre quatre bactéries : (*Escherichia coli*, *Shigella*, *Salmonella*, *Pseudomonas*) par rapport aux autres composants à partir de la concentration minimale (500 mg/ml).
- Les phénols ont montré la plus grande valeur de zone d'inhibition de la croissance bactérienne contre deux souches (*Proteus* et *Enterobacter*) à partir de la concentration 600 mg/ml.
- *Streptococcus pyogenes* n'a montré aucune sensibilité aux trois composants [74].

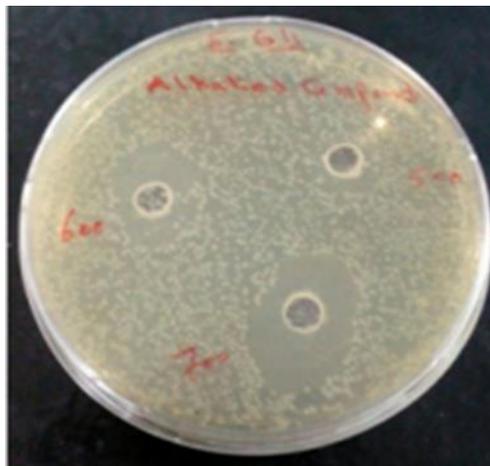


Figure 26 :L'efficacité antibactérienne des alcaloïdes bruts extraits des graines de *Salvia hispanica L.* sur *Escherichia coli* [74].

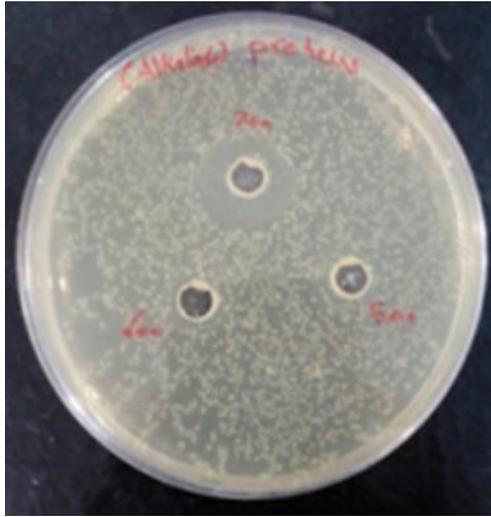


Figure 27 : L'efficacité antibactérienne des alcaloïdes bruts extraits des graines de *Salvia hispanica L.* sur *Proteus* [74].



Figure 28 : l'efficacité antibactérienne des alcaloïdes bruts extraits des graines de *Salvia hispanica L.* Contre *salmonella* [74].

- Les figures 26, 27, et 28 montrent les zones d'inhibition de la croissance des trois souches traitées par les alcaloïdes ou on peut observer que le diamètre des zones augmente avec l'augmentation de la concentration et l'efficacité se varie d'une bactérie à l'autre.

IV.2 Activité antifongique

IV.2.1 Activité antifongique de l'huile essentielle

Une fois que l'équipe de Elshafie a extrait l'huile essentielle. Ils ont testé cette dernière pour son activité antifongique avec le milieu gélose pomme de terre dextrose (PDA) à trois concentrations différentes contre dix champignons : (*Monilinia laxa* ; *M. fructicola*, *M. fructigena* ; *Penicillium digitatum* ; *P. expansum*; *Aspergillus niger* ; *A. flavus* ; *A. fumigatus* ; *Fusarium oxysporum* ; *Sclerotinia sclerotiorum*). L'activité antifongique exprimée par le pourcentage d'inhibition de la croissance du mycélium (PGI) par rapport aux plaques témoins et calculée en pourcentage % tel présentée dans le Tableau N° XI [70].

Tableau N° XI : Activité antifongique de l'huile essentielle de Chia contre certains champignons phytopathogènes testée par la méthode de diffusion sur disques [70].

champignon	Huile essentielle (%)	Inhibition de la croissance du mycélium des champignons testés (%) ± ET
<i>M. laxiste</i>	40%	80,0 ± 3,1a
	20%	55,6 ± 5,1b
	10%	41,1 ± 3,8b
	PDA-contrôle	0,0 ± 0c
<i>M. fcola</i>	40%	72,2 ± 4,7a
	20%	58,9 ± 3,8 ab
	10%	42,2 ± 2,6b
	PDA-contrôle	0,0 ± 0c
<i>M. fgena</i>	40%	78,9 ± 1,6a
	20%	60,0 ± 2,6b
	10%	40,0 ± 5,1c
	PDA-contrôle	0,0 ± 0d
<i>P. creuser</i>	40%	71,1 ± 6,3a
	20%	50,0 ± 3,8b
	10%	31,1 ± 10,3c
	PDA-contrôle	0,0 ± 0d
<i>P. exp</i>	40%	84,4 ± 3,1a
	20%	70,0 ± 3,8ab
	10%	0,0 ± 0b
	PDA-contrôle	0,0 ± 0b
<i>A. nig</i>	40%	51,1 ± 6,3a
	20%	21,1 ± 1,3b
	10%	0,0 ± 0c
	PDA-contrôle	0,0 ± 0c
<i>A. flv</i>	40%	47,8 ± 4,7a
	20%	24,4 ± 2,6 ab
	10%	13,3 ± 2,6b
	PDA-contrôle	0,0 ± 0c
<i>A. fum</i>	40%	88,9 ± 3,1a
	20%	71,1 ± 2,6ab
	10%	56,7 ± 3,8 ab
	PDA-contrôle	0,0 ± 0b
<i>F. oxy</i>	40%	42,2 ± 6,3a
	20%	20,0 ± 2,6b
	10%	18,9 ± 3,8b
	PDA-contrôle	0,0 ± 0c
<i>S. scl</i>	40%	0,0 ± 0a
	20%	0,0 ± 0a
	10%	0,0 ± 0a
	PDA-contrôle	0,0 ± 0a

- Les valeurs sont enregistrées comme la moyenne du pourcentage d'inhibition de la croissance du mycélium de chaque champignon testé \pm SD. Les valeurs suivies de la lettre différente dans chaque colonne verticale pour chaque champignon sont significativement différentes à $P < 0,05$.
- Les valeurs obtenues par le test antifongique montrent une efficacité significative de l'HE contre les champignons notamment à la concentration 40% par des valeurs différentes pour toutes les espèces sauf *S. Sclerotiorum*, qui n'a montré aucune sensibilité [70].

IV.2.2 Activité antifongique des extraits par solvants :

L'activité antifongique des quatre extraits de chia ont été testés par l'équipe de Rubavathi contre quatre champignons en réalisant un antifongigramme, l'activité représentée par la zone d'inhibition de la croissance en (mm) est présentée dans le Tableau N° XII [72].

Tableau N° XII : activités antifongique des extraits de graines de chia [72].

Zone d'inhibition en (mm)				
Microorganisme	<i>Trichoderma</i>	<i>Aspergillus oryzae</i>	<i>Candida albicans</i>	<i>Candida tropicalis</i>
Extrait de l'hexane	4 \pm 0.01	7 \pm 0.03	5 \pm 0.04	10 \pm 0.07
Extrait de l'acétate d'éthyle	5 \pm 0.03	8 \pm 0.02	2 \pm 0.07	9 \pm 0.08
Extrait de méthanol	9 \pm 0.04	7 \pm 0.06	4 \pm 0.09	11\pm0.03
Extrait de l'eau	6 \pm 0.07	6 \pm 0.03	9 \pm 0.08	4 \pm 0.09

- Les extraits sains et intensifs ont montré un effet inhibiteur de la croissance des champignons, notant que la valeur la plus élevée est celle du méthanol contre *C.tropicalis* [72].

IV.3 Activité antiparasitaire de l'extrait éthanolique de *Salvia hispanica*

Songsri, J. et ses collaborateurs ont testé l'activité de l'huile de chia extrait par l'éthanol sur le parasite *Haplorchis taichui* puis ils ont étudié son effet sur ce parasite en observant sa surface par microscope électronique [75].

Les résultats ont été comme suit :

- la surface du parasite traité par 1 mg/ml d'huile de chia a commencé à se déformer à partir de 12 heures après traitement, après 24 heures du traitement, les surfaces semblaient gonflées avec des boursouffures étendues et une desquamation du tégument (figure 29).
- Le tégument traité par 10 mg/ml d'huile de chia, a montré un gonflement et saignement dans les zones des épines (figure 30 A et B). Le parasite a montré des surfaces des ventouses orale et ventrale et des papilles sensorielles montraient des boursouffures et la surface du tégument semblait enflée et en train de desquamer [75].

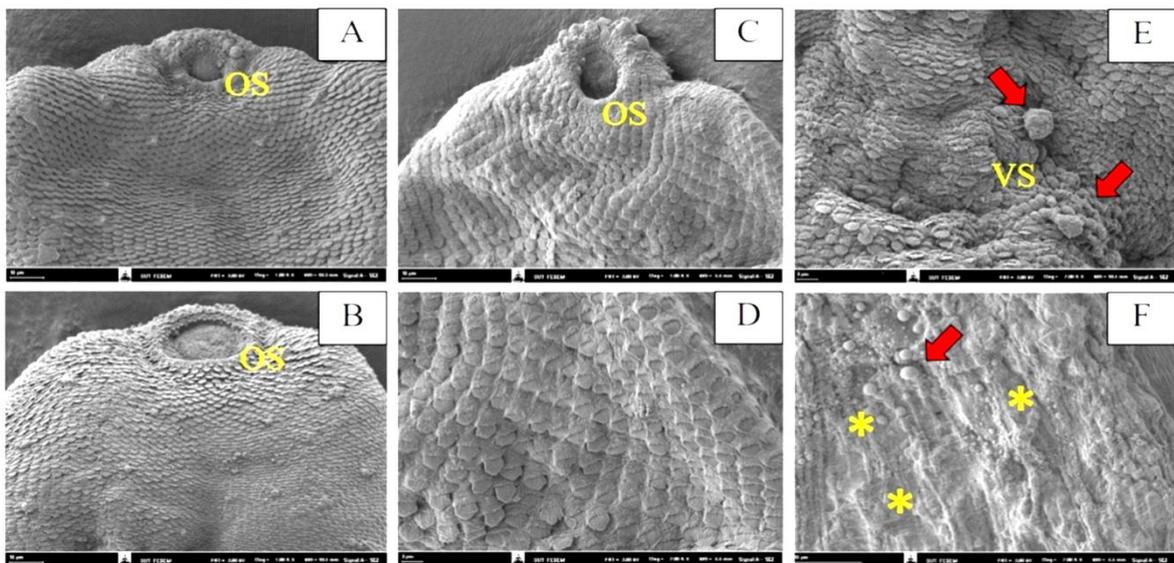


Figure 29: Surface tégumentaire de *H. taichui* adulte après incubation avec 1 mg/ml d'huile de chia pendant 1 h (A), 6 h (B), 12 h (C et D) et 24 h (E et F). O S ; ventouse orale, VS; ventouse ventrale. Les flèches indiquent des boursouffures, les étoiles indiquent une desquamation [75].

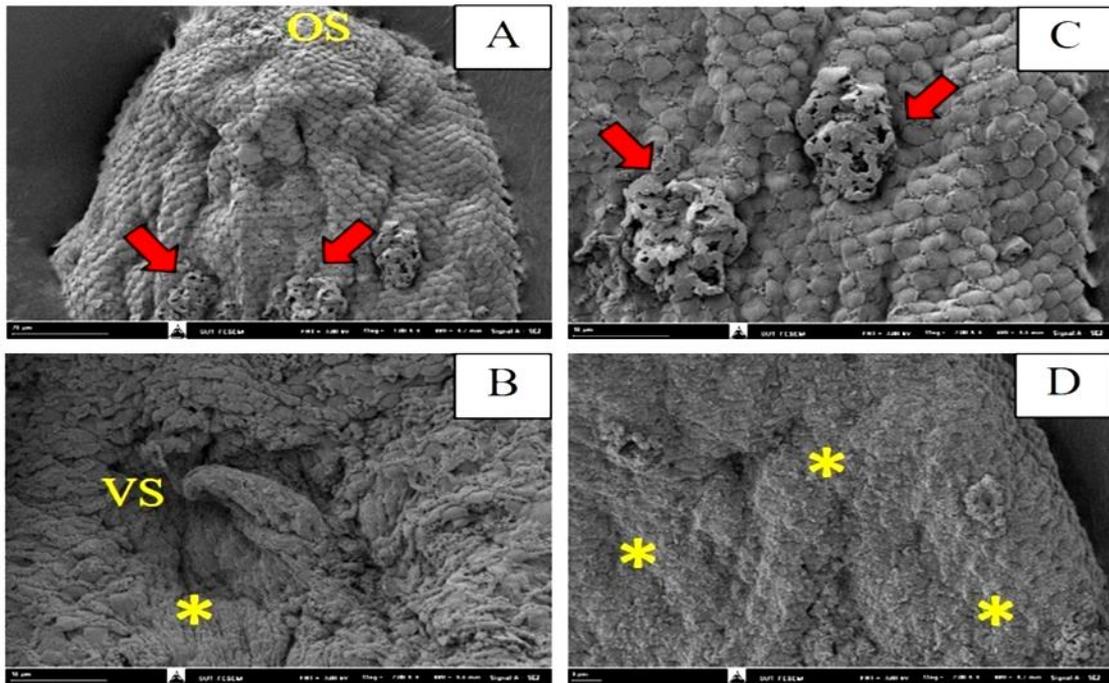


Figure 30: Surface tégumentaire d'*Haplorchis taichui* adulte après incubation avec 10 mg/ml d'huile de chia. O S ; ventouse orale, VS; ventouse ventrale, fléchée ; papilles sensorielles boursoufflées, étoile ; desquamation [75].

V. Discussion des résultats

V.1 Effet antimicrobien de l'huile essentielle

La composition de l'huile essentielle des parties aérienne du chia étudié par Elshafie et son équipe a montré une haute valeur en Sesquiterpène, en particulier le caryophyllène [70].

Ahmed et ses collaborateurs ont fait une caractérisation des composants actifs de l'huile essentielle des graines de chia de sud de la Californie, sud-est du Texas et le nord-ouest de l'Argentine, ils ont trouvé que les quantités des composants varient d'une zone à l'autre, les résultats ont montré que le composant dominant dans l'huile essentielle de Californie et de l'Argentine est le globulol, et le composant dominant dans celle de Texas est le caryophyllène, comme dans le cas de l'extrait de Elshafie et ces collaborateurs [70 ;76].

Pour cela, l'auteur attribue l'effet inhibiteur de la croissance des microorganismes à la teneur élevée de l'huile essentielle en caryophyllène [70].

Les études de Sabulal et ces collègues ont montré que l'huile essentielle de rhizomes de *Zingiber nimmonii* qui est riches en sesquiterpènes a exercé un effet inhibiteur contre les champignons, *Candida glabrata*, *C. albicans* et *Aspergillus niger* et les bactéries *Bacillus subtilis* et *Pseudomonas aeruginosa* [77].

Selon l'équipe de Dahman, le β -caryophyllène identifié dans l'huile essentielle d'*Aquilaria crassna* comme principe actif, a montré un effet antimicrobiens contre certains espèces bactériennes et fongiques notant que l'effet contre les G⁺ est plus fort que contre les souches à G⁻, il a montré également un effet contre le développement des cellules cancéreuses du colon et un effet antioxydant [78].

L'activité antimicrobienne de certains composés actifs comme les sesquiterpène peut être relié à leur activité antioxydant [70], [71].

Selon les résultats obtenus par l'équipe de Elshafie, le milieu de culture de NA. a montré les valeurs les plus élevée de l'effet inhibiteur de la croissance microbienne, Cela, veux dire que l'activité biologique et les mécanismes de défense, la régulation des gènes et des facteurs environnementaux des micro-organismes dépendent de la nature du milieu nutritif [70].

V.2 Effet antimicrobien des extraits des graines de chia par différentes méthodes et solvants :

Des recherches intenses ont montré un large effet de *Salvia hispanica L.* contre les microorganismes pathogènes, l'étude de Kobus-Cisowska et son équipe a montré un effet antibactérien de chia contre un ensemble de bactéries pathogènes (*Clostridium difficile* ATCC 9689, *Clostridium butyricum* ATTC 860, *Listeria monocytogenes* ATCC 7644, *Pseudomonas aereuginosa* ATCC 27853, *Salmonelle typhimurium* ATCC 14028, *Salmonella enteritidis* ATCC 13076, *Proteus mirabilis* ATCC 12453, et *Escherichia coli* ATCC 25922) [79].

La recherche de l'équipe de Divyapriya a indiqué que l'extrait alcoolique et l'extrait aqueux de *Salvia hispanica* ont un effet contre les principaux pathogènes de la maladie parodontale : *A.actinomycetamcomitans*, *F.nucleatum* et *P.gingivalis* [80].

Les résultats obtenus par Abdel-Aty et ses collègues ont indiqué que les pousses de 7jours de chia contient les plus grandes valeurs en composés actifs telle que les acides rosmarinique,

caféique et protocatéchique, et les principaux composés phénoliques identifiés. De plus la présence des acide *p*- coumarique et kaempférol dans les pousses de 7 jours et leurs absence dans les pousses les plus jeunes, indique qu'ils sont reproduits dans cette période de développement de la plante [71].

Certains composés phénoliques qui ont un effet antioxydant peuvent agir comme un stimulateur de l'effet antimicrobien par la génération des molécules de H₂O₂ qui vont provoquer des modifications dans les protéines des bactéries, par conséquent, elle devient sensible au stress oxydatif [71].

Les valeurs des phénols totaux obtenus par Tunçil et ses collaborateurs, ont montrés une différence significative entre la teneur des graines blanches et des graines noires. Cependant d'autres études ont montré une différence non significative entre les graines de *Salvia hispanica L.* de différentes couleurs [73].

L'activité antimicrobienne des phénols, terpénoïdes et des alcaloïdes testés par l'équipe de Hussein contre les souches bactériennes, ont montré une spécificité de l'action inhibitrice de la croissance microbienne [74].

Cet effet antimicrobien des composés actifs est fait par plusieurs mécanismes. Les polyphénols perturbent la fonction des polysaccharides et protéines dans la cellule bactérienne en se liant à ces derniers. Les terpénoïdes et les flavonoïdes agissent sur la membrane cellulaire en provoquant des ruptures. Les complexes d'alcaloïdes jouent un rôle dans l'inhibition de la pompe d'efflux [74].

Le test antiparasitaire réalisé par Songsri et ses collègues, a montré que l'huile de chia provoque des déformations puis, destruction de la surface du parasite [75]. Cette études a besoin d'autre recherches pour identifier la nature et la dose des composants actifs présent dans l'huile employé [75].

L'équipe de Rubavathi ont utilisé dans leur étude un ensemble des extraits de chia par des solvants sains (eau, acétate d'éthyle) et intensifs (hexane, méthanol) [72]. A partir des résultats obtenus par Rubavathi et son équipe et Divyapriya et son équipe on peut déduire quelles extraits sains ont marqué des valeurs significatives en composition en molécules bioactives et leur effet antimicrobien malgré que l'extrait alcoolique a marqué les valeurs les plus élevées [72], [80].

Conclusion

Le screening de l'activités antimicrobienne de *Salvia hispanica L.* a indiqué que l'activité d'un extrait de chia dépend de certains facteurs : comme la région de culture de la plante, la couleurs des graines étudiées, les procédures d'extraction, la nature du pathogène, le milieu de culture du pathogène, et l'âge de la plante ou il est montré dans l'expérience de Abdel-Aty et ses collaborateurs que la germination augmente la teneur en composants bioactifs des graines de chia [71 ;73].

L'huile essentielle de chia a montré son effet inhibiteur contre les phytopathogène [74]. Ces résultats nous amènes a faire une étude sur l'activité antimicrobienne de cette huile contre les pathogènes affectant l'organisme humain.

En analysant la composition des différents extraits de chia et l'effet de ces extraits, on peut déduire que le chia est une source riches en plusieurs principes actifs qui sont responsables de cette effet, notant que certains molécules travaillent en harmonie [74].

L'augmentation de la prise de conscience des populations vers l'utilisation des produits naturels, [80] et les résultats étonnants enregistrés sur les bénéfices de ce merveilleux végétal, nous amène à faire d'autres études pour bien comprendre le mécanisme d'action de chaque composant actif de cette plante contre les microorganismes pathogènes, et trouver une méthode saine qui va permettre d'extraire le plus grand nombre et la plus grande quantité possible des molécules biactives présent dans *Salvia hispanica L.*

Références bibliographiques

- [1] Sahli, R. (2017). Etude phytochimiques de quelques plantes extrémophiles tunisiennes et exploration de leurs activités biologiques. [Thèse de doctorat, Université Lille 2, France]. v 254. n° 2.
- [2] Martin, J. (2017). La représentation sociale de la phytothérapie chez les patients en médecine générale. [Thèse de doctorat, université François-Rabelais, Tours, France]. v 132. n°11.
- [3] Hoekou, Y. P. (2016). Activités antimicrobiennes de *Parquetina nigrescens* (Afzel.) Bullock, une plante utilisée en médecine traditionnelle togolaise dans le traitement des infections microbiennes [Article de recherche]. v 12. n°5. p 182 – 188. <http://www.afriquescience.info>.
- [4] Yakhlef, G. , Laroui,S., Hambaba , L., Aberkane , M.-C.,Ayachi A. (2011). Évaluation de l'activité antimicrobienne de *Thymus vulgaris* et de *Laurus nobilis*, plantes utilisées en médecine traditionnelle [article de synthèse]. p 210. DOI 10.1007/s10298-011-0641-6.
- [5] Yutaka, Y., Masataka, S., Hiroshi, O. (2006). Antimicrobial effect of spices and herbs on *Vibrio parahaemolyticus*. *International J. Food Microbiology*.2011. v 111. pp 6-11. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.04.031>.
- [6] Choi, J. (2021). Geographical origin discriminant analysis of Chia seeds (*Salvia hispanica* L.) using hyperspectral imaging [article de recherche]. *Journal de composition et d'analyse des aliments*. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.103916>.
- [7] Kobus-Cisowska, J., Szymanowska, D., Maciejewska, P., Kmiecik, D., Gramza-Michałowska, A., Kulczyński, A., Cielecka-Piontek, J. (2019). In vitro screening for acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase inhibition and antimicrobial activity of chia seeds (*Salvia hispanica*) [article de recherche]. *Electronic Journal of Biotechnology*. 37.1-10. p 2-3. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2018.10.002>
- [8] Hazem, S. E. (2018). Chemical composition and antimicrobial activity of chia (*Salvia hispanica* L.) essential oil. *European Food Research and Technology*. 244:1675–1682.
- [9] Anne-Sophie, L. M. (2018). La Phytothérapie de demain : les plantes médicinales au cœur de la pharmacie [Thèse de doctorat, Université de Marseille, France]. V 92. p20-21. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01840619/document>.

- [10] Petrovska, BB. (2012). Revue historique de l'utilisation des plantes médicinales. *Pharmacogn Rev* . v 6. n°11. p 1-5. doi: 10.4103 / 0973-7847.95849.
- [11] Padeloup, G. E. (2019). *Phytothérapie - exemples de pathologies courantes à l'officine : Fatigue, Insomnie, Stress, Constipation, Rhume, Douleur et Inflammation* [Thèse de doctorat, Université de Lille, France].v137 . p18.
- [12] Charbier, J.Y. (2010). *Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie* [Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré, Lorraine France,].v172 . p22-137 .hal-01739123.
- [13] Zekkour, M. (2008). *Les risques de la phytothérapie, Monographies des plantes toxiques les plus usuelles au Maroc* [thèse de doctorat Université Mohamed V-Souissi, Maroc]. n° 30.p66.<http://hdl.handle.net/123456789/14741>.
- [14] Triaux, Z. (2019). *Développement des méthodes d'extraction et d'analyse de molécules terpéniques à activité anti-inflammatoire* [Thèse de doctorat, Université de Strasbourg]. v 279 . p 52- 96.
- [15] Cowan, M.M. (1999). Plant product as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews*. v12. n°4, 564-582. p569.
- [16] Ladry, J. M., Habercorn, V. (2007). *L'aromathérapie et les huiles essentielles*. *Kinesither*. (61):14-15.
- [17] Laurent, J. (2017). *Conseils et utilisations des huiles essentielles le plus courantes en officine* [Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse III, France]. V 225. p18-67
- [18] Rakotovao, L.H. (1996). *Origine et repartions bioécologique des plantes aromatiques de Madagascar*[partie d'ouvrage, Paris].pp 187-194 (Colloques et Séminaires).p189-190. ISBN 2-7099-1324-0 ISSN 0767-2896.
- [19] Slimani, I. Nassiri, L., Boukil, A., Bouiamrine, E., Bachiri, L., Bammou, M., Ibijbjen, J. (2016). *Inventaire des plantes aromatiques et médicinales du site d'intérêt biologique et écologique de Jbel Zerhoun, région Meknès Tafilalet*. *Afrique science*. v 12 :(2). 393 – 409.p397-402. ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.info>.
- [20] Echchaouili, H. (2018). *Le pouvoir antibactérien des huiles essentielles* [Thèse de doctorat, Université MOHAMMED V-RABAT, Maroc]. v 139. n°44.

- [21] Benaissa, O. (2011). Etude des métabolismes terpéniques et flavonique d'espèce de la famille des composés, genres *Chrysanthemum* et *Rhantherium*. Activité Biologique [Thèse de doctorat, Université MENTOURI CONSTANTINE, Algérie]. v 244. n°63
- [22] El Haib, A. (2011). Valorisation de terpènes naturels issus de plantes marocaines par transformation catalytique [Thèse de doctorat, université Paul Sabatier, Toulouse III, France]. v 158. n°6.
- [23] Chabenat, H. (2017). Potentialité in vitro de 10 huiles essentielles, seules ou en association, dans le traitement des infections bactériennes cutanées [Thèse de doctorat, Université de Limoges, France]. v 138. n°45.
- [24] Poirot, T. (2016). Bon usage des huiles essentielles, effets indésirables et toxicité [Thèse de doctorat, université de LORRAINE, France]. v 87. p24-28.
- [25] Achat, S. (2013). Polyphénols de l'alimentation : Extraction, pouvoir antioxydant et interaction avec des ions métalliques [Thèse de doctorat, Université A. MIRA-BEJAIA, Algérie]. v 211. n°5.
- [26] Ouis, N. (2015). Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil [thèse, Oran, Algérie]. v223. p19-20.
- [27] Ullah, R. Nadeem M., Khalique A., Imran M., Mehmood S., Javid A., Hussain J. (2016). Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica L.*) : a review. Journal of food science and technology. v 53. n°4. 1750-1758. pp1750-1756. DOI 10.1007/s13197-015-1967-0.
- [28] Sosa, A., Jat, R., Guadalupe, R., Gerardo, G., Heather, W., Maneesh, S., Xiaozhong, L., R-René, R.DT. (2016). Chia crop (*Salvia hispanica L.*): its history and importance as a source of polyunsaturated fatty Acids Omega-3 Around the world: a review. Journal of Crop Research and Fertilizers. 1, 1-9. p1-3.
- [29] Karttunen, F. E. (1992). An analytical dictionary of Nahuatl. University of Oklahoma Press. v187. p 54.
- [30] Li, M-H., Li, Q-Q., Liu, Y-Z., Cui, Z-H., Zhang N., Huang L-Q., Xiao P-G. (2013). Pharmacophylogenetic Study on Plants of Genus *Salvia L.* from China. V5.n°3. pp164-181. p164. DOI: 10.3969/j.issn.1674-6348.2013.03.001.

- [31] Guiotto, N. E. (2014). Aplicación de subproductos de chía (*Salvia hispanica* L.) y girasol (*Helianthus annuus* L.) en alimentos (thèse). v207. (2-11).pp4-7. <https://doi.org/10.5537/10915/34268>.
- [32] Grancieri, M., Stampini Duarte Martino S., Gonzalez de Mejia, E. (2019). Chia seed (*Salvia hispanica* L.) as a source of proteins and bioactive peptides with health benefits: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. v 18. n° 2. 480-499. Pp 480-481 .DOI: 10.1111/1541-4337. 12423.
- [33] Baginsky, C., Arenas, J., Escobar, H., Garrido, M., Valero, N., Tello, D., Pizarro, L., Valenzuela, A., Morales, L., & Silva, H. (2016). Croissance et rendement du chia (*Salvia hispanica* L.) dans les climats méditerranéens et désertiques du Chili. *Journal chilien de recherche agricole*. vol 76.n°3. pp255. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392016000300001>.
- [34] Norlaily, M- A., Swee K-Y., Wan Y-H., Boon K-B., Sheau W-T., et Soon G-T. (2012). L'avenir prometteur du chia, *Salvia hispanica* L. *Journal of biomedicine & biotechnology*. n°171956. pp1 <https://doi.org/10.1155/2012/171956>.
- [35] Sheidai, M., et Alijanpoo, B. (2011). Karyotype analysis in some *Salvia* species (Lamiaceae) of Iran. *Cytologia*. v 76. n°4. 425-429. p425.
- [36] Capitani, M., Nolasco, S., et Tomás, M. (2013). Effect of mucilage extraction on the functional properties of Chia meals. *Food Industry*, 10, pp 421. [http://dx. Doi. Org/10.5772/53171](http://dx.doi.org/10.5772/53171).
- [37] Xingú López, A González Huerta, A., Cruz Torrez, E., Sangerman-Jarquín, D-M., Orozco de Rosas, G., & Rubí Arriaga, M. et al. (2017). Chia (*Salvia hispanica* L.) current situation and future trends. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(7), 1619-1631. p 1620.
- [38] Bueno, M Gonzalez, M., Quiroga, M., Severin, C., Busilacchi, H. (2016). Caracterización de semillas blancas y negras de *Salvia hispanica* L.(Lamiaceae). *AGROMENSAJES* 46: 1-7. pp 2.
- [39] Bueno, M., Di Sapio, O., Barolo, M., Busilacchi, H., Quiroga, M., Severin, C. (2010). Análisis de la calidad de los frutos de *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae) comercializados en la ciudad de Rosario (Santa Fe, Argentina). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, v 9. n°3. 221-227.p 222.

- [40] Di Sapio, O. Bueno M., M., Busilacchi, Quiroga, M., Severin, C. (2012). Caracterización Morfoanatómica de Hoja, Tallo, Fruto y Semilla de *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae) Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, v 11. n° 3. pp 249-268.
- [41] Sayed Ahmad, B. (2018). Étude de l'agroraffinage de graines d'Apiaceae, Lamiaceae et Chenopodiaceae pour la production de molécules biosourcées en vue d'application en industrie cosmétique [thèse, université de Toulouse, France]. v257. p38-39.
- [42] Bochicchio, Philips, T.D., Lovelli, S., Labella, R., Galgano, R., Di Marisco, A., Perniola, M., Amato, M. (2015). Innovative Crop Productions for Healthy Food: The Case of Chia (*Salvia hispanica* L.). The Sustainability of Agro-Food and Natural Resource Systems in the Mediterranean Basin. Springer yield. p 29-45.
- [43] Hrnčič, M.K. (2019). Chia Seeds (*Salvia Hispanica* L.): An Overview—Phytochemical Profile, Isolation Methods, and Application. *Molecules*(2020).v.25. n°1. p3. PMC6994964. doi: 10.3390/molecules 25010011.
- [44] Dujon, B. et Wain-Hobson. (2021). "SOUS-CHAPITRE 9.1 Les défis de la microbiologie fondamentale : connaissance du monde microbien, génomique, physiologie-métabolisme, parois". *La maîtrise des maladies infectieuses*, Les Ulis: EDP Sciences. pp. 231-238. <https://doi.org/10.1051/978-2-7598-0154-1.c017>
- [45] Tlaskalová-Hogenová, H., Štěpánková, R., Kozáková, H., Hudcovic, T., Vannucci, L., Tučková, L., Rossmann, P., Hrnčíř, T., Kverka, M., Zákostelská, Z., Klimešová, K., Příbylová, J., Bártová, J., Sanchez, D., Fundová, P., Borovská, D., Šrůtková, D., Zídek, Z., Schwarzer, M., Drastich, P., & P Funda D. (2011). The role of gut microbiota (commensal bacteria) and the mucosal barrier in the pathogenesis of inflammatory and autoimmune diseases and cancer: contribution of germ-free and gnotobiotic animal models of human diseases. *Cell Mol Immunol* 8, 110–120. <https://doi.org/10.1038/cmi.2010.67>
- [46] Manfrulli, P. et Rămet, M. (2002). Les guetteurs de l'infection microbienne. *Med Sci (Paris)*. v 18. p 931–933. <https://doi.org/10.1051/medsci/20021810931>.
- [47] Desenclos, J.-C. et H. De Valk. (2005). Emergent infectious diseases: importance for public health, epidemiology, promoting factors, and prevention. *V* 35. N° 2. P 49-61. <https://doi.org/10.1016/j.medmal.2004.09.005>.

- [48] Benzaroual, F. (2018). Profils radio- Clinique et biologique de la tuberculose pulmonaire au sein du service de pneumo-phtisiologie de l'hôpital militaire Avicenne Marrakech [Thèse de doctorat, Université CADI AYYAD, Marrakech, Maroc] .v122. p 21, 54
- [49] Couderc, J-B. (2017). Etat des lieux de vaccination anti-hépatite A et hépatite B chez les patients alcooliques chroniques de la Corrèze [Thèse de doctorat, université de Limoges, France]. v 80. p35, 36.
- [50] El Hassani, N. (2013). Les mycoses : Etude d'une série répertoriée au service de parasitologie-mycologie médicale de l'hôpital IBN Sina de Rabat sur une période de 5ans. [Thèse de doctorat, université Mohamed V-Souissi, Rabat, Maroc] .v151. p 11-25
- [51] Diallo, M. L. P. (2018). Etudiants Subsahariens a Toulouse et prévention du paludisme d'importation. [Thèse de doctorat, université Toulouse III, France].V65. p2.
- [52] El Mandour, M. (2018). Paludisme d'importation : Expérience du centre de virologie des maladies infectieuses et tropicales à l'hôpital militaire d'instruction Mohamed V(2017).[Thèses de doctorat, université Mohamed V, Rabat, Maroc]. v 92. p29.
- [53] Bocquet, L. (2018). Les composés phénolique du houblon *Humulus Lupulus L.* :Lutte contre la résistance microbienne et perspectives industrielles [thèse doctorat, Université de Lille, France]. v180. pp 4-6.
- [54] Hadrich, I. Ayadi, A. (2018). Epidemiology of antifungal susceptibility: Review of literature.v28. n° 3.P 574-584.<https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2018.04.011>.
- [55] Pelgrift, R.Y. et Friedman, A.J. (2013). Nanotechnology as a therapeutic tool to combat microbial resistance. v 65, n° 13-14. , p 1803-1815. ScienceDirect. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2013.07.011>.
- [56] Muylaert, A.. Mainil, J.G. (2012). Résistances bactériennes aux antibiotiques: les mécanismes et leur « contagiosité ». v156. p109- 123
- [57] Rogers, R.T. (2006). Résistance aux antifongiques : données limitées, impact dramatique ?. Journal international des agents antimicrobiens.Volume 27.Pages 7-11.<https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2006.03.012>.
- [58] Bouyahya, Bakri, Y., Touys, A., Talbaoui,A., Khouchlaa, A., Charfi, S., Abrini, J. & Dakka, N. (2017). Résistance aux antibiotiques et mécanismes d'action des huiles essentielles contre les bactéries.<https://doi.org/10.1007/s10298-017-1118-z>.

[59] Kalla, A. (2012). Etude et valorisation des principes actifs de quelques plantes du sud algérien : *Pituranthos scoparius*, *Rantherium adpressum* et *Traganum nudatum* [thèse, Université Mentouri, Constantine].v127.p21

[60] Tahouo, S F. (2016). Procédures d'extraction globales des composés phytochimique pour l'évaluation analytique des médicaments à base de plantes [Thèse de doctorat, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, Côte d'Ivoire] ; 123 : 38.

[61] Knez Hrnčič, M., Ivanovski, M., Cör, D., Knez, Ž. (2019). Chia Seeds (*Salvia hispanica L.*): An Overview-Phytochemical Profile, Isolation Methods, And Application. *Molecules* (Basel, Switzerland); v 25,11; (19): pp 6,7. Doi: 10.3390/molecules25010011.

[62] Lassalle-Kaiser, B. (2008). Activation d'une molécule d'eau coordonnée au manganèse : quatre études de cas [thèse, Sciences du Vivant , Université Paris Sud – Paris].v188.p5.

[63] Centre national d'information sur la biotechnologie. (2021). Résumé du composé PubChem pour CID 962, Eau. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Water>.

[64] Attala, N. (2019). L'effet de *Lawsonia inermis L* sur la flore dermique; étude *In vitro* et *In vivo* chez le rat [Thèse de doctorat, Université ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM, Algérie]. v110. n°8.

[65] Penchev, P. I. (2010). Etude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions [Thèse de doctorat, Université de Toulouse, France].v 229. p 27-28

[66] Centre national d'information sur la biotechnologie. (2021). Résumé du composé PubChem pour CID 6334, Propane. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Propane> .

[67] National Center for Biotechnology Information. (2021). PubChem Compound Summary for CID 8857, Ethyl acetate. Retrieved June 19, 2021. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Ethyl-acetate>.

[68] Ouis, N. (2015). Etude chimique et biologique des huiles essentielles de Coriandre, de Fenouil et de Persil [Thèse de doctorat, Université d'Oran 1, Algérie]. v223. n° 7.

- [69] Handa, S., Khanuja, S.P., Longo, G. and Rakesh, D.D. (2008). Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants. United Nations Industrial Development Organization and the International Centre for Science and High Technology, Padriciano 99, 34012 Trieste, Italy.v 260. p:31,24
- [70] Elshafie, S.H., Aliberti, L., Amato, M., De Feo, V., Camele, I. (2018). Chemical composition and antimicrobial activity of chia (*Salvia hispanica L.*) essential oil. Eur Food Res Technol 244. pp 1675-1682. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3080-x>.
- [71] Abdel-Aty AM, Elsayed AM, Salah HA, Bassuiny RI, Mohamed SA. (2021). Egyptian chia seeds (*Salvia hispanica L.*) during germination: Upgrading of phenolic profile, antioxidant, antibacterial properties and relevant enzymes activities. Food Sci Biotechnol 30. pp 723–734. <https://doi.org/10.1007/s10068-021-00902-2>.
- [72] Rubavathi, S., Ayyappadasan, G., Sangeetha, N., Harini, T., Saranya, D., Harshapradha, P. (2020). Studies on Antioxidant and Anti-obesity Activity of *Salvia hispanica*(Chia) Seeds Extracts. Journal of Drug Delivery and Therapeutics.v 9. N°3-s.p 98-106.<http://dx.doi.org/10.22270/jddt.v10i3-s.4169>.
- [73] Tunçil,Y.E., Çelik, ÖF. (2019). Total phenolic contents, antioxidant and antibacterial activities of chia seeds (*Salvia hispanica L.*) having different coat color. Akademik Ziraat Dergisi.v 8.n°1. 113-120.DOI: <http://dx.doi.org/10.29278/azd.593853>.
- [74] Hussein, J. H., Kamal, A.S., Sahi, M.S., (2020). Antibacterial efficacy of the seed extract of *salvia hispanica L.* Against pathogenic bacteria ésolated from diarrhea cases. Biochem. Cell. Arch. v 20. Supplement 2. pp. 3491-3494.
- [75] Songsri, J., Ketthaisong, D., Boonmars, T., Boueroy, P., Laummaunwai, P., Vaeteewoottacharn, K., Rattanasuwan, P., Boonyarat, C., Lomthaisong, K., Tangwongchai, R., Borlace GN. (2019). In Vitroand In Vivoeffect of Chia oil (*Salvia hispanicaL.*) on *Haplorchis taichui*.v 49. n°4.p393-400.
- [76] Ahmed M., Tang IP., Scora SW. (1994). Composition en huile des feuilles de *salvia hispanica L.* de trois zones géographiques.Le Journal de la recherche sur les huiles essentielles. v.6 n°3. pp. 223-228.[10.1080/10412905.1994.9698368](https://doi.org/10.1080/10412905.1994.9698368).
- [77] Sabulal, B., Dan, M., J AJ., Kurup, R., Pradeep, NS., Valsamma, RK., George, V. (2006). Caryophyllene-rich rhizome oil of *Zingiber nimmonii* from South India: Chemical

characterization and antimicrobial activity.v 67. n° 22. pp 2469-2473.<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.08.003>.

[78] Dahman, S.S., Tabana, Y. M., Iqbal, M. A., Ahamed, M. B., Ezzat, M. O., Majid, A. S., & Majid, A. M. (2015). The Anticancer, Antioxidant and Antimicrobial Properties of the Sesquiterpene β -Caryophyllene from the Essential Oil of *Aquilaria crassna*. *Molécule*. v 20. n°7, 11808-11829; <https://doi.org/10.3390/molecules200711808>.

[79] Kobus-Cisowska, J., Szymanowska, D., Maciejewska, P., Kmiecik, D., Gramza-Michałowska, A., Kulczyński, B., & Cielecka-Piontek, J. (2019). Dépistage in vitro de l'inhibition de l'acétylcholinestérase et de la butyrylcholinestérase et de l'activité antimicrobienne des graines de chia (*Salvia hispanica*). v37. p 1-10.<https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2018.10.002>.

[80] Divyapriya, G.K., Veeresh, D., & C.Yavagal, P. (2016). Evaluation of antibacterial efficacy of chia (*Salvia hispanica*) seeds extract against *Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum* and *Aggregatibacter*.v4.n°2.*Interntional journal of Ayurveda and Pharma Research*.p 22-26.2322-0910 (Online).

Résumé

Salvia hispanica est une plante qui a été utilisée depuis l'antiquité par les aztèques et les mayas pour la nourriture, le traitement, et la teinture. C'est une plante herbacée annuelle fleurie possédant des graines huileuses très riches en nutriments et en composés antioxydants. Cette plante semble être une source de composés actifs qui ont une potentialité antimicrobienne, cela veut dire qu'elle va servir à la lutte contre une crise mondiale sanitaire qui est l'acquisition et le développement des résistances contre les antibiotiques par les microbes, cette véritable menace qui est due en premier lieu à la mauvaise utilisation des antibiotiques synthétiques. Dans notre synthèse bibliographique, nous avons essayé d'analyser des études sur l'effet antimicrobien des extraits de la plante de chia, ces études sont réalisées par des différents auteurs. Chaque auteur, a choisi une méthode d'extraction différente (extraction par solvants, hydrodistillation), et la composition des extraits a été mesurée par les différentes méthodes de séparation chimique (spectrométrie, HPLC..). Les résultats obtenus par les différentes études ont montré une forte capacité antibactérienne, antifongique, et antiparasitaires des extraits sains et intensifs de chia, et nous a permis de déduire que l'effet de l'extrait dépend de certains facteurs : la région de culture, l'âge de la plante, la méthode d'extraction, le solvant utilisé, le pathogène testé, et le milieu de culture du pathogène. Les résultats marqués par les différents auteurs nous encouragent à lancer d'autres études pour déduire les principes actifs responsables de cet effet et bien comprendre leurs mécanismes d'action, et pourquoi pas, développer une méthode saine qui nous va permettre d'extraire le maximum de ces composés.

Mots clés : *Salvia hispanica*. activité antifongique. activité antiparasitaire.extraction. composants actifs.

Abstract

Salvia hispanica is a plant that has been used since ancient times by the Aztecs and Mayas for food, processing, and tincture. It is an annual flowering herbaceous plant that produces oily seeds which is very rich in nutrients and antioxidant compounds. This plant seems to be a source of active compounds which have antimicrobial potential, which means that it will be used in the fight against a global crisis of human health which is the acquisition and development of resistances against antibiotics by microbes. This real threat is related in first order to the misuse of synthetic antibiotics. In our bibliographical synthesis, we tried to analyze studies on the antimicrobial effect of chia plant extracts, this studies are carried out by different authors. Each author has chosen a different extraction method (solvent extraction, hydrodistillation), and the coposition of the extracts was measured by the different chemical separation methods (spectrometry, HPLC, etc.). the results obtained by the various studies have shown a high antibacterial, antifungal and anti-parasitic capacity of healthy and intensive chia extracts, and allows us to deduce that the effect of the extracts depends on certain factors : the cultivation region , the age of the plant, the extraction method, the solvent used, the pathogen tested, and the pathogen's culture medium. The results highlighted by the different authors encourage us to launch other studies to deduce the active compounds responsables for this effect and to understand their mechanisms of action and why not, to develop a healthy method that will allow us to extract the maximum of these compounds.

Key words : *Salvia hispanica*. antifungal activity. antiparasitic activity.extraction. active compounds .

ملخص

سالفيا اسبانيكا هو نبات استخدم منذ العصور القديمة من قبل الأزتيك والمايا في الغذاء والدواء والصبغة. انه نبات عشبي سنوي مزهر يحتوي على بذور زيتية غنية جداً بالمغذيات والمركبات المضادة للأكسدة. يبدو أن هذا النبات مصدر للمركبات النشطة التي لها إمكانات مضادة للميكروبات ، مما يعني أنه سيتم استخدامه في مكافحة أزمة صحية عالمية تتمثل في تطوير واكساب المقاومة ضد المضادات الحيوية من طرف الميكروبات ، وهذا التهديد الحقيقي يرجع في المقام الأول إلى إساءة استخدام المضادات الحيوية الاصطناعية. في هذا التوليف البليوغرافي ، حاولنا تحليل الدراسات حول التأثير المضاد للميكروبات لمستخلصات نبات الشيا ، وقد تم إجراء هذه الدراسات من قبل مؤلفين مختلفين. اختار كل مؤلف طريقة استخلاص مختلفة (الاستخلاص بالمذيب ، التقطير المائي) ، وتم قياس التركيبة بطرق الفصل الكيميائي المختلفة (قياس الطيف ، الكروماتوغرافيا عالية الاداء). أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من خلال الدراسات المختلفة قدرة قوية مضادة للجراثيم والفطريات والطفيليات لمستخلصات الشيا الصحية والمكثفة ، وسمحت لنا باستنتاج أن تأثير المستخلص يعتمد على عوامل معينة: منطقة المزرعة ، عمر النبات ، طريقة الاستخلاص ، والمذيب المستخدم ، والميكروب الذي تم اختباره ، ووسط زرع الميكروب. النتائج التي سجلها المؤلفون المختلفون تشجعنا على الانطلاق في دراسات أخرى لاستنتاج المركبات النشطة المسؤولة عن هذا التأثير وفهم آليات عملها ، ولما لا ، تطوير طريقة صحية تسمح لنا باستخراج أقصى قدر من هذه المركبات .

كلمات مفتاحية : سالفيا اسبانيكا. نشاط مضاد للفطريات. نشاط مضاد للطفيليات. استخلاص. مركبات نشطة