



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature
et de la vie
Département des sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences biologiques

Référence / 2024

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Présenté et soutenu par :
ZERAIB Chaima / TOUBI Ines

Le : mardi 11 juin 2024

Synthèse : Composition et activités antioxydants et antibactériens des huiles essentielles des plantes des genres Thymus et Salvia en Afrique du Nord

Jury :

Mme. FETITI Nabila	Grade	Université de Biskra	Président
M. BENMEDDOUR Tarek	Grade	Université de Biskra	Rapporteur
Mme. GHITI Hassina	Grade	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2023/2024

Remerciements

Avant toute chose, nous tenons à remercier «ALLAH» qui nous a donné la force et la volonté pour terminer ce modeste travail.

*Nous tenons tout d'abord à remercier **Monsieur TAREK BENMEDDOUR**, Maître de Conférences à l'Université Mohamed Khider-Biskra, qui a bien voulu accepter de nous prendre en charge pour réaliser ce modeste travail, dont ses encouragements, ses orientations sérieuses et ses conseils nous ont été d'une grande aide.*

Nous tenons également à remercier les membres du jury pour avoir accepté l'évaluation de notre travail.

Nous remercions tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin."

Dédicace

Je dédie ce projet :

A ma chère mere

A mon cher père

*Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières a mon égard, de me soutenir
et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs*

A mes frères : Fouad et sa femme, Djalal, Saif, Zakaria, Ghaith et Anes

Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A ma chère binôme : Ines

Pour sa entente et sa sympathie

A mes chères amies: Imane, Hnane, Ismahan, Ferial et Rahma

Pour leur aides et supporté dans les moments difficiles.

Chaima

Dédicace

Je dédie ce travail de fin d'études :

À mes chers parents, que Dieu les garde

Je vous remercie d'être toujours là pour moi en témoignage de ma profonde affection, de m'avoir encouragée, soutenue d'avoir prié pour moi, je remercie Dieu de m'avoir donné l'honneur d'être votre fille. Que vous sachiez que ce travail est en partie le fruit de votre soutien.

Votre fierté à mon égard, aujourd'hui, est pour moi la meilleure des récompenses.

A mon cher frère Akram que je souhaite succès et réussite au baccalauréat

A mon cher frère islam que je souhaite succès et réussite au BEM

A mes grands-pères et grands-mères

A ma chère binôme Chaima

Pour sa entente et sa sympathie

A mes chères et proches amies : Aya ,khadija

Pour leur aides et supporté dans les moments difficiles .

Enfin, à moi-même

Dont je suis très fier pour avoir atteint mon objectif après cinq ans de travail acharné, de diligence et de persévérance.

Ines

Table des matières

Sommaire

Remerciements	
Dédicace	
Table des matières	
Liste des tableaux	I
Liste des figures	III
Liste des abréviations	IV
Introduction générale.....	1

Synthèse Bibliographique

Chapitre1 : les huiles essentielles

1.1. Définition :.....	4
1.2.Propriétés physiques des huiles essentielles :.....	4
1.3.Composition chimique des huiles essentielles :	5
1.3.1.Les terpènes :	5
1.3.2. Les composés aromatiques :	5
1.3.3.Les composés d'origines diverses :	5
1.4.Répartition et localisation des huiles essentielles :.....	5
1.5.Domains d'utilisation :	6
1.6. Les activités biologiques :	6
1.6.1.Activité antioxydante :.....	6
1.6.2.Activité antibactérienne :	6
1.7.Les Techniques d'extraction :	7
1.7.1. Extraction par hydrodistillation :.....	7
1.7.2. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau :.....	7
1.7.3.Hydrodiffusion :.....	8
1.7.4. Extraction par solvant :	8
1.7.5. Extraction par micro-ondes :.....	8
1.7.6. Extraction par ultrasons :	8

Chapitre2 : Thymus et Salvia

2.1Thymus :.....	10
2.1.1Généralités :	10

2.1.2	La famille des Lamiacées :	10
2.1.3	Le genre Thymus :	10
2.1.4	Caractéristiques botaniques :	10
2.1.5	Systematique:	11
2.1.6	Répartition :	11
2.1.7	Principales utilisations :	11
2.2.	Salvia :	12
2.2.1	Généralités :	12
2.2.2	Sauge :	12
2.2.3	Caractéristiques botaniques :	12
2.2.4	Systematique:	13
2.2.5	Distribution :	13
2.2.6	Principales utilisations :	13
Chapitre3 : La méthodologie suivie dans les travaux choisis		
3.	Synthèse sur la méthodologie suivie dans les travaux choisis.....	15
3.1.	préparation de matériel végétale :	15
3.2.	Extraction des huiles essentielles:.....	16
3.3.	Analyse des huiles essentielles :	18
3.4.	Les activités biologiques :	25
Chapitre4 : Les résultats des travaux choisis		
4.1.	Rendement et composition chimique de l'huile essentielle :	41
4.2.	Activité Antioxydante :	49
4.3.	L'activité antibactérienne :	57
Conclusion.....		72
Bibliographie.....		74
Résumé		

Liste des tableaux

Tableau 1: Matériel végétal récolté.....	15
Tableau 2: L'échantillonnage	17
Tableau 3: Les microorganismes utilisés.....	32
Tableau 4: Composition chimiques des huiles essentielles de <i>T. zygis</i> , de <i>T. algeriensis</i> et de <i>T. Bleicherianus</i> (en % de l'huile essentielle).....	41
Tableau 5: Coposants majeures de l'huile essentielle de <i>T. vulgaris</i> et <i>T. satureioides</i>	42
Tableau 6: Les composants importants de l'huile essentielle de.....	43
Tableau 7: Les composants importants de l'huile essentielle de <i>T. ciliatus</i> et <i>T. algeriensis</i> ..	44
Tableau 8: Les composants importants de l'huile essentielle de <i>T. broussonetii</i> et <i>T. algeriensis</i>	44
Tableau 9: Rendement des principaux composants de l'huile essentielle des <i>S.Chudaei</i>	46
Tableau 10: Rendement des principaux composants de l'huile essentielle de <i>T. Lanceolatus</i> et <i>T. Pallescens</i> , <i>T. Algeriensi</i> et <i>T. Dreatensis</i>	46
Tableau 11: Rendement des principaux composants de l'huile essentielle de <i>T. Broussonetii</i> et <i>T. Marocanus</i> , <i>T. Satureioides</i>	47
Tableau 12: Rendement des principaux composants de l'huile essentielle de <i>T. Algériensis</i>	48
Tableau 13: Rendement des principaux composants de l'huile essentielle de <i>T. Zygis</i>	48
Tableau 14: Capacité antioxydante totale déterminée par DPPH TEST des huiles essentielles des échantillons de <i>T. Algeriensis</i>	50
Tableau 15: Activité antioxydante de l'huile essentielle de <i>S.Officinalis</i> déterminée par les systèmes de tests DPPH.	51
Tableau 16: Capacité de piégeage des radicaux DPPH (%) des huiles essentielles de <i>T. Ciliatus</i>	51
Tableau 17: Capacité de piégeage des radicaux DPPH (%) des huiles essentielles de <i>T. Broussonetii</i> et <i>T. Algeriensis</i>	52
Tableau 18: Activité antioxydante des huiles essentielles de <i>S.Officinalis</i> et contrôle positif (acide ascorbique) à l'aide du test DPPH.....	53
Tableau 19: CI50 ou CE50 valeurs ($\mu\text{g/mL}$) d'huiles essentielles de thymus, de BHT et de quercétine cultivées et sauvages différentes.....	54
Tableau 20: Valeurs IC50 ($\mu\text{g/ml-1}$) des huiles essentielles de thymus et des contrôles positifs dans les lipides peroxydation et élimination des radicaux hydroxyles.....	55
Tableau 21: Capacité de récupération des huiles essentielles de thymus, du BHA et du BHT sur les radicaux DPPH (%).....	55
Tableau 22: Activité antibactérienne de l'huile essentielle de <i>T. algeriensis</i> , <i>T. zygis</i> et <i>T. bleicherianus</i>	57
Tableau 23: Activité antibactérienne de l'huile essentielle de SoEO contre les bactéries et détermination de la CMI.	58
Tableau 24: Activité antifongique de l'huile essentielle de SoEO et détermination de la CMI	58

Tableau 25: Activité antibactérienne et antifongique des huiles essentielles de <i>T. Algeriensis</i> et <i>T. Ciliatus</i>	59
Tableau 26: Activité antimicrobienne des huiles essentielles de <i>T. Vulgaris</i> et <i>T. Satureioidis</i>	59
Tableau 27: Activité antibactérienne de l'huile essentielle de <i>S. Fruticosa</i> et de ses principaux composés.....	60
Tableau 28: Activité antifongique de l'huile essentielle de <i>S. Fruticosa</i> et de ses principaux composés.....	60
Tableau 29: Activité antibactérienne de l'huile essentielle de <i>T. Algeriensis</i> de ses principaux composés.....	61
Tableau 30: Activité antifongique de l'huile essentielle de <i>T. Algeriensis</i> et de ses principaux composés.....	62
Tableau 31: Activité antibactérienne des huiles essentielles de <i>T. Algeriensis</i> estimée par le diamètre de la zone d'inhibition (y compris le diamètre du disque, 6 mm).....	62
Tableau 32: Activités antimicrobiennes de l'huile essentielle de <i>S. chudaei</i> contre les souches microbiennes testées.....	63
Tableau 33: Activité antimicrobienne des huiles essentielles étudiées à l'aide d'un test de diffusion de disque.....	64
Tableau 34: Activité antimicrobienne des huiles essentielles étudiées en utilisant la méthode de concentration minimale inhibitrice.....	65
Tableau 35: CMI et diamètre moyen des zones d'inhibition (DIZ) en (mm) d'huile essentielle de <i>T. lanceolatus</i> contre différents agents pathogènes déterminés par la méthode de diffusion de la gélose.....	66
Tableau 36: Activités antimicrobiennes (CMI) de l'huile essentielle de <i>S. officinalis</i>	67
Tableau 37: Activité antimicrobienne des huiles essentielles de <i>T. pallescens</i> , <i>T. algeriensis</i> et <i>T. dreatensis</i>	68

Liste des figures

Figure 1: Appareil de Clevenger	7
Figure 2: Genre Thymus séché	12
Figure 3: Genre Salvia	14
Figure 4 : Résultats de composants important	42
Figure 5: Composants majeures de l'huile essentiels de <i>S. Officinalis</i>	43
Figure 6: Les composants importants des huiles essentielles de <i>T.Algeriensis</i>	45
Figure 7: Principaux composants de l'huile essentielle de <i>S. officinalis</i>	45
Figure 8: Principaux composants de l'huile essentielle de <i>S. officinalis</i>	49
Figure 9: Inhibition de la peroxydation lipidique de l'huile essentielle de <i>S. officinalis</i> et de la vitamine E.....	50
Figure 10 : Comparaison des valeurs de CI50 (mg/ml) de l'huile essentielle de <i>T. Algeriensis</i> , du thymol, du carvacrol et du BHA dans le test du DPPH	53

Liste des abréviations

T: Thymus

S: Salvia

HE : Huile essentielle

GC-MS : Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse

FID : Détecteur d'ionisation de flamme

DPPH : Diphenylpicrylhydrazyl

TCA : Acidetrichloroacétique

CMI : Concentration minimale inhibitrice

CMM : concentration minimale microbicide

CBM : concentration bactéricide minimale

CFM : concentration fongicide minimale

OMS : Organisation Mondiale De La Santé

ISO : Organisation internationale de normalisation

Introduction générale

Depuis des temps immémoriaux, les humains ont exploité les éléments naturels, notamment les plantes, pour divers usages. Même à notre époque, malgré les avancées scientifiques remarquables, une grande partie de la population mondiale, notamment jusqu'à 80 % des habitants des pays en développement, continue de recourir aux plantes à des fins thérapeutiques(Mamadou et al., 1995)

Les plantes sont désormais omniprésentes dans la vie quotidienne, que ce soit dans l'alimentation, la médecine ou encore les pratiques traditionnelles, superstitieuses ou religieuses. Les anciennes civilisations, telles que l'Égypte antique et la Chine, connaissaient déjà les parfums enivrants et les vertus curatives des plantes(Fellah et al.,2006)

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), entre 75 et 95 % des populations rurales, notamment dans les pays en développement, ont recours aux médecines traditionnelles principalement à base de plantes(OMS, 2003).

Depuis l'Antiquité, les plantes sont utilisées comme remèdes pour traiter diverses affections. Elles agissent comme de véritables usines biologiques, produisant une variété de métabolites secondaires tels que les phénols, les flavonoïdes, les alcaloïdes, les tanins et les terpénoïdes, qui servent de base à de nombreux médicaments commerciaux et plantes médicinales(Rasool et al.,2012)

Parmi ces plantes, certaines se distinguent par la biosynthèse de molécules aromatiques et volatiles, formant ce que l'on appelle les huiles essentielles(Lemya, 2016). Ces précieuses huiles renferment des molécules bioactives aux propriétés variées, notamment antibactériennes, antioxydantes, antiseptiques et anti-inflammatoires(Goudjil, 2016).

Les huiles essentielles, en tant que produits naturels bioactifs, suscitent un vif intérêt dans la recherche scientifique en raison de leurs propriétés biologiques mesurables(Goudjil,2016). Ainsi, ce travail vise à étudier la composition et les activités des huiles essentielles extraites des plantes des genres *Thymus* et *Salvia* en Afrique du Nord.

Donc quel sont les principales composants chimiques des huiles essentielles extraites du plantes des genres *Thymus* et *Salvia* et quelle est l'importance de leurs activités biologiques ?

Synthèse
Bibliographique

Chapitre 1

Les huiles essentielles

Chapitre1 : les huiles essentielles

1.1. Définition :

Le terme "huile essentielle" a été inventé par le médecin suisse Paracelse Von Hohenheim au XVI^e siècle pour désigner les composés actifs des médicaments naturels (Boučekrit, 2018). Actuellement, il existe environ 3 000 huiles essentielles, dont environ 300 sont réellement commercialisées, principalement utilisées dans l'industrie des condiments et des épices (Tabti et Sali, 2016). Plusieurs auteurs définissent les huiles essentielles comme des mélanges de composés lipophiles, volatils, souvent liquides, synthétisés et stockés dans des structures cellulaires spécialisée (Rahili. 2002 ; Tenscher et al., 2005). Cependant, la définition la plus précise est celle de la norme ISO 9235, qui stipule que les huiles essentielles sont "une substance généralement complexe obtenue à partir de matières végétales botaniquement définies par distillation à la vapeur, distillation sèche ou distillation mécanique appropriée. Produits aromatiques d'une composition qui sont traitées sans apport de chaleur. Les huiles essentielles sont généralement séparées de la phase aqueuse par des procédés physiques qui n'altèrent pas significativement leur composition." (AFNOR, 1986)

1.2. Propriétés physiques des huiles essentielles :

Les huiles essentielles partagent un ensemble de caractéristiques physiques communes :

- Les composés étudiés se caractérisent par la présence de molécules aromatiques présentant une masse moléculaire extrêmement réduite (Degryse et al., 2008).
- Ils sont liquides à des températures normales et ont généralement une densité inférieure à celle de l'eau, à l'exception notable des huiles essentielles de saffran, de girofle ou de cannelle (Bruneton et al., 1999).
- Leur indice de réfraction est souvent élevé, et ils manifestent une activité sur la lumière polarisée (Bruneton et al., 1999).
- Ces composés sont entièrement solubles dans les alcools à concentrations élevées et les solvants organiques, mais la plupart sont insolubles dans l'eau (Bruneton et al., 1999).
- Ils sont sujets à l'oxydation sous l'effet de la lumière et à la résinification par absorption d'oxygène, entraînant une modification de leur odeur, une augmentation de leur point d'ébullition et une diminution de leur solubilité (Duraffourd et al., 1990).

- Ces substances sont hautement inflammables et possèdent des arômes très prononcés. Elles se présentent souvent sous forme incolore ou jaune pâle et sont caractérisées par leur volatilité (Bruneton et al., 1999).

1.3.Composition chimique des huiles essentielles :

Les huiles essentielles (HE) sont des mélanges de structures extrêmement complexes, pouvant contenir plus de 300 composants différents. La plupart de ces substances sont des molécules très volatiles appartenant à la famille des terpènes (Benayache et al., 2013).

1.3.1.Les terpènes :

Les terpènes sont des hydrocarbures formés par la synthèse de deux ou plusieurs unités de l'isoprène, un polymère avec la formule (C₅H₈). Les huiles essentielles sont principalement composées de monoterpènes et de sesquiterpènes, tandis que les diterpènes y sont présents plus rarement (Finar, 1994)

1.3.2. Les composés aromatiques :

Les huiles essentielles renferment également des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (C₆-C₃), mais ils sont moins courants que les terpènes (Paris et Hurabielle, 1981). Cette catégorie englobe des composés parfumés tels que la vanilline, l'eugénol et l'anéthole, souvent présents dans les huiles essentielles des Apiacées, comme le cumin et le fenouil, ainsi que dans celles de vanille, d'estragon, de basilic et de clou de girofle (Chemat et al., 2012).

1.3.3.Les composés d'origines diverses :

Les composés présents dans les huiles essentielles proviennent de différentes sources. Ils résultent de la transformation de molécules non volatiles transportées par la vapeur d'eau, incluant les acides gras et les terpènes. Bien que d'autres composés contenant de l'azote ou du soufre puissent être présents, ils sont généralement rares. On trouve également des produits avec une masse moléculaire plus élevée dans les résidus des huiles essentielles, extraits par des solvants, tels que les homologues des phénylpropanes et des diterpènes (Bruneton et al., 1999).

1.4.Répartition et localisation des huiles essentielles :

Les huiles essentielles sont présentes dans diverses familles botaniques, avec une distribution répandue au sein du règne végétal, notamment chez environ 2000 espèces appartenant à 60 familles distinctes. Elles sont présentes dans toutes les parties vivantes des

plantes et peuvent varier en composition chimique selon les organes. Les glandes sécrétrices, présentes sur la plupart des parties de la plante, sont responsables de la synthèse de ces substances aromatiques(Bouchikhi, 2011)

Les composés aromatiques peuvent être localisés dans différentes structures végétales, telles que les cellules sécrétrices, les poches sécrétrices, les poils excréteurs et les canaux sécrétrices, selon l'espèce végétale(Bouchikhi, 2011).

1.5.Domaines d'utilisation :

Les huiles essentielles issues des plantes sont employées dans divers domaines, notamment l'aromathérapie, la pharmacie, la parfumerie, la cosmétique et la conservation des aliments. Leur utilisation est justifiée par leur large spectre d'activités biologiques bien établies (Amarti et al., 2009) Elles sont réputées pour leurs propriétés antiseptiques, bactéricides, virucides et fongicides, ainsi que pour leurs vertus médicinales. Ces huiles sont utilisées dans des applications telles que l'embaumement, la préservation des aliments, ainsi que comme agents antimicrobiens, analgésiques, sédatifs, anti-inflammatoires, spasmolytiques et anesthésiques locaux (Bakkali et al., 2008 ; Bona et al., 2016)

1.6. Les activités biologiques :

Les huiles essentielles sont célèbres pour leur efficacité en tant qu'agents antiseptiques et antimicrobiens. Elles présentent également un large éventail de propriétés bénéfiques, notamment antitoxiques, antivenimeuses, antivirales, antioxydantes et antiparasitaires. De plus, des études récentes suggèrent qu'elles pourraient également posséder des propriétés anticancéreuses (Lahlou, 2004 ; Baser et Buchbauer, 2015)

1.6.1.Activité antioxydante :

Les antioxydants peuvent être définis comme des molécules actives de faible puissance qui rivalisent avec d'autres espèces riches en oxygène, retardant ainsi ou prévenant leur oxydation. Ces composés sont synthétisés quotidiennement par l'organisme (Shahidi, 1997). Les huiles essentielles présentent une activité antioxydante attribuée à certains composés tels que les alcools, éthers, cétones et aldéhydes monoterpéniques, incluant notamment le linalool, le 1,8-cinéole, le gèranial/néral, le citronellal, l'isomenthone, la menthone, ainsi que quelques monoterpènes comme l' α -terpinène et le γ -terpinène(Edris, 2007).

1.6.2.Activité antibactérienne :

Les huiles essentielles démontrent une efficacité notable contre les bactéries Gram-positives et Gram-négatives. Cependant, les bactéries Gram-négatives semblent être particulièrement sensibles à leur action en raison de la structure de leur paroi cellulaire (Burt, 2004). Les propriétés antibactériennes des huiles essentielles sont principalement attribuées aux terpénoïdes et aux phénylpropanoïdes. L'activité des molécules bioactives dépend de la lipophilie de leur squelette hydrocarboné et du degré d'hydrophilie de leurs groupes fonctionnels. En général, les composés oxygénés manifestent une activité supérieure à celle des composés hydrocarbonés (Guinoiseau, 2010) Les huiles essentielles riches en composés phénoliques tels que l'eugénol, le thymol et le carvacrol présentent une forte activité antibactérienne (Fabian et al ., 2006)

1.7.Les Techniques d'extraction :

1.7.1. Extraction par hydrodistillation :

Cette méthode, la plus simple et la plus ancienne, consiste à immerger directement le matériel végétal dans un alambic rempli d'eau, chauffé à ébullition. Les vapeurs produites sont ensuite condensées, permettant à l'huile essentielle de se séparer de l'hydrolat par différence de densité. Du fait de sa légèreté par rapport à l'eau, l'huile essentielle flotte à la surface de l'hydrolat (Piochon , 2008)



Figure1: Appareil de Clevenger

1.7.2. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau :

Contrairement à l'hydrodistillation, cette méthode implique une absence de contact direct entre l'eau et le matériel végétal. De la vapeur d'eau est produite dans une chaudière et

traverse le matériel végétal disposé au-dessus d'une grille. Cette vapeur altère la structure des cellules végétales, libérant les molécules volatiles pour former un mélange "eau + huile essentielle". Ce mélange est ensuite séparé en une phase aqueuse et une phase organique dans un condenseur et un essencier(Lucchesi , 2005).

1.7.3.Hydrodiffusion :

Cette méthode implique la dispersion de vapeur d'eau à travers la masse végétale, dirigée de haut en bas. Ainsi, le flux de vapeur traverse la biomasse végétale de manière descendante, contrairement aux techniques de distillation traditionnelles où le flux est orienté vers le haut (Bassereau et al., 2007).

1.7.4. Extraction par solvant :

Cette méthode consiste à mettre en contact un solvant volatil avec la matière végétale dans un extracteur. Par des lavages successifs, le solvant dissout et extrait les constituants solubles de la plante. Ensuite, le mélange solvant-extrait est distillé à pression atmosphérique dans un concentrateur. Ce processus produit une concrète hautement colorée et fortement aromatique, qui est ensuite traitée avec de l'alcool absolu pour produire une absolue

(Belaiche ,1979 ; Lamamra, 2018).

1.7.5. Extraction par micro-ondes :

Cette méthode exploite les micro-ondes et des solvants transparents à ces dernières pour extraire rapidement et de manière sélective des produits chimiques de différentes substances. Le matériel végétal est immergé dans un solvant transparent aux micro-ondes, permettant ainsi un chauffage ciblé de la plante seule. Les micro-ondes génèrent de la chaleur à l'intérieur des structures glandulaires et vasculaires de la plante, libérant ainsi les composés volatils qui sont capturés par le solvant (restant non chauffé). Après filtration, l'extrait est récupéré(Lamamra , 2018).

1.7.6. Extraction par ultrasons :

Cette méthode repose sur l'utilisation des ultrasons pour produire des micro-cavitations qui perturbent la structure des parois cellulaires des plantes, en particulier les zones cristallines de cellulose. Ces ultrasons facilitent la diffusion des composés et peuvent modifier l'ordre de distillation des constituants des huiles essentielles. L'extraction par ultrasons est particulièrement adaptée aux solvants à bas point d'ébullition, avec des températures d'extraction inférieures à leur point d'ébullition(Lamamra , 2018).

Chapitre 2

Thymus et Salvia

Chapitre2 : Thymus et Salvia

2.1Thymus :

2.1.1Généralités :

La richesse florale de l'Algérie se distingue par son caractère méditerranéen et saharien, ainsi que par la présence d'une flore paléotropicale, comprenant plus de 3000 espèces réparties dans diverses familles botaniques. Dans le cadre de l'exploitation de la flore algérienne, une attention particulière a été portée aux espèces de la famille des Lamiacées. (TEHAMI, 2017). Dans la plus part des régions, on l'appelle « Zaatat ».

2.1.2La famille des Lamiacées :

La famille des Lamiacées se compose de 187 genres et environ 3000 espèces. Elle est considérée comme l'une des plus homogènes au sein de la sous-classe des Gamopétales, la majorité de ses genres étant caractérisée par leur richesse en huiles essentielles. Le terme précédent pour désigner les Lamiacées, à savoir les Labiées, trouve son origine dans le latin "labium", signifiant "lèvre", en référence à la forme distinctive des corolles(Figueredo, 2007). Cette famille est largement exploitée en tant que fournisseur d'épices et d'extraits renfermant des propriétés antimicrobiennes, antifongiques, anti-inflammatoires et antioxydantes significatives (Iméne, 2015). La plupart des genres de la famille des Lamiacées constituent des sources abondantes de terpénoïdes, de flavonoïdes, de glycosides d'iridoïdes et de composés phénoliques (Benayache, 2013).

2.1.3.Le genre Thymus :

Le genre Thymus comprend une vaste gamme d'espèces, de sous-espèces et de variétés de plantes sauvages, dont plusieurs sont spécifiques à la région méditerranéenne. Elles sont couramment utilisées, fraîches ou séchées, comme plantes culinaires. Leurs huiles essentielles sont largement exploitées en médecine alternative en raison de leurs propriétés antiseptiques, antispasmodiques et antimicrobiennes (El Ajjouri, 2008). Ce groupe taxonomique comprend environ 300 espèces réparties à l'échelle mondiale, dont 11 sont présentes en Algérie (Wafaa et Zeineb, 2017).

2.1.4. Caractéristiques botaniques :

Généralement, le thym est une plante semi-ligneuse, dressée ou rampante, dégageant une odeur caractéristique. Elle forme des touffes denses et très ramifiées, atteignant environ une vingtaine de centimètres de hauteur au-dessus du sol. On le trouve couramment sur des pentes arides et rocheuses ainsi que dans les garrigues. Les feuilles du thym sont généralement étroites et les fleurs sont disposées en faux verticilles. Le calice est tubulaire

avec deux lèvres, tandis que la corolle présente également deux lèvres et peut légèrement dépasser (Quezel, 1963).

2.1.5. Systématique:

Selon Engler (1892-1926), le thym appartient au :

Règne : Plantae

Embranchement : Phanérogames

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : Thymus

(HAZZIT, 2008)

2.1.6. Répartition :

Cette espèce prospère de manière autonome dans les régions septentrionales de l'Afrique, incluant le Maroc, la Tunisie, l'Algérie et la Libye, ainsi que dans des zones telles que l'Égypte, l'Espagne, la Sibérie et l'Europe du Nord (HAZZIT, 2008).

2.1.7. Principales utilisations :

Le thym offre une variété d'applications, notamment :

- Utilisation dans la fabrication de savons, parfums et agents nettoyants.
- Reconnu comme une plante médicinale aux propriétés antispasmodiques et expectorantes, aidant à réduire les flatulences.
- Son utilisation est largement documentée pour soulager les symptômes de la bronchite, des inflammations des voies respiratoires, des troubles gastro-intestinaux, ainsi que pour traiter la stomatite, la laryngite et les plaies cutanées mineures.
- L'herbe séchée est couramment utilisée pour aromatiser la viande, les conserves et les sauces.
- Le thym est également utilisé pour produire un miel réputé pour ses propriétés thérapeutiques (HAZZIT, 2008).



Figure 2: Genre Thymus séché et fraîche

2.2. Salvia :

2.2.1. Généralités :

Le terme "Salvia" tire son origine étymologique du latin "Salvare", signifiant "guérir" ou "sauver". Cette plante, réputée pour ses vertus bénéfiques pour la santé humaine, appartient aux genres prédominants de la famille des Lamiaceae, qui compte environ 900 espèces réparties dans le monde entier. En Algérie, vingt-trois espèces du genre Salvia ont été répertoriées (Quezel, 1963). Dans la plus part des régions, on l'appelle « Mirimia » .

2.2.2. Sauge :

Le terme vernaculaire "sauge" est utilisé pour désigner les différentes espèces aromatiques appartenant au genre Salvia (Karousouet al., 2000). Son nom scientifique reflète clairement son importance en phytothérapie (Baran et al., 2010). Populairement, ce nom varie selon les langues, comme "Sauja" et "Sauge" en français, ainsi que "Sawge" en ancien anglais, aujourd'hui évolué vers "Sage". Cette évolution linguistique est liée à ses propriétés médicinales bien documentées, remontant aux civilisations anciennes (Anthony, 2000).

2.2.3. Caractéristiques botaniques :

Le genre Salvia regroupe des espèces annuelles, bisannuelles ou vivaces, caractérisées par des tiges souvent quadrangulaires, une caractéristique partagée avec d'autres membres de la famille des Lamiaceae. Les feuilles sont généralement entières, bien que parfois dentées ou pennées. Les tiges florales portent de petites bractées inégales (Scilly, 2008). Les fleurs sont regroupées en inflorescences de type grappes ou panicules, offrant souvent une gamme de

couleurs allant du bleu au rouge, voire du blanc au jaune. Le calice peut être tubulaire ou en forme de cloche. La corolle est composée de deux lèvres, la lèvre supérieure étant généralement entière ou présentant trois dents, tandis que la lèvre inférieure a habituellement deux lobes. Les étamines se réduisent à deux structures courtes avec deux cellules d'anthères, la cellule supérieure étant fertile et l'inférieure stérile. Les fruits sont ovoïdes et lisses, ou des nutlets oblongues, souvent enveloppés dans un revêtement mucilagineux dans de nombreuses espèces (Sutton, 1999).

2.2.4. Systématique:

Selon QUEZEL et SANTA, (1963) le genre *Salvia* appartient à la classification suivante:

Règne: Plantes

Embranchement: Phanérogames

Ordre: Lamiales

Famille: Lamiacées

Genre: *Salvia*

2.2.5. Distribution :

Les espèces de *Salvia* se répartissent de manière cosmopolite, offrant une grande diversité (Pistelli, 2006). Ce genre est principalement réparti dans trois régions du monde : environ 530 espèces en Amérique centrale et latine, 250 espèces en Asie centrale et dans les régions méditerranéennes, 30 en Afrique du Sud, et 90 espèces en Asie de l'Est (Walker, 2004).

2.2.6. Principales utilisations :

Le genre *Salvia* est largement exploité dans la pharmacopée traditionnelle, offrant une gamme variée d'applications dans le traitement de diverses affections telles que le rhume, la bronchite, les douleurs, les infections et les hémorragies (Bahadori, 2015). Ces plantes sont utilisées pour combattre les infections microbiennes, atténuer les symptômes liés aux cancers, traiter la diarrhée et les affections oculaires (Abdulhamid, 2013). La plupart des espèces du genre *Salvia* sont employées à des fins multiples, notamment en tant qu'aliments, médicaments, parfums et ingrédients cosmétiques (Bagci, 2008). Depuis l'Antiquité, certaines

de ces plantes ont été utilisées pour parfumer et purifier les corps ainsi que les temples (Arslan, 2008).



Figure 3: Genre Salvia

Deuxième partie :
Partie de synthèse
sur les travaux
scientifique choisis

Chapitre3

La méthodologie suivie dans les travaux choisis

Chapitre3 :

La méthodologie suivie dans les travaux choisis

3. Synthèse sur la méthodologie suivie dans les travaux choisis

3.1. Préparation de matériel végétale :

Le matériel végétal utilisé est présenté dans le tableau ci-dessous:

Tableau 1: Matériel végétal récolté

L'étude de :	Nom scientifique	Région de récolte	Stade de développement	Date de récolte
Ben Khedheret al.,2017	<i>S. Officinalis</i> (SoE0)	Chott Mariem située au Centre-Est de la Tunisie	N'est pas indiqué	Mars 2015
ElOualiLalamiet al.,2013	<i>T. Vulgaris</i> <i>T. Satureioids</i>	La ville d'Ifrane située en Moyen Atlas au centre du Maroc.	N'est pas indiqué	N'est pas indiqué
Amratiet al.,2009	<i>T. Algeriensis</i> <i>T. Ciliatus</i>	<i>T. Algeriensis</i> Rchida, (Est du Maroc) <i>T. Ciliatus</i> Azrou, Moyen Atlas du Maroc.	N'est pas Indiqué	<i>T. Algeriensis</i> (Avril 2008) <i>T. Ciliatus</i> (Mai 2008)
Giweliet al.,2013	<i>S. Fruticosa</i>	Biadda, Montage Verte (Est de la Libye)	La phase de floraison	Mars 2010
Giweliet al.,2013	<i>T. Algeriensis</i>	Zintan, Libye	La phase de floraison	Avril 2010
El Ouariachiet al.,2014	<i>T. Broussonetii</i> Boiss. <i>T. Algeriensis</i> Boiss	Al Hoceima et Oujda, Maroc	La phase de floraison	Mars 2012
Nina et al.,2016	<i>T. Ciliatus</i>	Annaba, Algérie	Développement végétatif, floraison et après floraison	N'est pas Indiqué
Zayyad et al.,2014	<i>T. Zygis</i> <i>T. Algeriensis</i> <i>T. Bleicherias</i>	<i>T. Zygis</i> Aknoul (région de Taza) <i>T. Bleicheris</i> Boufekrane (région de Meknès) <i>T. Algeriensis</i>	N'est pas Indiqué	<i>T. Zygis</i> (Avril 2010) <i>T. Bleiches</i> (Mai 2010) <i>T. Algeriensis</i> (Mai 2010)

		d'Adarouche (région de Meknès)		
Amarti <i>et al.</i> , 2011	<i>T.Zygis</i>	Krouchen, Moyen Atlas du Maroc	N'est pas Indiqué	Juin 2009
Lakhalet <i>al.</i> , 2013	<i>S.Officinalis</i>	Batna, Algérie	N'est pas Indiqué	Mai 2013
Benelhadjali <i>et al.</i> , 2015	<i>T.Algeriensis</i>	Trois différentes localités de la région Est de la Tunisie	Développementvég étatif	N'est pas Indiqué
MAhdjoubiet <i>al.</i> , 2020	<i>S.Officinalis</i>	Laghouat, Algérie	La phase de floraison	Juillet 2016
El Bouzidiet <i>al.</i> , 2012	<i>T.Broussoneti</i> <i>T.Maroccant</i> <i>T.Satureioids</i>	Essaouira Aït Ourir Idni	N'est pas Indiqué	Octobre 2010
Hazzitet <i>al.</i> , 2009	<i>T. Pallescens</i> <i>T.Algeriensis</i> <i>T.Dreatensis</i>	<i>T.Pallescens</i> , Sidi Aissa (montagne Kef Ennaga) et Boussaada (ThenietEddem), Kadiria et El- Asnam (région de Bouira), Oued Rhiou <i>T.Algeriensis</i> , LeParc National de Chrea <i>T.Dreatensis</i> , Tako ucht dans les monts du Djurdjura (région de Kabylie)	Stade de pleine floraison	Juillet 2005
khadiret <i>al.</i> , 2016	<i>T. Lanceolatusf</i>	"Terni" au sud de Tlemcen, Algérie	Stade de pleine floraison	Juin 2012
krimatet <i>al.</i> ,2015	<i>S.Chudaei</i>	Hoggar, sud de l'Algérie	Stade de floraison	Juillet 2010

3.2. Extraction des huiles essentielles:

Dans tous les travaux de recherches, l'extraction a été réalisée selon la méthode d'hydrodistillation en utilisant un dispositif de type Clevenger soit par ébullition ou par

entraînement à la vapeur d'eau. La majorité des travaux n'ont pas donné de détails sur l'appareillage de l'extraction et d'autres ont donné des informations sur le volume du ballon.

- **Analyse et discussion :**

L'hydro-distillation a été choisie parce que le processus de chauffage génère de la vapeur d'eau qui altère la structure des cellules végétales, libérant ainsi les molécules qu'elles contiennent, notamment les plus volatiles, qui sont séparées du substrat cellulosique. Cette vapeur d'eau entraîne un mélange d'eau et de molécules organiques, Cela permet généralement la volatilisation des métabolites secondaires à des températures plus basses que celles requises pour chaque composé individuel ou pour l'eau. Ainsi, même les substances avec des points d'ébullition élevés peuvent être efficacement extraites (SUTOUR, 2010).

Tableau 2: L'échantillonnage

Selon l'étude de :	Partie utilisée	Quantité	La durée d'hydrodistillation
Krimat <i>et al.</i> , 2015	Partie acrylique séchées [poudre]	N'est pas indiqué	3 heure
Khadiret <i>et al.</i> , 2016	Partie aériennes séchées	N'est pas indiqué	3 heure
MAhdjoubiet <i>et al.</i> , 2020	Partie aériennes	100 g	3 heure
Amartiet <i>et al.</i> , 2011	Partie aériennes [frais]	200 g	1 heure et demie
Benelhadjaliet <i>et al.</i> , 2015	Racines, tiges, feuilles	100 g	3 heure
El Bouzidiet <i>et al.</i> , 2012	Partie aériennes séchées	100g	3 heure
Hazzitiet <i>et al.</i> , 2009	Feuilles et inflorescences de matériel végétal	100g	3 heure
Lakhalet <i>et al.</i> , 2013	Partie aériennes fraîches	100 g	3 heure
Ben Khedheret <i>et al.</i> , 2017	les feuilles séchées	200 g	3,3 heure
El Ouali Lalamiet <i>et al.</i> , 2013	N'est pas Indiqué	N'est pas Indiqué	2h 30min
Amratiet <i>et al.</i> , 2009	la partie aérienne (tiges, feuilles et fleurs) frais	200g	1h 30min
Giweliet <i>et al.</i> , 2013 (<i>S. Fruticosa</i>)	la partie aérienne séchées	100g	3 heure
El Ouariachiet <i>et al.</i> , 2014	les feuilles séchées	N'est pas Indiqué	4 heure
Nina <i>et al.</i> , 2016	la partie aérienne (tiges, feuille) séchées	100g	3 heure

Zayyadet <i>al.</i> , 2014	N'est pas Indiqué	200 g	1 heure
Giweliet <i>al.</i> , 2013 (<i>T.Algeriensis</i>)	la partieaérienne séchées	100 g	3 heure

Les traces d'eau présentes dans les huiles essentielles obtenues ont été éliminées par séchage avec du sulfate de sodium anhydre, et les huiles ont été stockées dans des flacons sombres à 4 °C jusqu'à leur utilisation (Amarti et al., 2011 ; El Bouzidi et al., 2012 ; Krinat et al., 2015 ; Mahdjoubi et al., 2020 ; Amrati et al., 2009 ; Giweli et al., 2013 ; Nina et al., 2016 ; El Ouariachi et al., 2014).

Benelhadjali et al. (2015) et Ben Khedher et al. (2017) ont utilisé la même méthode sans ajout de solvant ; les huiles ont été récupérées directement et stockées.

Khadir et al. (2016) ont séché l'huile obtenue avec du sulfate de magnésium anhydre et l'ont conservée dans des flacons scellés à -30 °C à l'abri de la lumière.

Pour Hazzit ab et al. (2009), Lakhal et al. (2013), El Ouali Lalami et al. (2013) et Zayyad et al. (2014), la méthode de séchage n'est pas indiquée.

- **Analyse et discussion :**

Les traces d'eau ont été éliminées en utilisant des agents déshydratants, principalement le sulfate de sodium anhydre (Na₂SO₄) et parfois le sulfate de magnésium (MgSO₄) (Sathianarayana et al., 2009).

3.3. Analyse des huiles essentielles :

Les différentes études présentent des méthodes d'analyse des huiles essentielles utilisant la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS), mais avec des conditions expérimentales et des protocoles légèrement différents.

3.3.1 Les analyses chromatographiques :

3.3.1.1 Analyse par chromatographie en phase gazeuse :

Krinat et al., 2015 :

L'analyse par chromatographie en phase gazeuse (GC) a été réalisée sur un chromatographe Shimadzu GC17A avec une colonne capillaire en silice fondue et une phase stationnaire DB-5. Les paramètres de la colonne étaient les suivants : longueur de 30 m, diamètre de 0,32 mm, et épaisseur de film de 0,25 µm. Le programme de température

comprenait une étape initiale à 60°C pendant 3 minutes, suivie d'une augmentation de 3°C par minute jusqu'à 240°C, maintenue pendant 3 minutes. L'injecteur et le détecteur étaient maintenus à 250°C. Le gaz porteur utilisé était de l'azote (N₂) à un débit de 1 ml/min en mode fractionné 1:50, avec un volume d'injection de 0,2 µL. Les données quantitatives ont été obtenues par intégration électronique des pourcentages de surface, sans correction additionnelle.

Khadir et al., 2016 :

Une analyse par chromatographie en phase gazeuse (GC) avec détection par ionisation de flamme (GC-FID) a été effectuée sur un chromatographe Shimadzu GC-2010 Plus. La colonne utilisée était une colonne capillaire en silice fondue ZB-5 de 30 m de longueur, 0,25 mm de diamètre interne, et 0,25 µm d'épaisseur de film. Le programme de température comprenait une montée de 50°C à 300°C à un taux de 7°C/min, suivie d'une phase isotherme à 300°C pendant 10 minutes. Les températures de l'injecteur et du détecteur étaient respectivement de 250°C et 300°C. L'hélium a été utilisé comme gaz porteur à un débit de 1,5 ml/min en mode fractionné. Les échantillons de 1 µL ont été injectés automatiquement. Les chromatogrammes ont été enregistrés et intégrés à l'aide d'un système d'échantillonnage automatique. Les aires moyennes sous les pics de trois séries chromatographiques ont été utilisées pour calculer la composition de chaque composant, avec la somme des aires des pics équivalente à 100 %.

Hazzit et al., 2009 :

L'analyse GC a été réalisée avec un chromatographe Chrompack CP-9002, utilisant une colonne Stabilwax (PEG) (30 m × 0,32 mm, épaisseur de film = 1 µm). Le programme de température a varié de 50 à 220 °C à un taux de 2 °C/min, avec une période isotherme de 15 minutes à 220 °C. Les températures de l'injecteur et du détecteur étaient maintenues respectivement à 250 °C et 280 °C. Le gaz vecteur utilisé était de l'azote (N₂) à un débit de 1 ml/min. Des volumes de 0,2 µL ont été injectés, et la composition des huiles a été calculée en utilisant la méthode de normalisation basée sur les aires des pics GC, moyennées sur deux injections pour chaque huile, sans correction supplémentaire.

Benelhadjali et al., 2015 ; Mahdjoubiet al., 2020 :

L'analyse par chromatographie en phase gazeuse (GC) a été réalisée sur un système AGILENT 6980 série II équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (FID) et d'une colonne HP-INNOWAX (30 m de longueur, 0,25 mm de diamètre interne, épaisseur du film 0,25 µm).

Le programme de température du four consistait en une montée de 50 à 250°C à un taux de 8°C/min, suivie d'une phase isotherme à 250°C pendant 10 minutes. Les températures de l'injecteur et du détecteur étaient respectivement de 220°C et 280°C. Le gaz porteur utilisé était de l'hélium (He) à un débit de 2 ml/min, avec un volume injecté de 2 µL.

Amarti et al., 2011 :

Les analyses chromatographiques ont été réalisées sur un chromatographe en phase gazeuse de type Hewlett-Packard (série HP 6890), équipé d'une colonne capillaire HP-5 (30 m × 0,25 mm) avec une épaisseur de film de 0,25 µm. Le détecteur à ionisation de flamme (FID) fonctionnait à 250 °C et était alimenté par un mélange gaz hydrogène-air, tandis que l'injecteur split-splitless, réglé à 250 °C, permettait un volume injecté manuellement de 1 µL, avec un mode d'injection en split (rapport de fuite : 1/50, débit : 66 ml/min). L'azote, débitant à 1,7 ml/min, était utilisé comme gaz vecteur. La température de la colonne, programmée de 50 à 200 °C pendant cinq minutes à un taux de 4 °C/min, était contrôlée par un système informatique de type "HP ChemStation", qui assurait également la gestion et le suivi des analyses chromatographiques.

Zayyad et al., 2014 :

Les échantillons ont été analysés à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse Hewlett Packard (HP 6890), équipé d'une colonne capillaire HP-5 (30 m x 0,25 mm, 0,25 µm d'épaisseur de film) et d'un détecteur FID réglé à 260 °C. L'injection manuelle des échantillons dilués dans du méthanol a été effectuée via un injecteur split-splitless à 275 °C. L'azote a été utilisé comme gaz porteur à un débit de 1,7 ml/min. La température de la colonne a été programmée de 50 à 250 °C à un taux de 4 °C/min. Les données ont été traitées à l'aide du système informatique HP ChemStation. L'identification des composés s'est réalisée à l'aide des indices de Kováts et de la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG-SM), utilisant un chromatographe HP 6890 associé à un spectromètre de masse HP 5973. La fragmentation a été obtenue par impact électronique à 70 eV.

Ben Khedher et al., 2017 :

Les proportions relatives des composants individuels du SoEO ont été évaluées en utilisant un chromatographe en phase gazeuse Hewlett Packard 5890 II, équipé d'un détecteur d'ionisation de flamme (FID) et d'une colonne capillaire HP-5 MS. Les paramètres opérationnels comprenaient des températures d'injecteur et de détecteur de 250°C et 280°C

respectivement. Le programme de température du four a débuté à 50°C pendant 1 minute, puis a augmenté progressivement jusqu'à 230°C à un taux de 10°C/min, avant de rester isotherme pendant 5 minutes. L'azote a été utilisé comme gaz porteur, à un débit de 1,2 ml/min, et les échantillons, dilués dans de l'hexane, ont été injectés manuellement (1 µL). Les données quantitatives ont été obtenues électroniquement à partir des pourcentages de surface FID.

3.3.2. Analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) :

Les méthodes de chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) sont essentielles pour la caractérisation détaillée des composés dans des échantillons complexes. Voici les différentes approches et configurations instrumentales utilisées dans les études sélectionnées :

Krimat et al., 2015 :

Un système de chromatographie en phase gazeuse Trace Ultra GC a été couplé à un spectromètre de masse DSQII. La colonne utilisée était une DB-5, mesurant 30 m de long, avec un diamètre interne de 0,32 mm et une épaisseur de film de 0,25 µm. Le programme de température comprenait une montée initiale de 60°C (pendant 3 minutes) jusqu'à 240°C (maintenue 3 minutes) à un taux de 3°C/minute. L'hélium a été utilisé comme gaz vecteur à un débit de 1 mL/min. L'injecteur était chauffé à 250°C.

Khadir et al., 2016 :

Les analyses GC-MS ont été réalisées avec un chromatographe Hewlett-Packard GC 5890 II, couplé à un spectromètre de masse Thermo-Finnigan SSQ-7000. Une colonne OV-5 (30 m × 0,25 mm × 0,25 µm) a été utilisée. Le gaz vecteur était de l'hélium (2 ml/min). La température initiale était de 45°C (2 minutes), augmentée à 300°C à raison de 4°C/min, suivie d'une période isotherme de 20 minutes à 300°C. Les spectres de masse ont été enregistrés avec une énergie d'ionisation de 70 eV et une température de source d'ions de 175°C. Les échantillons dilués (0,5 % v/v) ont été injectés en mode fractionné (1:15). L'identification des composés s'est faite par comparaison des données spectrales de masse et des indices de rétention.

Hazzit et al., 2009 :

Les analyses GC-MS ont été menées avec un système GC Agilent série 6890, couplé à un spectromètre de masse quadripolaire HP 5973, équipé d'une colonne capillaire HP5-MS (30 m x 0,25 mm, épaisseur de film de 0,25 µm). La détection GC-MS a utilisé une ionisation électronique à 70 eV, sur une plage de balayage de 30 à 550 u.m.a. L'hélium a été utilisé comme gaz porteur à un débit de 0,5 ml/min. Les températures de l'injecteur et du détecteur étaient de 250°C et 280°C respectivement.

El Bouzidi et al., 2012 :

Les analyses ont été réalisées sur un système Agilent GC-MSD (Agilent Technologies 6890/5973), utilisant une colonne capillaire Agilent DB5ms (30,0 m × 0,25 mm × 0,25 µm). Le gaz porteur était l'hélium à une vitesse linéaire de 37 cm/s. La température de transfert, de source et du quadripôle était respectivement de 280°C, 230°C et 150°C, avec une énergie d'ionisation de 70 eV. Le programme de température de la colonne allait de 60°C à 246°C à un taux de 3°C/min. L'injection des échantillons d'huile essentielle (20 µL) dilués dans de l'hexane (1000 µL) était de 1 µL, avec un rapport de répartition de 1:50.

Mahdjoub et al., 2020 :

L'analyse des huiles essentielles a été effectuée sur un chromatographe Hewlett-Packard HP 7890 équipé d'une colonne capillaire HP-5MS (30 m x 0,32 mm, 0,25 µm) couplé à un spectromètre de masse HP 5975. Le programme de température allait de 60°C (8 minutes) à 250°C à un taux de 2°C/min, avec une phase isotherme à 250°C (20 minutes). Les températures de l'injecteur et du détecteur étaient de 250°C et 280°C respectivement. Le gaz porteur était de l'azote à un débit de 1,2 mL/min, avec un volume d'injection de 1 µL en mode fractionné 1:50.

Lakhal et al., 2013 :

La GC-MS a été réalisée avec un détecteur Shimadzu QP5050 et une colonne DB5-MS (40 m x 0,18 mm, épaisseur du film 0,18 µm). Le programme de température incluait une phase isotherme à 60°C (5 minutes), suivie d'une augmentation à 275°C à 5°C/min, maintenue pendant 5 minutes. L'hélium a été utilisé comme gaz porteur à un débit de 1 ml/min. Un volume de 0,1 µL d'huile a été injecté directement dans la source du MS via une ligne de transfert à 280°C. L'ionisation était réalisée par impact électronique à 70 eV, avec une température de source de 200°C.

Benelhadjali et al., 2015 :

Les analyses GC-MS ont été effectuées avec un chromatographe Agilent 7890A, équipé d'une colonne HP-5MS (30 m × 250 µm, 0,25 µm) et d'un détecteur de masse Agilent 5975C MSD. Le programme de température du four allait de 60°C à 240°C à un taux de 4°C/min, avec une température de ligne de transfert maintenue à 250°C. L'hélium a été utilisé comme gaz porteur à un débit de 0,8 ml/min avec un rapport de division de 50:1. La plage de balayage de masse était de 50 à 550 m/z à 70 eV et une vitesse de balayage de 2,91 scans/s.

El Ouali Lalami et al., 2013 :

Les huiles essentielles ont été analysées avec un Trace GC ULTRA, utilisant une colonne VB-5 et un injecteur en mode Split. Le gaz vecteur était l'hélium, avec un débit de 1,4 ml/min. La température d'injection était de 220°C. Le programme de température allait de 40 à 180°C à 4°C/min, avec un palier à 300°C pendant 20 minutes. Le spectromètre de masse Polaris Q MS a été utilisé avec une ionisation EI (70 eV).

Nina et al., 2016 :

L'huile essentielle a été analysée par GC-MS avec un spectromètre de masse Agilent HP MSD 5973 et un chromatographe Agilent HP 6800 plus. La colonne HP-5MS (30 m x 0,25 mm, film de 0,25 µm) a été utilisée. Le programme de température allait de 60°C (8 minutes) à 250°C à un taux de 2°C/min, avec une phase isotherme à 250°C (10 minutes). L'hélium a été utilisé comme gaz porteur à un débit de 0,5 ml/min, avec un rapport de division de 1:20. Les spectres de masse ont été générés par ionisation électronique (EI) à 70 eV, couvrant une gamme spectrale de 34 à 450 m/z.

Giweli et al., 2013 (*S. fruticosa*) :

Les analyses GC et GC-MS ont été réalisées avec un dispositif HP-5890 II et une colonne HP-5, utilisant des paramètres de température spécifiques. Pour la GC-MS, un système HP G 1800C Series II et une colonne HP-5MS ont été utilisés. L'identification des composants s'est faite en comparant les temps de rétention et les spectres de masse avec des références standards et une bibliothèque de spectres de masse. Les pourcentages de surface FID ont été utilisés pour quantifier les composants.

Amrati et al., 2009 :

Les analyses chromatographiques ont été réalisées sur un chromatographe Hewlett Packard HP 6890, avec une colonne HP-5 et un détecteur FID. L'azote a été utilisé comme gaz porteur. L'identification des constituants a été réalisée en se basant sur les indices de

Kováts et la GC-MS, utilisant un chromatographe HP 6890 couplé à un spectromètre de masse HP 5973. Un système informatique a supervisé les analyses, avec une bibliothèque de spectres de masse NIST 98.

El Ouariachi et al., 2014 :

L'analyse a été conduite sur un chromatographe Perkin-Elmer Autosystem XL, avec un détecteur de masse turbo et un système d'injection à double flamme. Des colonnes capillaires Rtx-1 et Rtx-wax ont été utilisées. Le gaz vecteur était l'hélium. Les spectres de masse ont été obtenus par ionisation électronique dans la plage de masse de 35 à 350 Da. L'identification des composants s'est fondée sur la comparaison des indices de rétention et des spectres de masse avec des bibliothèques de spectres de masse.

Giweli et al., 2013 (T. algeriensis) :

Les huiles ont subi une double analyse par GC et GC-MS. Pour la GC, un dispositif HP-5890 II et une colonne HP-5 ont été utilisés. Les mêmes paramètres ont été appliqués à la GC-MS avec un équipement GCD HP G 1800C Series II et une colonne HP-5MS. L'identification des composants a été basée sur la comparaison des temps de rétention et des spectres de masse avec des références standards et une bibliothèque de spectres de masse. Les données quantitatives obtenues par FID ont été utilisées pour l'analyse quantitative.

Chaque étude présente des variations dans les paramètres de température, les types de colonnes utilisées, les débits de gaz porteur et les modes d'injection, illustrant la flexibilité et la diversité des méthodes GC-MS pour l'analyse des huiles essentielles et autres composés volatils.

- **Analyse et discussion :**

Dans l'analyse et la synthèse des travaux précédents, une attention particulière est portée à l'objectif fondamental des méthodes chromatographiques. Celui-ci consiste à obtenir des pics chromatographiques de la plus grande finesse possible, avec une résolution optimale, le tout dans un laps de temps minimal. Cette triple exigence, qui vise à maximiser l'efficacité, la résolution et la rapidité, est cruciale pour garantir la précision des résultats. En effet, la qualité de la colonne chromatographique influe directement sur la dispersion des molécules autour de leur temps de rétention. Ainsi, plus l'efficacité est élevée, plus les pics chromatographiques sont fins, ce qui renforce la capacité de séparation des composants (Beloucifa, 2014).

Dans le contexte de l'analyse des huiles essentielles, la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) est privilégiée. Cette méthode est largement adoptée en raison de sa capacité à séparer et à identifier les composants, même à partir d'échantillons minuscules, souvent de l'ordre du milligramme voire du microgramme. Ainsi, la GC-MS se positionne comme une approche analytique de choix pour explorer la composition complexe de ces substances, offrant une sensibilité et une précision analytique remarquables (Beloucifa, 2014).

3. 4. Les activités biologiques :

3.4.1 Activité antioxydant :

3.4.1.2. Test DPPH :

Krimat et al., 2015 :

Dans cette étude, S. Krimat et ses collègues ont opté pour une méthode consistant à diluer des échantillons d'huile essentielle avec différents ratios de méthanol, puis à les mélanger avec une solution de DPPH dans le méthanol (0,004 % p/v). Cette solution a été choisie pour sa capacité à évaluer l'activité antioxydante des échantillons. Après une agitation vigoureuse, les mélanges ont été incubés à température ambiante dans l'obscurité pendant 30 minutes. Cette méthode permet une évaluation rapide et efficace de la capacité des huiles essentielles à neutraliser les radicaux libres, fournissant ainsi des informations précieuses sur leur potentiel antioxydant.

Hazzit ab et al., 2009 :

Dans cette recherche, M. Hazzit et ses collègues ont utilisé une approche similaire pour évaluer l'activité antioxydante des échantillons d'huile essentielle. Ils ont ajouté cinquante microlitres de diverses concentrations d'échantillon dans du méthanol à une solution méthanolique de DPPH. Cette méthode permet de mesurer l'absorbance à 517 nm après 20 minutes d'incubation à température ambiante. En mesurant la diminution de l'absorbance du DPPH, il est possible de quantifier l'efficacité des huiles essentielles à neutraliser les radicaux libres.

Lakhal et al., 2013 :

Dans cette étude, les chercheurs n'ont pas utilisé le test DPPH pour évaluer l'activité antioxydante des échantillons d'huile essentielle. Ils ont probablement opté pour d'autres

méthodes ou tests pour évaluer cette activité, témoignant ainsi de la diversité des approches dans le domaine de la recherche sur les huiles essentielles.

Khadir et al., 2016 :

Dans leur étude, A. Khadir et ses collègues ont également choisi d'utiliser le test DPPH pour évaluer l'activité antioxydante des huiles essentielles. Ils ont mélangé des volumes équivalents de solutions d'échantillon, contenant des concentrations allant de 0,01 à 25 µg/mL d'huiles, avec une solution de DPPH dans du méthanol. L'absorbance a été mesurée à 517 nm à l'aide d'un lecteur TecanSafire I, après une incubation dans l'obscurité pendant 30 minutes à température ambiante. Cette méthode offre une évaluation quantitative de l'activité antioxydante des échantillons d'huile essentielle, permettant ainsi de comparer leur efficacité.

Mahdjoubi et al., 2020 :

Dans cette étude, les chercheurs ont déterminé l'activité antioxydante des échantillons d'huile essentielle par spectrophotométrie, une méthode alternative au test DPPH. Cette approche peut offrir des avantages supplémentaires en termes de précision ou de sensibilité par rapport au test DPPH, permettant ainsi une évaluation plus approfondie de l'activité antioxydante des échantillons.

Amarti et al., 2011 :

Cette étude a utilisé une approche spécifique pour évaluer l'activité antioxydante des échantillons d'huile essentielle. La réaction a été réalisée dans un volume total de 2 ml contenant 0,4 ml de DPPH à 0,5 mM solubilisé dans l'éthanol. Les échantillons d'huile essentielle ont été préparés en les dissolvant dans l'éthanol absolu à raison de 1,25 µl/ml. Ces solutions mères ont ensuite été soumises à des dilutions pour obtenir les concentrations finales de 0,0005 ; 0,001 ; 0,005 ; 0,01 ; 0,05 et 0,1 %. De plus, les concentrations à 0,5 et 1 % ont été préparées en les dissolvant dans l'éthanol à raison de 5 et 10 µl/ml respectivement. Cette méthode permet une évaluation précise de l'activité antioxydante sur une large gamme de concentrations, offrant ainsi des informations détaillées sur la capacité des huiles essentielles à neutraliser les radicaux libres.

El Bouzidi et al., 2012 :

Dans cette recherche, les chercheurs ont utilisé une méthode basée sur le test DPPH pour évaluer l'activité antioxydante des échantillons d'huile essentielle. Ils ont mélangé 750 µL d'huile essentielle à différentes concentrations (0,2 à 1 mg/mL) ou de méthanol (témoin)

avec 1,5 mL de solution de méthanol de 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (20 mg/L). Après 30 minutes d'incubation dans l'obscurité, à température ambiante, l'absorbance a été mesurée à 517 nm. Cette méthode permet une évaluation qualitative et quantitative de l'activité antioxydante des échantillons d'huile essentielle, fournissant ainsi des données sur leur potentiel à neutraliser les radicaux libres.

Benelhadjali et al., 2015 :

Cette étude a évalué l'activité antioxydante des huiles de *T. algériensis* en utilisant la méthode du test DPPH. Différentes concentrations d'huiles essentielles ont été préparées dans du méthanol, allant de 0,1 à 10 mg/ml. 20 µL d'huiles de différentes concentrations ont été ajoutés à 980 µL de solution méthanolique de DPPH (90 µM). Le mélange a été laissé au repos à température ambiante dans l'obscurité. Cette méthode permet une évaluation précise de l'activité antioxydante des échantillons d'huile essentielle, fournissant ainsi des informations sur leur capacité à neutraliser les radicaux libres.

Ben Khedher et al., 2017 :

Cette étude a ciblé l'évaluation de l'efficacité de l'huile essentielle de SoEO dans la neutralisation des radicaux libres du radical DPPH. Pour ce faire, différentes concentrations de SoEO (1, 5, 10, 15 et 20 mg/mL) ont été mélangées avec une solution méthanolique de DPPH. Les mélanges ont ensuite été incubés dans l'obscurité à température ambiante pendant 30 minutes. L'absorbance a été mesurée à 517 nm par rapport à un blanc pour chaque concentration, permettant ainsi d'évaluer l'activité antioxydante de l'huile essentielle de SoEO.

Nina et al., 2016 :

L'objectif de cette recherche était d'évaluer l'activité antioxydante de l'huile essentielle de *T. ciliatus* en utilisant le test DPPH. Dans ce processus, l'activité antioxydante est évaluée en observant le changement de couleur d'une solution de DPPH après l'addition d'échantillons d'huile essentielle à différentes concentrations. Cinquante microlitres de l'échantillon dans le méthanol, à la fois pour l'huile essentielle et le contrôle, ont été ajoutés à 5 ml de solution méthanolique contenant 0,004 % de DPPH. Les absorbances ont ensuite été mesurées à 517 nm après 30 minutes d'incubation à température ambiante, fournissant ainsi des données sur l'activité antioxydante de l'huile essentielle de *T. ciliatus*.

El Ouariachi et al., 2014 :

Dans cette étude, l'évaluation de l'efficacité des huiles essentielles dans la neutralisation des radicaux libres a été réalisée en utilisant le DPPH comme indicateur. Les composés antioxydants présents dans ces huiles ont réagi avec le radical libre DPPH, entraînant une transformation en une substance stable et induisant une décoloration. Des concentrations variées d'huile ont été introduites dans une solution de DPPH dans de l'éthanol, avec des concentrations finales de DPPH de 0,05 mmol/L. Après agitation et incubation à température ambiante pendant 30 minutes dans l'obscurité, l'absorbance a été mesurée à 517 nm par rapport à un blanc. L'activité antiradicale a été exprimée en pourcentage d'inhibition (I%), avec l'acide ascorbique utilisé comme témoin positif pour évaluer l'efficacité des huiles essentielles dans la neutralisation des radicaux libres.

Giweli et al., 2013 (T. Algeriensis) :

Dans cette étude, une solution méthanolique à une concentration de 0,04 mg/ml a été préparée. Ensuite, 1800 ml de cette solution ont été ajoutés à 200 ml d'huile essentielle dans du méthanol à différentes concentrations. L'absorbance du radical DPPH restant a été mesurée à une longueur d'onde de 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV/visible Jenway 6305 (SineksLaboratory, Royaume-Uni) après une incubation de 30 minutes à température ambiante pour tous les échantillons. Le méthanol a été utilisé comme blanc, tandis que le méthanol contenant la solution de DPPH a été utilisé comme témoin.

Giweli et al., 2013 (S. Fruticosa) :

Dans cette recherche, le radical DPPH a été employé pour évaluer l'activité de capture des radicaux libres de l'huile. Une solution à une concentration de 0,04 mg/ml a été préparée, suivie de l'ajout de 1800 µl de cette solution à 200 µl d'huiles essentielles dans du méthanol à différentes concentrations. L'absorbance du radical DPPH non capturé a été mesurée par spectrophotométrie à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV/visible Jenway 6305 (SineksLaboratory, Royaume-Uni) après 30 minutes à température ambiante pour tous les échantillons. Cette méthodologie a permis d'évaluer l'activité de capture des radicaux libres de l'huile essentielle de S. Fruticosa.

Zayyad et al., 2014 ; Amrati et al., 2009 ; El Ouali Lalami et al., 2013 :

Ces études n'ont pas utilisé la méthode du radical DPPH pour évaluer l'activité antioxydante de leurs échantillons.

3.4.1.3. Pouvoir réducteur :

Nina et al., 2016 :

Dans cette étude, le pouvoir réducteur a été évalué en suivant le protocole d'Oyaizu. Chaque échantillon, à des concentrations variant de 0,2 à 1,0 mg/ml et dissous dans du méthanol et de l'eau (2,5 ml), a été combiné avec 2,5 ml de tampon phosphate de sodium 200 mM (pH 6,6) et 2,5 ml de ferricyanure de potassium à 1 %. Après une incubation à 50 °C pendant 20 minutes, 2,5 ml d'acide trichloroacétique à 10 % ont été ajoutés, puis le mélange a été centrifugé à 200g pendant 10 minutes. La partie supérieure (2,5 ml) a ensuite été mélangée avec 2,5 ml d'eau déionisée et 0,5 ml de chlorure de fer à 0,1 %.

Ben Khedher et al., 2017 :

Le pouvoir réducteur de SoEO a été évalué selon la méthode décrite par Oyaizu (1986). Des volumes de 500 µL de différentes concentrations de SoEO (de 1 à 20 mg/mL) ont été mélangés avec 1,25 mL de tampon phosphate (200 µM, pH 6,6) et 1,25 mL de potassium hexacyanoferrate [K₃Fe(CN)₆] (à 10 %). Après 20 minutes à 50 °C, on a ajouté de l'acide trichloroacétique (1,25 mL, 10 %) et le mélange a été centrifugé à 3000 × g pendant 10 minutes. Par la suite, 1,25 mL du liquide surnageant ont été combinés avec 1,25 mL d'eau distillée et 0,25 mL de chlorure ferrique [FeCl₃] (à 0,1 %).

Hazzit et al., 2009 ; El Bouzidi et al., 2012 :

Dans ces études, des concentrations variées d'huile ont été dissoutes dans du méthanol (1 à 5 mg/mL) et mélangées avec un tampon phosphate (2,5 ml, 0,2 mol/L, pH 6,6) ainsi que du ferricyanure de potassium (2,5 mL, 10 mg/mL). Après incubation à 50°C pendant 20 minutes, une portion (2,5 ml) d'acide trichloroacétique a été ajoutée pour stopper la réaction. Le mélange a été centrifugé et une portion de 2,5 ml du surnageant a été mélangée avec de l'eau distillée (2,5 ml) et du chlorure ferrique (0,5 ml, 1 %).

Remarque : Les autres études recensées n'ont utiliser cette méthode pourévalué le pouvoir réducteur des échantillons.

3.4.1.4. Test de blanchiment du β-carotène–acide linoléique :

Lakhel et al., 2013 :

Dans cette étude, 0,5 mg de β-carotène dans 1 mL de chloroforme ont été combinés avec 25 µL d'acide linoléique et 200 mg d'un mélange émulsifiant Tween 40. Après évaporation du chloroforme sous vide, 100 mL d'eau distillée saturée en oxygène ont été ajoutés en agitant vigoureusement. Quatre mille microlitres de cette émulsion ont été

transférés dans différents tubes à essai, chacun contenant différentes concentrations d'échantillon. L'absorbance initiale à 470 nm a été mesurée dès l'ajout de l'émulsion à chaque tube, à l'aide d'un spectrophotomètre. Les échantillons ont été incubés pendant 2 heures à 50°C. Un blanc, exempt de β -carotène, a été préparé pour corriger le bruit de fond. La vitamine E a été utilisée comme étalon.

Krimat et al., 2015 :

Pour cette expérience, 2 mg de β -carotène dissous dans 10 mL de chloroforme de qualité HPLC ont été préparés. Ensuite, 1 mL de cette solution a été transféré dans un ballon contenant 20 mg d'acide linoléique et 200 mg de Tween 40. Le chloroforme a été évaporé sous vide, puis 50 mL d'eau distillée ont été ajoutés au résidu pour former une émulsion stable. Cette émulsion a ensuite été répartie dans des tubes à essai contenant 0,2 mL d'huile essentielle (2 mg/mL). Les tubes ont été placés dans un bain-marie à 50°C pendant 120 minutes, et l'absorbance à 470 nm a été mesurée toutes les 30 minutes. Une solution à blanc, sans β -carotène, a été préparée de manière similaire. L' α -tocophérol et le BHT ont servi d'étalons.

Remarque : Les autres études répertoriées n'ont pas utilisé cette méthode pour évaluer le blanchiment du β -carotène–acide linoléique.

3.4.1.5. Élimination des radicaux hydroxyles :

Hazzit et al., 2009 :

Dans cette étude, le complexe fer-EDTA (III) exposé à un agent réducteur et à H₂O₂ génère des radicaux hydroxyles dans la solution, qui fragmentent le désoxyribose au niveau de son extrémité. Une aliquote de 1,0 ml du mélange réactionnel contenait 50 mM de 2-désoxy-D-ribose (dissous dans un tampon KH₂PO₄/K₂HPO₄ à pH 7,4), 25 μ l de diverses concentrations d'huiles de thymus, 10 mM d'EDTA-10 mM de FeCl₃ (prémélangés juste avant leur ajout au mélange réactionnel) et 10 mM de H₂O₂. La réaction a débuté avec l'ajout de 1 mM d'acide ascorbique et a été incubée pendant 1 heure à 37°C. Ensuite, la dégradation du désoxyribose a été évaluée en mesurant la réaction de l'acide thiobarbiturique (AT). Un volume total de 1,0 ml d'AT (à 1% dans 50 mM de NaOH) et 1,0 ml d'acide trichloroacétique, TCA (à 2,8%), ont été ajoutés au mélange réactionnel, qui a été chauffé à 100°C pendant 20 min. Après refroidissement, l'absorbance a été mesurée à 532 nm par rapport à un blanc contenant uniquement du tampon et du désoxyribose. Les réactions ont été

réalisées en triplicata. Le mannitol, un décapant des radicaux hydroxyles, a été utilisé comme témoin positif.

Remarque : Les autres études répertoriées n'ont pas utilisé cette méthode pour évaluer l'élimination des radicaux hydroxyles.

3.4.1.6. Inhibition de la peroxydation lipidique :

Hazzit et al., 2009 :

Dans cette étude, le mélange réactionnel comprenait 0,5 ml d'homogénéité de jaune d'œuf à 10 % (p/v) dans 1,15 % (v/w) de KCl, 0,1 ml de diverses concentrations d'huiles méthanoliques ou de témoins positifs, et 0,05 ml de 2,20-azobis(2-amidinopropane) dihydrochloride (ABAP, 0,07 M) en tant qu'inducteur radical, complété à 1 ml avec de l'eau distillée. Ensuite, 1,5 ml d'acide acétique à 20 % (pH 3,5) et 1,5 ml de TBA à 0,8 % (p/v) dans le dodécyle de sodium à 1,1 % (p/v) de sulfate (SDS) ont été ajoutés. Le mélange ainsi obtenu a été chauffé à 95°C pendant 60 min. Après refroidissement à température ambiante, 5 ml de 1-butanol ont été ajoutés à chaque tube, agités et centrifugés à 3000 rpm pendant 10 min. L'absorbance de la couche supérieure organique a été mesurée à 532 nm.

3.4.1.7. La peroxydation de l'acide linoléique :

Ben Khedher et al., 2017 :

Cette étude a évalué l'efficacité antioxydante de l'huile essentielle SoEO dans l'inhibition de la peroxydation lipidique. Une émulsion d'acide linoléique a été préparée avec du Tween 20, de l'acide linoléique et du PBS. Différentes concentrations de SoEO (0,1, 0,25, 0,5, 1 mg/mL) ont été ajoutées à cette émulsion et incubées à 37 °C pendant 30 minutes. Ensuite, un mélange réactionnel contenant de l'éthanol, du thiocyanate d'ammonium et du chlorure ferreux a été ajouté, suivi de la mesure de l'absorbance à 500 nm. L' α -tocophérol a été utilisé comme contrôle positif, tandis que des solutions sans SoEO ou α -tocophérol ont servi de témoins négatifs.

- **Analyse et discussion :**

Le test DPPH a été l'un des premiers radicaux libres utilisés pour analyser la relation entre la structure et l'activité antioxydante des composés phénoliques (Blois, 1958). Ainsi, ce test fournit des données sur le pouvoir anti-radicalaire direct des différentes substances phénoliques extraites (Brand-Williams, 1995)(Molyneux, 2004).

Le bêta-carotène a été employé parce qu'il est un antioxydant liposoluble qui protège les acides gras de l'oxydation (MNAYER, 2014).

Les études sur l'inhibition de la peroxydation lipidique fournissent des informations cruciales sur les propriétés antioxydantes des composés testés. La peroxydation lipidique est un processus dommageable impliqué dans diverses maladies, notamment les maladies cardiovasculaires et le vieillissement, et la capacité des antioxydants à inhiber ce processus est donc d'un grand intérêt.

Dans l'étude menée par Hazzit et al. (2009), le mélange réactionnel comprenait une émulsion de jaune d'œuf, un inducteur radical (ABAP), des huiles méthanoliques ou des témoins positifs, et divers réactifs. L'absorbance de la couche supérieure organique a été mesurée pour évaluer l'inhibition de la peroxydation lipidique. Cette approche fournit des informations sur la capacité des composés testés à protéger les lipides contre l'oxydation, ce qui peut être bénéfique pour la santé humaine.

De même, dans l'étude de Ben Khedher et al. (2017), l'efficacité antioxydante de l'huile essentielle SoEO dans l'inhibition de la peroxydation lipidique a été évaluée. L'émulsion d'acide linoléique a été traitée avec différentes concentrations de SoEO, suivies de la mesure de l'absorbance pour évaluer l'activité antioxydante. Cette méthode permet de comparer l'efficacité de l'huile essentielle à celle d'un contrôle positif (α -tocophérol) et de témoins négatifs.

En combinant les résultats de ces études avec d'autres tests d'activité antioxydante, tel que le test DPPH, il est possible d'obtenir une image plus complète des propriétés antioxydantes des composés étudiés. Ces données sont essentielles pour évaluer le potentiel des extraits naturels ou des composés synthétiques en tant qu'agents thérapeutiques ou additifs alimentaires. En outre, comprendre les mécanismes d'action des antioxydants peut contribuer au développement de nouvelles stratégies de prévention et de traitement des maladies associées au stress oxydatif.

3.4.2. Activité antibactérienne :

Tableau 3: Les microorganismes utilisés

Étude de :	Souchebactérienne	Champignon
Ben Khedher et al.,2017	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Micrococcus luteus</i> , <i>Salmonella enterica</i> , <i>Enteritidis</i> , <i>E. coli</i> ,	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Alternaria alternata</i>

	<i>Agrobacteriumtumefaciens,</i>	
Zayyad et al.,2014	<i>Bacillus subtilis, Streptococcus pnomonia, Aphylococcus aureus, E. coli, Enwiniachrysanthemi</i>	Non utilisé
El Ouali Lalamiet al.,2013	<i>Escherichia coli, Salmonella spetStaphylococcus aureus</i>	Non utilisé
Giweliet al., 2013 (S.Fruticosa)	<i>Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Salmonella typhimurium, Listeria monocytogenes, Proteus mirabilis, Bacillus cereus, Micrococcus flavus, Staphylococcus aureus</i>	<i>Aspergillus flavus, Aspergillus fumigatus, Aspergillus niger, Aspergillus ochraceus, Penicilliumfuniculosum, Penicillium ochrochloron, Trichoderma viride, C. albicans</i>
Giweliet al.,2013 (T.Algeriensis)	<i>Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Salmonella typhimurium, Proteus mirabilis Listeriamonocytogenes, Bacillus cereus, Micrococcus flavus, Staphylococcus aureus</i>	<i>Aspergillus flavus, Aspergillus fumigatu, Aspergillus niger Aspergillus ochraceus, Penicillium funiculosum, Penicillium ochrochloron, Trichoderma viride C. albicans</i>
Hazzit ab et al., 2009	<i>Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes Bacillus cereus Salmonella sp,</i>	<i>Candida albicans</i>
khadiret al., 2016	<i>Staphylococcus aureus, S. epidermidis, S. capitis, Streptococcus pyogenes, S. agalactiae., Bacillus subtilis, Pseudomonasfluorescens, Salmonella typhimurium, Shigellaflexneri, Escherichia coli</i>	<i>Aspergilusfumigatus, Geotrichum candidum, Syncephalastrumracemosum Candida albicans</i>
El Bouzidiet al., 2012	<i>Staphylococcus aureus Micrococcus jaune Bacillus subtilis Bacillus cereus Escherichia coli ,E. coli2,Salmonellesp.,Enterobactercloac ae.</i>	<i>Candida albicans, Candida Krusei,CandidaglabrataParapsil ose à Candida</i>
krimatet al.,2015	<i>Bacillus subtilis, Staphylococcus aureus, Staphylococcus epidermidis Listeria monocytogenes Escherichia coli Pseudomonas aeruginosa Salmonella enterica</i>	<i>Candida albicans</i>
MAhdjoubiet al., 2020	<i>Staphylococcus aureus Staphylococcus epidermidis Escherichia coli Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Candida glabrata Candida albicans</i>
Lakhal et al.,	<i>Escherichia coli</i>	Non utilisé

2013	<i>Escherichia coli</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>klebsiellapneumonia</i> <i>Klebsiellapneumonia</i> <i>Streptococcus</i>	
Benelhadjaliet al.,2015	<i>Escherichia coli</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Saphylococcusaureus</i> <i>Listeria monocytogènes</i> <i>Bacillus cereus</i>	Non utilisé
Amarti et al., 2011	<i>Bacillus subtilis,</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Micrococcusluteus</i> <i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Gloeophyllumtrabeum</i> <i>Poria placenta</i> <i>Coniophoraputeana</i> <i>Coriolus versicolor</i>

F.Amartiet al., 2011 : utilisé les moisissures : *Aspergillus niger*, *Penicillium expansum* *Penicillium digitatum*.

3.4.2.1 Méthode de diffusion sur gélose :

La méthode de diffusion en milieu gélosé est utilisée pour évaluer l'activité antibactérienne en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition, où les bactéries ne peuvent pas se développer. Ce diamètre d'inhibition reflète l'efficacité antibactérienne de l'huile essentielle.

- **Mode opératoire :**

Khadir et al., 2016 :

Les échantillons microbiens ont été prélevés à partir de cultures bactériennes et de levures cultivées sur des géloses nutritives inclinées, puis suspendus dans une solution saline. Des aliquotes de ces suspensions ont été étalées sur des géloses nutritives pour favoriser une croissance uniforme. Des coupelles de 10 mm de diamètre ont été retirées des plaques inoculées et remplies soit d'une solution contenant 20 mg d'huile dissoute dans 1 ml de DMSO, soit de DMSO seul en tant que contrôle. Les plaques ont été incubées à des températures spécifiques pour les bactéries et les levures, puis les zones d'inhibition ont été mesurées et comparées à des antibiotiques standards. Chaque expérience a été répétée trois fois et les résultats ont été présentés sous forme de moyenne.

Hazzit ab et al., 2009 :

Des souches microbiennes ont été stockées à -80 °C et des souches spécifiques ont été maintenues sur différents milieux de gélose à 4 °C au cours de l'étude. Avant chaque essai,

les souches ont été ranimées et cultivées dans des conditions appropriées. Après incubation, des cultures microbiennes ont été inoculées sur des plaques de milieu et soumises à divers traitements, y compris des huiles essentielles et des antibiotiques. Les zones d'inhibition ont été mesurées après incubation et une analyse statistique a été effectuée sur les données collectées.

Benelhadjali et al., 2015 :

Les micro-organismes ont été cultivés sur gélose tryptique soja (TSA) et ensemencés avec une suspension contenant 10^6 UFC/ml. Les disques de papier imprégnés d'huile essentielle ont été placés sur les plaques ensemencées et incubés à 37°C pendant 24 heures. Les diamètres des zones d'inhibition de croissance ont été mesurés, avec le DMSO comme contrôle négatif et la gentamicine comme contrôle positif. (la méthode de diffusion sur gélose sur disque).

Ben Khedher et al.,2017 :

L'huile essentielle SoEO a été évaluée pour son activité antimicrobienne via la méthode de diffusion en puits, modifiée selon Güven et al. (2006). Dissoute dans un mélange éthanol/eau à 10 mg/mL, elle a été filtrée et utilisée. Des plaques contenant environ 106 CFU/mL de souche indicatrice ont été préparées avec LB ou PDA. Des puits de 6 mm ont été percés et 50 µL de SoEO y ont été ajoutés. Les plaques ont été incubées à la température optimale, et les diamètres des zones d'inhibition ont été mesurés. La gentamicine (10 µg/puits) a été utilisée comme contrôle positif pour les tests antibactériens, l'amphotéricine B (20 µg/puits) pour les tests antifongiques. Le témoin négatif était 50 % d'éthanol, servant à dissoudre la SoEO. Les expériences ont été réalisées en triplicata et répétées deux fois.

Amrati et al.,2009 :

Une émulsion a été préparée en utilisant une solution d'agar à 0,2%, conformément aux méthodes de Remmal et al. (1993) et Satrani et al. (2001). Différentes dilutions ont été préparées dans cette solution, avec des rapports de 1/10, 1/25, 1/50, 1/100, 1/200, 1/300 et 1/500. Ces dilutions ont été ajoutées dans des tubes à essai contenant 13,5 mL de milieu TSA solide pour les bactéries et PDA pour les moisissures, qui ont été stérilisés à l'autoclave puis refroidis à 45°C. Chaque dilution a été ajoutée en quantité appropriée pour obtenir les concentrations finales de 1/100, 1/250, 1/500, 1/1 000, 1/2 000, 1/3 000 et 1/5 000 (v/v). Les tubes ont été soigneusement agités avant d'être versés dans des boîtes de Petri. Des témoins, ne contenant que le milieu et la solution d'agar à 0,2%, ont également été préparés.

L'inoculation a été effectuée par stries à l'aide d'une anse de platine calibrée, en utilisant un inoculum de 24 heures pour les bactéries et une suspension de spores de 7 jours pour les moisissures. L'incubation a été réalisée à 37°C pendant 24 heures pour les bactéries et à 25°C pendant 7 jours pour les moisissures.

3.4.2.2. Méthode de diffusion sur disque :

El Bouzidi et al., 2012 :

Une suspension du micro-organisme en phase logarithmique a été étalée sur Mueller Hinton Agar (MHA) pour les bactéries et Sabouraud Dextrose Agar (SDA) pour les levures. Des disques de papier filtre imprégnés d'huile essentielle ont été placés sur les plaques inoculées. Après un traitement à 4°C pendant 2 heures, les boîtes de Pétri ont été incubées à 37°C pendant 24 heures pour les bactéries et à 25°C pendant 48 heures pour les levures. Les diamètres des zones d'inhibition ont été mesurés, avec la gentamicine et le fluconazole comme contrôles antibactérien et antifongique respectivement.

Krimatet al., 2015 :

Les cultures microbiennes ont été prélevées et en suspension dans une solution saline stérile à 0,99% de NaCl, ajustant la densité cellulaire à 0,5 sur l'échelle de McFarland. Des disques de papier stériles imprégnés d'huile essentielle ont été disposés sur la surface inoculée. Avant l'incubation, les boîtes de Pétri ont été maintenues à +4°C dans l'obscurité pendant 1 heure pour permettre la diffusion de l'huile essentielle dans le milieu sans croissance microbienne. Après incubation (18-24 heures à 37°C), le diamètre des zones d'inhibition autour de chaque disque (en millimètres, diamètre du disque inclus) a été mesuré. La lévofloxacine et la nystatine (à une concentration de 1 mg/mL) ont été utilisées comme standards pour évaluer l'activité antimicrobienne.

El Ouali Lalami et al., 2013 :

La méthode des disques en agar a été employée avec des ajustements mineurs. Des disques en agar de 6 mm de diamètre et 2 mm de largeur ont été utilisés, capables de retenir 1,5 µl d'huile essentielle. L'inoculum de bactéries était de 108 UFC/ml. Le milieu gélose nutritive à 2 % d'agar a été préparé, et les disques d'agar ont été déposés de manière stérile sur le milieu. Après une incubation de 24 heures à 37°C ± 1°C, l'activité antibactérienne a été évaluée en mesurant le diamètre en mm de la zone d'inhibition autour des disques d'agar.

3.4.2.3. Détermination de la concentration minimale inhibitrice CMI :

El Bouzidiet al., 2012 :

La méthode de macro dilution en bouillon a été employée pour déterminer la concentration minimale inhibitrice (CMI), suivant les directives NCCLS M7-A4 pour les bactéries et M38P pour les levures. L'huile à l'étude a été dissoute dans 4 % de diméthylsulfoxyde (DMSO). Les essais ont été menés dans du bouillon Mueller Hinton (MHB) pour les bactéries et du bouillon Sabouraud Dextrose (SDB) pour les levures. Une culture fraîche en phase logarithmique du micro-organisme testé a été utilisée pour préparer une suspension cellulaire ajustée à $1-2 \times 10^3$ cellules/mL pour les souches fongiques et environ 10^6 UFC/mL pour les bactéries. Les tubes à essai ont été incubés à 37°C pendant 24 heures pour les bactéries et à 25°C pendant 48 heures pour les levures. La CMI a été définie comme la plus faible concentration d'huile essentielle à laquelle aucun signe de croissance microbienne n'était visible. La croissance microbienne était indiquée par la turbidité de la culture.

krimat et al., 2015 :

Des quantités appropriées d'huile essentielle ont été ajoutées de manière aseptique à un milieu stérile contenant du Tween 80 (0,5 %, v/v) afin de produire une gamme de concentrations allant de 0,015 à 2 mg d'huile essentielle par mL de milieu. Les solutions de gélose ainsi obtenues ont été immédiatement mélangées et versées dans des boîtes de Pétri. Les plaques ont ensuite été inoculées par points avec 1 μ L de micro-organisme. À la fin de la période d'incubation, les plaques ont été évaluées pour déterminer la présence ou l'absence de croissance.

Khadir et al., 2016 :

Une double dilution en série de l'huile dans du DMSO a été réalisée, donnant différentes concentrations d'huile dans chaque tasse, allant de 31,25 à 2000 μ g/ml. Les tasses ont été incubées conformément à la méthode de diffusion sur gélose. Les diamètres des zones d'inhibition ont été mesurés en fonction du logarithme de la concentration pour établir une courbe d'étalonnage standard, à partir de laquelle le logarithme de la CMI a été extrapolé au diamètre de la tasse (10 mm). La même méthode a été appliquée pour les antibiotiques standards.

Mahdjoubiet al., 2020 :

Des cultures fraîches de bactéries et de levures ont été ajustées avec du milieu pour obtenir une concentration d'inoculum de $1,0 \times 10^5$ UFC par puits. Des contrôles positifs, tels

que l'ampicilline et l'amphotéricine B, ainsi qu'un contrôle négatif de milieux non traités, ont été préparés dans les mêmes conditions expérimentales. Les plaques ont été incubées, sous agitation, pendant 48 heures à des températures d'incubation de 37°C pour les plaques bactériennes et de 33°C pour les plaques de Candida. Les densités optiques ont été mesurées à une longueur d'onde de 600 nm (OD600) à l'aide d'un lecteur de microplaques (Palo Alto, CA, USA).

Ben Khedher et al.,2017 :

L'efficacité antimicrobienne a été évaluée en déterminant la concentration minimale inhibitrice (CMI) et la concentration minimale microbicide (CMM), incluant les concentrations bactéricides minimales (CBM) et fongicides minimales (CFM), à l'aide de la méthode de dilution en milieu liquide. Les dilutions de l'huile essentielle ont été préparées dans des microplaques à 96 puits, couvrant des concentrations allant de 0,039 à 10 mg/mL. Chaque puits a étéensemencé avec les souches indicatrices et les plaques ont été incubées à des températures spécifiques. La CMI a été définie comme la concentration la plus basse d'huile essentielle à laquelle aucun signe de croissance n'était observé. Les CMM ont été déterminées en effectuant des sous-cultures sur des milieux solides et en identifiant la concentration la plus faible sans croissance visible.

Giweli et al., 2013 (S.Fruticosa) :

Les concentrations minimales inhibitrices (CMI) ont été évaluées en utilisant des plaques à microtitration à 96 puits. La concentration bactérienne a été ajustée à $1,0 \times 10^5$ UFC/ml. Les composés étudiés ont été dissous dans un milieu LB pour obtenir une concentration finale de 1 mg/ml. Après incubation pendant 24 heures à 48°C, les CMI ont été déterminées comme les concentrations inhibant complètement la croissance bactérienne.

Giweli et al.,2013 (T.Algeriensis) :

Les concentrations minimales inhibitrices (CMI) ont été évaluées à l'aide de plaques à microtitration à 96 puits. La suspension bactérienne a été ajustée à $1,0 \times 10^5$ CFU/ml. Les microplaques ont été remplies avec 180 ml de milieu de bouillon de soja triptyque dans la première rangée, et les rangées suivantes avec 100 ml. L'huile essentielle ou les composés testés ont été ajoutés par aliquotes de 10 ml dans la première rangée, avec un inoculum bactérien de $1,0 \times 10^4$ CFU par puits. La dilution sérielle a été effectuée pour obtenir des concentrations décroissantes dans chaque rangée suivante. Après incubation à 37°C pendant 24 heures, les CMI ont été déterminées comme les concentrations les plus basses inhibant

complètement la croissance bactérienne, ont été évaluées après une incubation de 72 heures par sous-culture sériée.

- **Analyse et discussion :**

Les chercheurs ont choisi d'utiliser la méthode de diffusion sur disque, largement reconnue pour sa fiabilité et sa capacité à produire des résultats cohérents (Beloucifa, 2014). Cette méthode, souvent employée dans les études d'activité antimicrobienne, permet d'évaluer l'efficacité des agents antimicrobiens en mesurant le diamètre des zones d'inhibition autour des disques imprégnés d'huile essentielle. Cette approche présente l'avantage de permettre une évaluation visuelle rapide de l'activité antimicrobienne, où la diffusion de l'agent dans le milieu gélosé entraîne l'inhibition de la croissance de la souche microbienne examinée. En outre, cette méthode est adaptable à différents types de micro-organismes et permet une comparaison directe avec des agents de référence, comme la gentamicine pour les bactéries et le fluconazole pour les levures.

Ils ont opté pour ce test car l'agent antimicrobien se diffuse dans le milieu gélosé, entraînant l'inhibition de la croissance de la souche microbienne examinée (Martins, 2020).

Cette sélection de méthode est en accord avec les pratiques courantes dans le domaine de la recherche sur l'activité antimicrobienne. En effet, elle offre une approche standardisée et reproductible, ce qui facilite la comparaison des résultats entre différentes études. De plus, l'utilisation de la diffusion sur disque permet une évaluation qualitative de l'efficacité de l'huile essentielle testée contre les micro-organismes cibles, offrant ainsi des informations précieuses pour son utilisation potentielle dans des applications médicales ou industrielles.

Dans l'ensemble, l'adoption de la méthode de diffusion sur disque dans ces études fournit une base solide pour évaluer l'activité antimicrobienne des huiles essentielles testées, contribuant ainsi à l'avancement des connaissances dans ce domaine crucial de la recherche.

Chapitre 4

Les résultats des travaux choisis

Chapitre4 : Les résultats des travaux choisis

Dans cette section, nous exposons les résultats tirées des études examinées concernant la recherche sur le rendement et la composition chimique et l'activité antioxydant et antibactérienne des genres *Thymus* et *Salvia* dans le nord de l'Afrique.

4.1. Rendement et composition chimique de l'huile essentielle :

Zayyadet al. (2014) : Les échantillons de différentes variétés de thym ont été utilisés pour extraire des huiles essentielles, révélant des rendements moyens distincts. Les résultats indiquent que le *T.Zygis* a un rendement moyen de 0,3%, le *T.Algeriensis* de 2,96%, et le *T.Bleicherianus* de 1,8%. Une analyse chromatographique de l'huile essentielle de *T.Algeriensis* a permis d'identifier 26 composés, totalisant environ 99,45% des composés identifiés. Pour le *T.Bleicherianus*, 18 composés (99,3%) ont été identifiés, et pour le *T.Zygis*, 29 composés (98,1%) (tableau 1).

Tableau 4: Composition chimiques des huiles essentielles de *T. zygis*, de *T. algeriensis* et de *T. Bleicherianus* (en % de l'huile essentielle) (Zayyadet al., 2014) .

Plantes	Composant	Rendement (%)
<i>T. algeriensis</i>	Thymol	37,78
	α -terpinène	15,13
	β -cymène	11,72
	Carvacrol	8,1
<i>T. bleicherianus</i>	Thymol	55,9
	α -terpinène	13,19
	β -ocymène	10,43
	Carvacrol	2,71
<i>T. zygis</i>	Thymol	37,5
	γ -terpinène	29,7
	p-cymène	12,1

Ben Khedher et al. (2017) : Selon la figure 3, un ensemble de 49 composés, constituant 97,97 % de l'huile totale, a été déterminé dans l'huile essentielle obtenue à partir des feuilles de *S. Officinalis*.

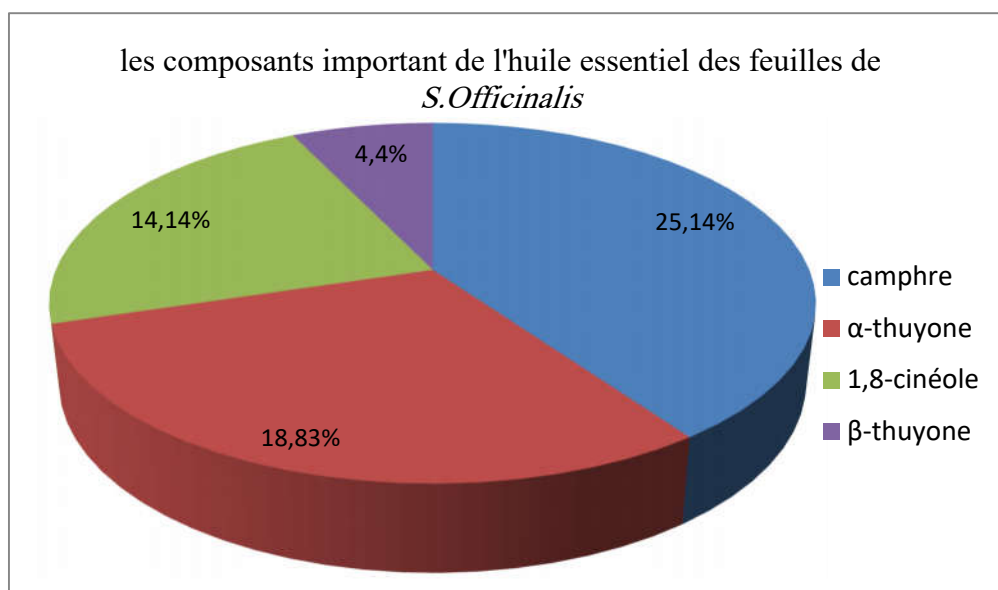


Figure 4 : Résultats de composants important de l'huile essentiel des feuilles de *S. Officinalis*(**Ben Khedher et al.,2017**).

El OualiLalamiet al. (2013):Le rendement en l'huile essentielle des plantes étudiées, *Thymus vulgaris* et *Thymus satureioidis*, est respectivement de 0,5% et 1,1%. Ces rendements moyens en huiles essentielles ont été calculés sur la base de la matière sèche. Les résultats de l'analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-SM) révèlent que les principaux composants de *Thymus vulgaris* et *Thymus satureioidis* sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5:Coposants majeures de l'huile essentielle de *T.vulgaris*et*T.satureioides*(**El OualiLalamiet al.,2013**).

Plantes	Composant	Rendement (%)
<i>T. vulgaris</i>	γ -terpinène	22,25
	thymol	41,39
<i>T. satureioides</i>	p-cymène	27,59
	thymol	14,09

Ninaetal.(2016) : Les huiles essentielles extraites des parties aériennes sèches de *T.Ciliatus*, récoltées à différentes étapes de croissance, présentaient des taux variant de 0,54% à 1,2% (p/p). Les analyses des huiles essentielles de *T. ciliatus*, effectuées aux stades végétatif, de floraison et post-floraison par CG/SM, ont révélé la présence de 50, 54 et 55 composants respectivement, représentant 98,62%, 99,5% et 99,28% de l'ensemble de l'huile aux différentes phases de développement (tableau 6.).

Tableau 6: Les composants importants de l'huile essentielle de *T.ciliatus* (Nina *et al.*, 2016).

Période	Composant	Rendement (%)
Stadesvégétatif	thymol	33,39
	carvacrol	24,16
	γ -terpinène	08,89
	p-cimène	8,25
	α -terpinolène	7,36
Phase de floraison	Thymol	29,52
	carvacrol	30,85
	p-cimène	8,45
	α -terpinolène	7,71
	γ -terpinène	05,58
Après la phase de floraison	thymol	21,02
	carvacrol	31,37
	γ -terpinène	10,95
	p-cimène	8,71
	α -terpinolène	6,11

Giwelietal.(2013) (*S.Officinalis*) : La figure 4 montre quel'huile essentielle de *S. Fruticosa* contient quarante-cinq composés identifiés, représentant 99,76 % du total de l'huile, avec un rendement en huile essentielle de 1,56 % (p/v).

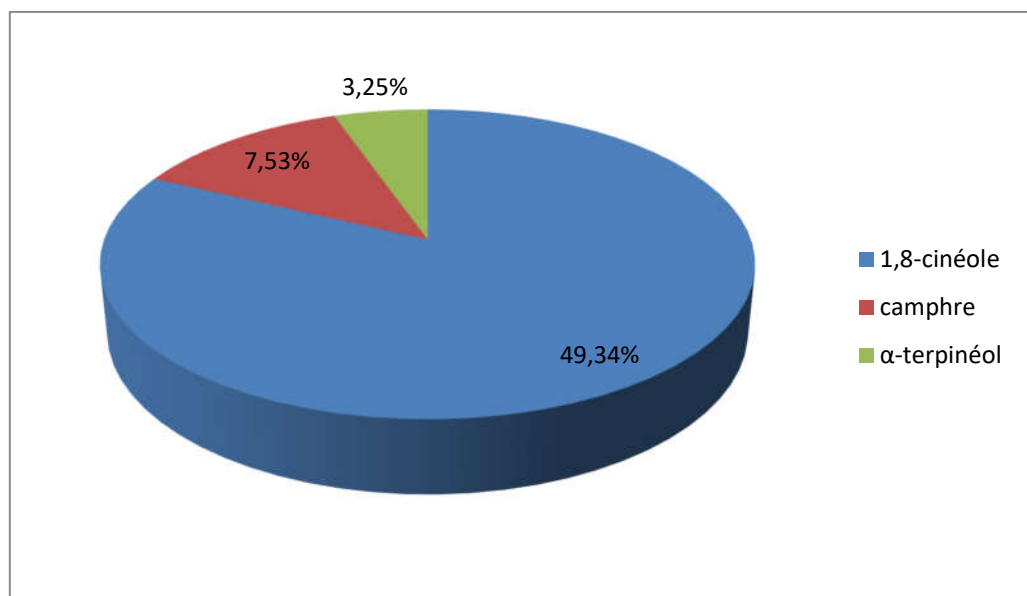


Figure 5: Comosants majeures de l'huile essentiels de *S. Officinalis* (Giweliet *al.*,2013).

Amratiet al. (2009) : Les taux moyens de rendement en huiles essentielles ont été évalués en relation avec la quantité de matière végétale sèche de la partie aérienne de la

plante. Les échantillons de *T. Ciliatus* ont présenté un taux d'environ $1,2 \% \pm 0,05$, supérieur à celui observé chez *T. Algeriensis*, qui est de $0,3 \% \pm 0,07$. De plus, les analyses chromatographiques des huiles essentielles ont révélé l'identification de 15 composés, représentant environ 97,41 % pour *T. Ciliatus*, tandis que pour *T. Algeriensis*, 48 composés (98,87 %) ont été identifiés (tableau 7).

Tableau 7: Les composants importants de l'huile essentielle de *T. ciliatus* et *T. algeriensis* (Amratiet al.,2009).

Plantes	Composant	Rendement (%)
<i>T. ciliatus</i>	thymol	44,2
	β -E-ocimène	25,8
	α -terpinène	12,3
<i>T. algeriensis</i>	camphre	27,7
	l' α -pinène	20,5

El Ouariachiet al. (2014) : L'analyse des huiles essentielles de *T. Broussonettii* et *T. Algeriensis* a été réalisée en utilisant la chromatographie en phase gazeuse (GC) et la spectrométrie de masse couplée à la chromatographie en phase gazeuse (GC-MS). La composition chimique de l'huile essentielle de *T. Algeriensis*, telle qu'elle est présentée dans le tableau 8, comprenait 41 constituants, qui représentaient 94,8 % de l'huile totale et la composition chimique de l'huile de *T. Broussonetti* était caractérisée par trente-sept composants, représentant 96,5% de l'huile totale.

Tableau 8: Les composants importants de l'huile essentielle de *T. broussonettii* et *T. algeriensis* (El Ouariachiet al., 2014).

Plantes	Composant	Rendement (%)
<i>T. broussonetti</i>	p-cymène	27,6
	carvacrol	20,9
	thymol	15,7
<i>T. algeriensis</i>	bornéol 26	18,3
	camphène 4	11,8
	camphre 23	10
	myrcène 10	8,6

Giwelietal.(2013) (*T. algeriensis*) : D'après l'analyse GC-MS de *T. Algeriensis*, nous avons identifié 45 composés, lesquels représentent 99,67% de l'huile totale. Les résultats de cette analyse ainsi que le rendement en huile sont présentés dans la figure 5. La composition

de l'huile essentielle de *T.algeriensis* se caractérise par une prédominance de monoterpènes, lesquels constituent 80,80% de l'huile totale.

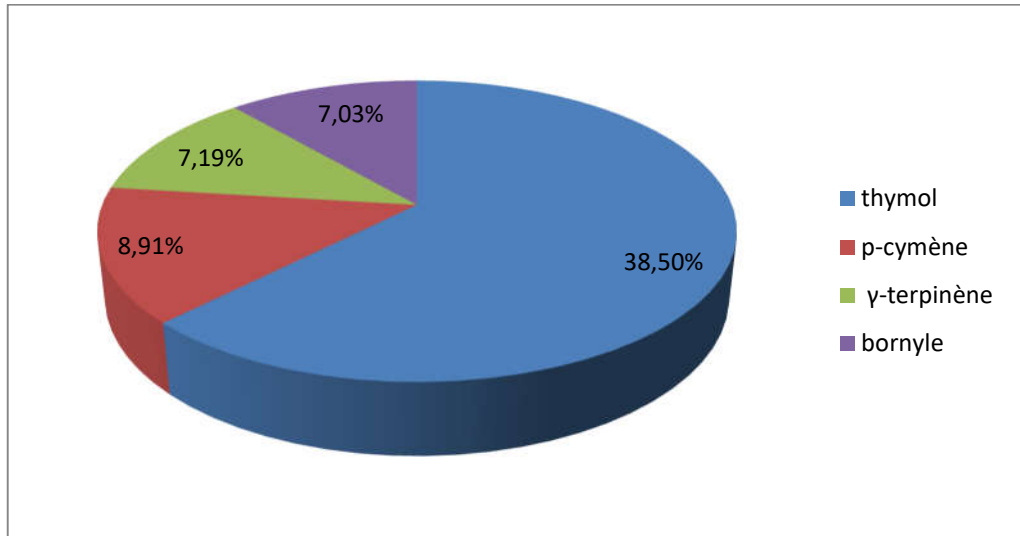


Figure 6:Les composants importants des huiles essentielles de *T.Algeriensis*(Giweli et al., 2013)

Lakhalet al.(2013) :L'hydrodistillation de *S.Officinalis* récoltée à batna a donné 2,1 % (p/p) d'une huile jaunâtre a bonne odeur . 35 composés ont été identifiés par GC et GC/MS, présentés dans la figure 6.

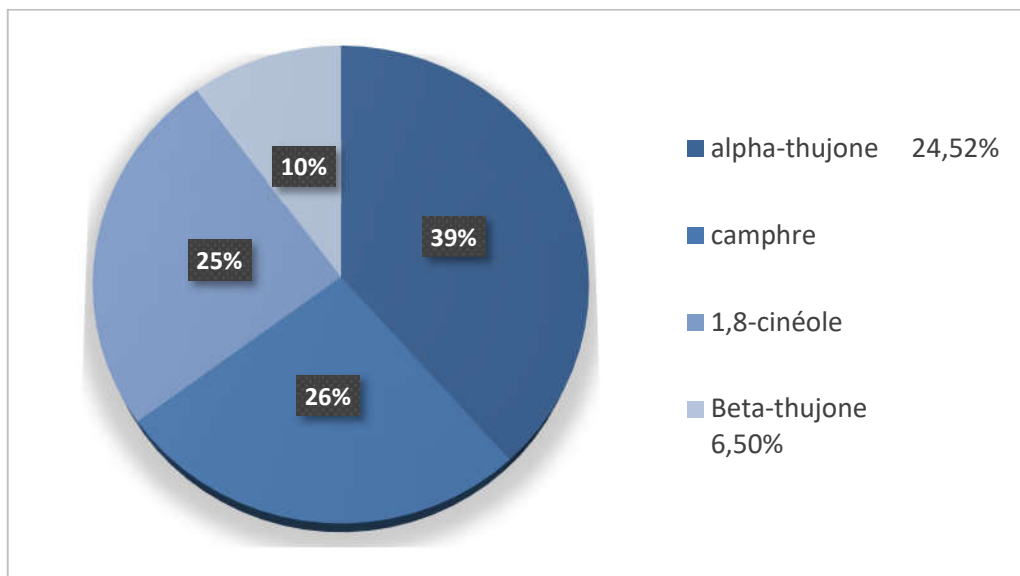


Figure 7:Principaux composants de l'huile essentielle de *S. officinalis* (Lakhalet al.,2013).

Krimatetal.(2015) :Le rendement en huile essentielle de *S.Chudaei*, obtenu par hydrodistillation, était de 0,55% (p/p) des parties aériennes séchées de la plante. L'analyse par

chromatographie en phase gazeuse (GC) et chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) a permis d'identifier cinquante composants, représentant 90,8% de l'huile totale.

Tableau 9: Rendement des principaux composants de l'huile essentielle des *S.Chudaei* (krimat et al., 2015).

Composant	Rendement
Aacétate de bornyle	20,5 %
B-eudesmol	13,69 %
B-caryophyllène	10,6 %
valencène	9,3 %
T-cadinol	9,3 %
a-pinène	6,9 %
y-cadinène	5,8 %

Khadiret al. (2016) : L'huile essentielle de *T.Lanceolatus* est incolore, avec une odeur agréable caractéristique. Son rendement après 3 heures d'hydrodistillation est de 0,9 % v/p. Quarante-neuf composés ont été identifiés par GLC-MS, représentant 96,75 % de la composition totale.

Hazzitabet al.(2009) : Les rendements des échantillons des trois espèces de *Thymus* variaient de 0,4 à 6,2 % (v/p), avec une production particulièrement élevée pour *T.Pallescens* de Oued Rhiau (6,2 %), tandis que *T.Algeriensis* présentait des rendements plus faibles. Les analyses chromatographiques ont révélé l'identification de 114 composants dans les échantillons, représentant de 91,2 à 98,9 % des huiles. Parmi ceux-ci, 96 composants ont été quantifiés, tandis que les autres étaient présents uniquement en traces (<0,1%). L'huile de *T.Dreatensis* était dominée par les monoterpènes oxygénés qui représentaient 76,3 % de l'huile essentielle (Tableau 10).

Tableau 10: Rendement des principaux composants de l'huile essentielle de *T.Lanceolatus* et *T.Pallescens*, *T.Algeriensis* et *T.Dreatensis* (Hazzit ab et al., 2009).

	Composant	Rendement
<i>T. Lanceolatus</i>	thymol	69,61%
	y-terpinène	8,38%
	p-cymène	5,07%
	carvacrol	3,57%
<i>T.Pallescens</i>	Y-terpinène	10,8-14,2%

	p-cymène	10,3-17,3%
	Carvacrol	44,4-57,7%
<i>T. Algeriensis</i>	thymol	29,5%
	Acétateterpinyle	18%
	Nérolidol	12,6%
	Alpha-pinène	11,1%
	Bornéol	9%
	linalol	30,4%
	thymol	20,2%
	Gèraniol	19,2%

El Bouzidiet al. (2012) : Le rendement en huile est le principal indicateur de différenciation entre les huiles végétales sauvages et cultivées. Notre étude révèle que la méthode de culture a peu d'impact sur la production d'huile essentielle. Les rendements obtenus par hydrodistillation de différentes espèces varient légèrement entre les plantes sauvages et cultivées, présenté dans le tableau 11.

Tableau 11: Rendement des principaux composants de l'huile essentielle de *T. Broussonetii*, *T. Maroccanus*, *T. Satureioides* (El Bouzidi et al., 2012).

Composant	<i>T. Broussonetii</i>		<i>T. Maroccanus</i>		<i>T. Satureioides</i>	
	Cultivé	Sauvage	Cultivé	Sauvage	cultivé	Sauvage
carvacrol	60,8%	43,4%	71,6%	70,1%	26%	26,5%
thymol		12,3%				
γ-Terpinène		8,9%	5,1%	5,9%	7,4%	5,6%
Bornéol		8,5%			15,8%	20,1%
p-cymène	7,2%	5,2%	7,1%	6,9%	10,3%	5,4%
Alpha – pinène	6,5%	5%				
Camphène					8,1%	8%

Benelhadjaliet al. (2015) : Les rendements en huile des racines, des tiges et des feuilles, ainsi que leurs variations entre les échantillons, Des huiles de différentes couleurs et fortement odorantes ont été extraites des diverses parties de la plante, telles que jaune pour les racines, vert pour les tiges et vert foncé pour les feuilles. En moyenne, les rendements en huile des feuilles étaient significativement plus élevés (de 1,52 % à 2,02 %) que ceux des autres parties de la plante (de 0,001 % à 0,082 % pour les racines et de 0,032 % à 0,12 % pour les

tiges). Le rendement le plus élevé (2,02 %) a été observé pour les feuilles récoltées (Tableau 12).

Tableau 12: Rendement des principaux composants de l'huile essentielle de *T. Algériensis*(Benelhadjali et al., 2015).

Composant	Rendement
l'oxyde de caryophyllène	18,5 - 25,3 %
le veridiflorol	tr - 39,7 %
alpha-pinene	2,7 - 15,2 %
1,8- cinéole	1,2 - 12,8 %
p-eugénol	tr-15,8 %
géraniol	tr-7,1 %

Amartiet al. (2011) :Les rendements en huile essentielle de *T. zygis* varient selon les phases de croissance, atteignant un maximum de 0,9-1,4 % pendant la floraison et un minimum de 0,15 % pendant la dormance. Trois analyses chromatographiques ont été réalisées pour confirmer la fiabilité des résultats, identifiant au total 39 composés dans l'huile essentielleles résultats présentés dans le tableau 13.

Tableau 13: Rendement des principaux composants de l'huile essentielle de *T. Zygis* (Amartiet al., 2011)

Composant	Rendement
thymol	33,02 %
o-cymène 32,02 %	32,02 %
β-E-ocimène	11,90 %

Mahdjoubiet al. (2020) : Le rendement en huile essentielle des parties aériennes de *S. officinalis* était de 0,84 % (v/p en poids sec), avec une densité de l'huile concentrée de 0,93 g/mL (Figure7). L'huile, de couleur jaune clair, était soluble dans le méthanol et dégageait une forte odeur caractéristique de sauge. Les analyses par GC-SM ont révélé la présence de 39composés majeurs et mineurs, représentant ensemble 96,41 % de la composition totale de l'huile.

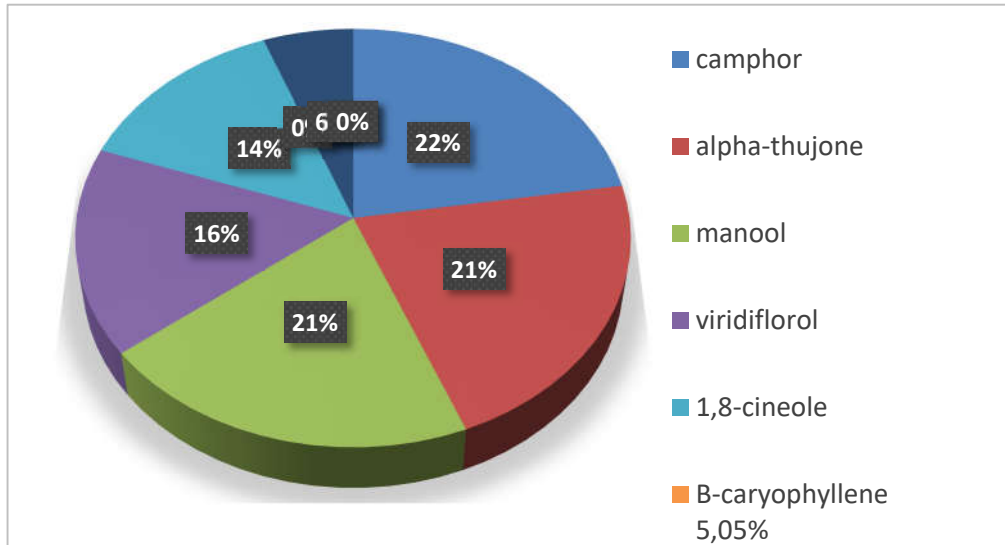


Figure 8:Principaux composants de l'huile essentielle de *S. officinalis* (Mahdjoubiet *al.*, 2020).

- **Analyse et Discussion :**

Principaux Constituants des Huiles Essentielles :

De nombreuses recherches sur les variétés de thym d'Afrique du Nord ont montré que les principaux constituants des huiles essentielles varient selon la région. Dans les échantillons algériens, le thymol est prédominant (Kabouche, 2005)(Ghannadi, 2004). Les huiles marocaines contiennent également principalement du thymol (Richard, 1985), tandis que les échantillons tunisiens sont riches en carvacrol (Hedhili, 2002)(Zambonelli, 2004).

Variations dans les Rendements :

Les variations observées dans les rendements des huiles essentielles peuvent être attribuées à plusieurs facteurs, notamment les conditions climatiques et du sol, ainsi que le stade de croissance de la plante (Moldão-Martins, 2002).

4.2. Activité Antioxydant :

Les résultats de l'activité antioxydant ont été évalués à l'aide de plusieurs tests et méthodes, notamment le test DPPH et le test de blanchiment du β -carotène.

Dans l'étude menée par Lakhali et al., 2013, la méthode du blanchiment du β -carotène a été utilisée, montrant une augmentation de l'activité en fonction de la dose. L'huile essentielle a démontré une activité antioxydant significative, avec une inhibition maximale mesurée à 55,46 % à une concentration de 4 mg/ml (figure 8).

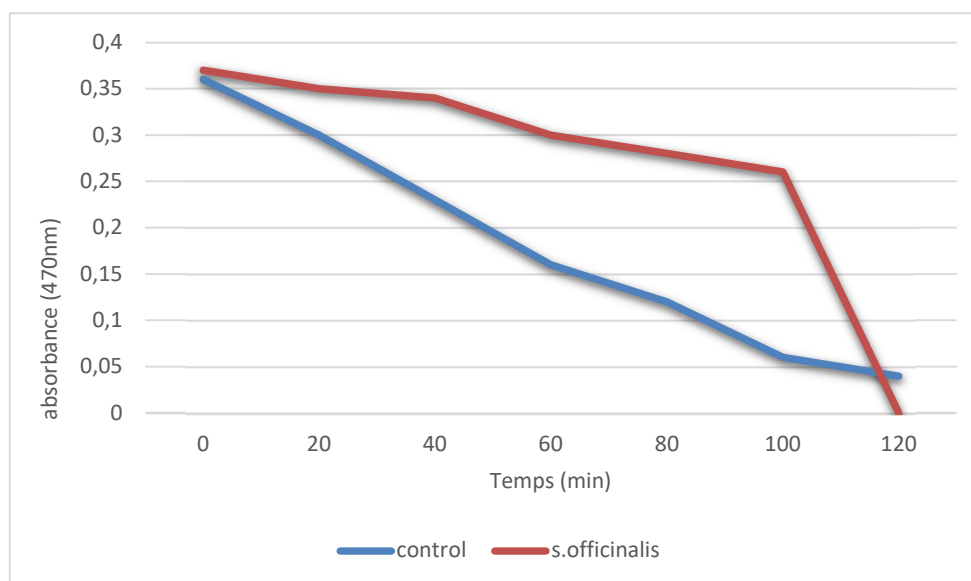


Figure 9: Inhibition de la peroxydation lipidique de l'huile essentielle de *S. officinalis* et de la vitamine E (Lakhalet *al.*, 2013).

L'étude de Benelhadjali et al., 2015, examine l'activité antioxydant des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* provenant de différentes localités. Les résultats (tableau 14) montrent que l'activité antioxydant augmente régulièrement avec la concentration des huiles essentielles. L'huile essentielle de la localité de Dj. Jdidi se distingue comme la plus puissante, présentant une inhibition significative du radical libre DPPH. Cette efficacité est également indiquée par une faible concentration d'antioxydant nécessaire pour réduire significativement le DPPH, avec une valeur IC50 de 4,31 mg/ml.

Tableau 14: Capacité antioxydante totale déterminée par DPPH TEST des huiles essentielles des échantillons de *T. Algeriensis* (Benelhadjaliet *al.*, 2015).

Huileessentielle	DPPH IC50 (mg/ml)
HE 1	6.54 ± 1.2b
HE2	4.31 ± 0.7a
HE3	9.23 ± 1.8c

Code des huiles essentielles : (HE1) Korbous ; (HE2)JdidiJebelMountain ; (HE3) HammemSousse

Ben Khedheret al. (2017) : Les valeurs de CI50 (la concentration réduisant de 50 % le DPPH) obtenues pour l'activité de piégeage du radical DPPH sont présentées dans le Tableau. Selon les résultats enregistrés, l'HE de sauge a montré une bonne capacité antioxydante avec un IC50 de 6,7 mg/mL mais relativement inférieur à l'antioxydant synthétique BHT utilisé comme témoin positif (IC50 = 3,2 µg/mL) (tableau 15).

Tableau 15: Activité antioxydante de l'huile essentielle de *S.Officinalis* déterminée par les systèmes de tests DPPH (Ben Khedheret *al.*, 2017).

Test antioxydant	SoEOa (IC50 mg/mL)b	Standard (IC50 µg/mL)
		BHTc
DPPH	6.7 ± 0.1f	3.2 ± 0.2
Inhibition de l'acidelinoléique	9.6 ± 0.2	-

Ninaetal.(2016) : Une valeur de CI50 plus basse reflète une meilleure action protectrice. L'effet de piégeage des radicaux libres des échantillons a augmenté de manière dose-dépendante. L'activité la plus faible de piégeage des radicaux libres a été observée pour l'huile essentielle obtenue après la floraison et déterminée à 91,735 %, suivie par les stades de floraison et végétatif, avec une moyenne de 88,21 % et 73,92 % respectivement à la concentration de 1000 µg/ml. L'huile essentielle après la floraison présente la plus forte activité antioxydante avec un taux de CI50 de 438 ± 9,07 µg/ml, l'huile essentielle de floraison présente également une activité antioxydante importante avec un CI50 d'environ 580 ± 1,15 µg/ml, suivie par l'huile essentielle en phase végétative avec un CI50 égal à 590 ± 8,62 µg/ml (tableau16).

Tableau 16: Capacité de piégeage des radicaux DPPH (%) des huiles essentielles de *T. Ciliatus*(Nina *et al.*, 2016).

Concentration (µg/ml)	Capacité de piégeage des radicaux DPPH (%)		
	Végétatif	Floraison	Après-floraison
100	8,65±0,29	10,123±3,81	28,747±3,284
200	9,65±0,168	13,405±0,544	31,198±2,272
400	40,45±0,821	23,17±0,695	47,449±1,648
600	50,523±0,446	51,245±1,347	61,056±6,521
800	58,71±5,363	73,7±2,803	80,742±0,138
1000	73,922±0,615	88,21±0,298	91,735±1,045

El Ouariachiet al. (2014): Les résultats des activités antioxydantes des huiles examinées ont été répertoriés dans le tableau 17, montrant une valeur de CI50 de 90 µg/mL pour l'huile de *T.Broussonetii* par rapport à 1800 µg/mL pour celle de *T.Algeriensis*. Ainsi, l'effet antioxydant de l'huile de *T.Broussonetii* était 20 fois plus important que celui de l'huile de *T.Algeriensis*.

Tableau 17: Capacité de piégeage des radicaux DPPH (%) des huiles essentielles de *T. Broussonetii*, *T. Algeriensis* (El Ouariachiet *al.*, 2014).

Plante	Concentration (µg/ml)	Capacité de piégeage des radicaux DPPH (%)	IC50 (mg/mL)
L'huile de <i>T.Broussonetii</i>	22,5	25±1,5	90
	45	35±2,3	
	90	50±1,3	
	180	63±2,6	
	360	82±4,5	
L'huile de <i>T.Algeriensis</i>	250	20±0,5	1800
	500	25±3	
	1000	33±1,5	
	1500	45±1,7	
	2000	58±2,2	
Acideascorbique	0,2	21±0,7	0,97
	0,35	26±0,4	
	0,5	34±2,5	
	1,0	54±3,5	
	2,0	82±4,1	

Giwelietal.(2013) (*T.Algeriensis*): Les résultats du test de piégeage du DPPH pour *T.Algeriensis* (figure 9), ses principaux composants et le BHA sont illustrés dans la Figure. Nos résultats indiquent que l'huile essentielle de *T.Algeriensis* présente une activité antioxydante significative avec un IC50 de 0,299 mg/ml. De plus, l'activité antioxydante de l'huile est inférieure à celle du BHA.

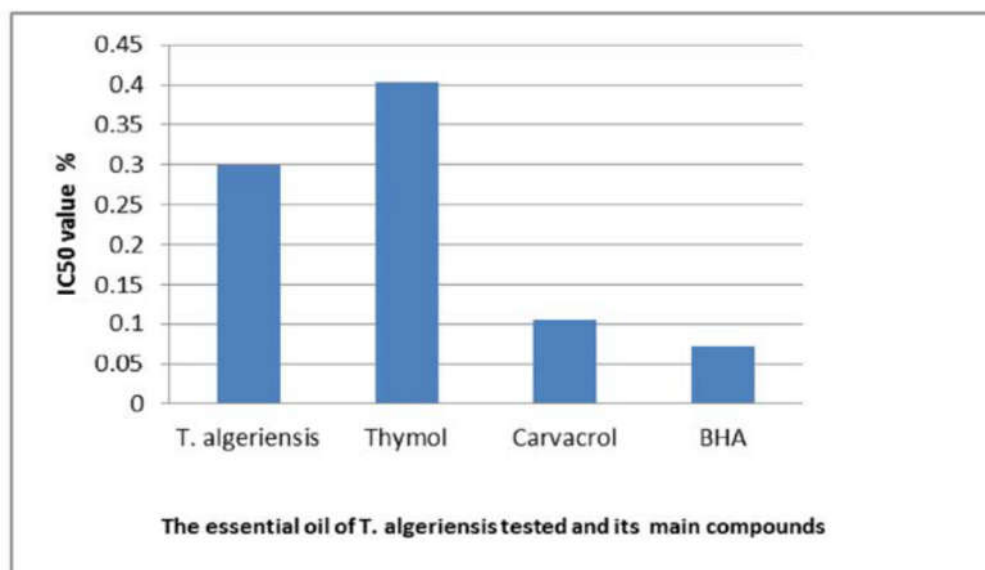


Figure 10 : Comparaison des valeurs de CI50 (mg/ml) de l'huile essentielle de *T. Algeriensis*, du thymol, du carvacrol et du BHA dans le test du DPPH (Giweliet *al.*, 2013).

Giwelietal.(2013)(*S.Fruticosa*): L'activité antioxydante de l'huile essentielle de *S. fruticosa* est très faible (IC50 = 15,53 mg/ml) par rapport au BHA.

(Aucun document ou tableau n'a été inclus pour spécifier les résultats).

Mahdjoubiet al. (2020) : Les résultats (tableau 18) montrent que l'huile essentielle présente une activité raisonnable dans la neutralisation et la décoloration du radical DPPH, avec une CI50 de 0,222 mg/mL, comparée à l'acide ascorbique standard, qui présente une CI50 de 0,075 mg/mL.

Tableau 18: Activité antioxydante des huiles essentielles de *S.Officinalis* et contrôle positif (acide ascorbique) à l'aide du test DPPH (Mahdjoubiet *al.*, 2020).

Echantillons	IC50 (mg/ mL)
Huileessentielle	0.222±0.013
Acidasorbic	0.075±0.010

El Bouzidietal. (2012) : L'étude a comparé l'activité antioxydante des huiles essentielles de thym sauvage et cultivé en utilisant le test du balayage radical libre de DPPH. Les résultats ont montré que la domestication n'avait pas beaucoup affecté cette propriété, car les valeurs mesurées ne différaient pas significativement entre le thym sauvage et le thym cultivé. Pour les huiles de thymus sauvages et cultivées, l'activité antioxydante décroissait dans l'ordre suivant : *T.Maroccanus*, *T.Broussonetii* et *T.Satureioides*. Cependant, les valeurs de CI50

pour le thymus maroccanus, qu'il soit sauvage ou cultivé, étaient inférieures à celles des composés de référence, tels que le BHT synthétique et le flavonolquercétine (tableau 19).

Tableau 19: CI50 ou CE50 valeurs ($\mu\text{g/mL}$) d'huiles essentielles de thymus, de BHT et de quercétine cultivées et sauvages différentes (El Bouzidiet *al.*, 2012).

	HUILE ESSENTIELLE						Antioxydants synthétiques	
	<i>T.Broussonetii</i>		<i>T.Maroccanus</i>		<i>T.Satureioides</i>		Quercetin	BHT
	C	S	C	S	C	S		
DPPH (IC50 $\mu\text{g/mL}$)	145.83 ± 3.47	132.23 ± 3.09	88.42 ± 3.88	82.87 ± 2.41	170.62 ± 3.32	167.00 ± 2.47	1.07 ± 0.01	4.21 ± 0.08
Réduction de la puissance(EC50 $\mu\text{g/mL}$)	169.355 ± 2.04	167.87 ± 1.46	149.41 ± 1.13	139.31 ± 1.08	177.13 ± 2.10	176.89 ± 1.02	2.29 ± 0.10	7.09 ± 0.10

C:Cultivé,S:Sauvage, Les valeurs représentent les écarts-types pour 3 répétitions.

Dans leur étude, Hazzit et al.,(2009) ont employé diverses méthodes pour évaluer l'activité antioxydante des composés ou mélanges complexes tels que les huiles essentielles ou les extraits de plantes. Cependant, aucune méthode unique ne peut identifier tous les mécanismes caractérisant un antioxydant. Par conséquent, les huiles ont été examinées pour leur potentiel antioxydant en utilisant quatre essais in vitro complémentaires : potentiel réducteur, inhibition des radicaux libres DPPH, ainsi que des radicaux oxygénés tels que les peroxydes lipidiques et les radicaux hydroxyles (tableau 20).

- Les huiles essentielles ont été évaluées pour leur capacité à piéger les radicaux hydroxyles, un indicateur de leur activité antioxydante. Toutes les huiles ont montré une forte inhibition de la dégradation du désoxyribose, dépassant même celle du mannitol. Les échantillons TP1 et AlG2 ont présenté les valeurs IC50 les plus élevées et similaires, suivis par AlG3 et TDR. Les huiles de T. pallescens ont généralement montré des valeurs de CI50 comprises entre 4,8 et 8,6 $\mu\text{g/ml-1}$
- La peroxydation lipidique est évaluée par la mesure du pigment rose, absorbant à 532 nm, formé par la réaction de l'acide 2-thiobarbiturique avec les produits d'oxydation, comprenant non seulement le malondialdéhyde mais également d'autres aldéhydes.

Tableau 20: Valeurs IC50 ($\mu\text{g/ml-1}$) des huiles essentielles de thymus et des contrôles positifs dans les lipides peroxydation et élimination des radicaux hydroxyles (**Hazzitet al., 2009**).

Echantillons	Abréviations	Hydroxyle	Peroxydationlipidique
<i>T. pallescens</i> Sidi Aissa	TP1	2.3 \pm 0.1a	416.3 \pm 6.5d
<i>T. pallescens</i> Boussaada	TP2	8.6 \pm 0.3f	192.5 \pm 9.1b
<i>T. pallescens</i> OuedRhiou	TP3	4.8 \pm 0.3c	314.3 \pm 6.8c
<i>T. pallescens</i> Kadiria	TP4	7.3 \pm 0.2e	467.4 \pm 3.8d
<i>T. pallescens</i> El-Asnam	TP5	6.4 \pm 0.1d	614.2 \pm 3.3e
<i>T. algeriensis</i> Chr�ea (800m)	ALG1	8.5 \pm 0.1f	106.7 \pm 8.4a
<i>T. algeriensis</i> Chr�ea (1500 m)	ALG2	2.2 \pm 0.03a	NA
<i>T. algeriensis</i> El-Asnam	ALG3	3.3 \pm 0.08b	911.6 \pm 7.4f
<i>T. dr�eatensis</i>	TDR	3.3 \pm 0.1b	277.3 \pm 13.6b
Mannitol		26.4 \pm 0.4g	NT
BHT		NT	173.4 \pm 4.2b

* na : non actif. ** nt : non testé

- Les huiles essentielles ont généralement une capacité de récupération positive, similaire à celle des antioxydants synthétiques BHA et BHT. Cependant, l'activité antioxydante est plus forte pour *T. pallescens* collecté à Sidi Aissa (TP1), comparable à celle des antioxydants synthétiques, tandis que les autres échantillons contenant principalement du thymol ou du carvacrol montrent une activité modérée. Les nouveaux chimiotypes de *T. algeriensis* (ALG1 et ALG2) présentent une activité légèrement inférieure (tableau 21).

Tableau 21: Capacité de récupération des huiles essentielles de thymus, du BHA et du BHT sur les radicaux DPPH (%) (**Hazzitet al., 2009**).

Echantillons	Capacit� de r�cup�ration (% , moyenne \pm SD), concentrations (mg ml- 1)					
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
TP1	19.0 \pm 0.2c	34.9 \pm 1.0c	62.4 \pm 1.7c	77.0 \pm 0.1b	93.2 \pm 0.0a	93.4 \pm 0.0a
TP2	13.1 \pm	24.7 \pm 0.4d	39.5 \pm	49.5 \pm	54.8 \pm	59.9 \pm

	0.3d		0.6e	0.4d	0.4e	0.4f
TP3	12.3 ± 0.2d	26.5 ± 0.4d	41.3 ± 0.3de	51.6 ± 0.1d	58.0 ± 0.7d	62.0 ± 0.1e
TP4	12.2 ± 0.2d	25.9 ± 0.2d	42.3 ± 0.6d	58.7 ± 0.6c	69.7 ± 0.6c	75.1 ± 0.2c
TP5	10.1 ± 0.4e	22.3 ± 0.1e	34.7 ± 0.2f	46.0 ± 0.0e	52.1 ± 0.1f	63.3 ± 0.1d
ALG1	8.3 ± 0.4f	19.6 ± 0.7f	32.4 ± 0.4g	41.8 ± 0.3f	47.6 ± 0.3h	53.4 ± 0.2h
ALG2	3.1 ± 0.2g	3.4 ± 0.2g	3.8 ± 0.1h	4.2 ± 0.2g	5.3 ± 0.5j	6.3 ± 0.3j
ALG3	1.6 ± 0.0h	2.6 ± 0.1g	3.8 ± 0.1h	4.6 ± 0.1g	6.9 ± 0.1i	7.8 ± 0.2i
TDR	10.7 ± 0.1e	18.5 ± 0.1f	32.2 ± 0.2g	42.0 ± 1.2f	50.4 ± 0.7g	58.2 ± 1.0g
BHA	91.7 ± 0.4a	91.4 ± 0.3a	92.1 ± 0.7a	93.1 ± 0.1a	93.3 ± 0.0a	93.3 ± 0.0a
BHT	88.5 ± 0.6b	87.5 ± 0.2b	88.2 ± 0.7b	90.5 ± 2.9a	91.8 ± 0.1b	91.3 ± 0.1b

- La capacité réductrice des huiles a été étudiée en observant la transformation de Fe+3 en Fe+2 en leur présence. Cette capacité réductrice augmente avec la concentration pour les huiles de *T. pallescens* ainsi que pour les composés de référence BHT et acide ascorbique, avec une augmentation rapide pour l'acide ascorbique. Cependant, les huiles essentielles de *T. algeriensis* à faible teneur en thymol ou en carvacrol ont montré des propriétés réductrices nettement inférieures à celles des huiles riches en ces deux phénols.

khadiret al.(2016) : L'activité antioxydante in vitro de l'huile essentielle de *T.Lanceolata* été évaluée à l'aide du test DPPH. L'huile a démontré une activité antioxydante très puissante dans ce test, avec une valeur de CI50 de 0,2 µg/mL. Ces résultats sont comparables à ceux rapportés pour d'autres espèces de thymus, qui ont également montré des valeurs de CI50 de 0,1 µg/mL pour le test DPPH.

Analyse et discussion :

Il est complexe d'identifier un ou quelques composés actifs de l'huile essentielle totale pour attribuer son activité antioxydante, car à la fois les constituants minoritaires et majoritaires peuvent jouer un rôle significatif dans cette activité (wanget *al.*,2008).

4.3. L'activité antibactérienne :

Zayyad et al. (2014) : Les trois huiles essentielles ont présenté une action inhibitrice sur tous les microorganismes testés (tableau 22), avec une efficacité plus marquée pour les huiles de *T. bleicherianus* et *T. algeriensis* par rapport à celle de *T. zygis*. Contrairement à la tendance habituelle où les bactéries Gram positives sont plus sensibles, *Erwiniachrysanthemi* (Gram-) s'est avérée la plus réceptive, tandis que *Streptococcus pneumoniae* (Gram+) était la plus résistante. L'efficacité de l'huile de *T. zygis* était inférieure, bien qu'elle ait montré une bonne activité contre *Erwiniachrysanthemi*. Les souches les plus sensibles à l'huile de *T. algeriensis* étaient *Bacillus subtilis* et *Erwiniachrysanthemi*. Bien que *Staphylococcus aureus* ait été sensible aux deux huiles, l'huile de *T. algeriensis* a montré une activité plus prononcée contre *E. coli*. En général, *Streptococcus pneumoniae* a été moins sensible aux huiles que les autres souches.

Tableau 22: Activité antibactérienne de l'huile essentielle de *T. algeriensis*, *T. zygis* et *T. bleicherianus* (Zayyad et al., 2014).

	CMI v/v																						
	1/100			1/250			1/500			1/1000			1/2000			1/3000			1/5000			T	
Bactérie	TZ	TA	TB	TZ	TA	TB	TZ	TA	TB	TZ	TA	TB	TZ	TA	TB	TZ	TA	TB	TZ	TA	TB	TN	TP
TG1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Bac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
Strept	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-
Staph	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-
Erwinia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-

(-) inhibition ; (+) croissance ; **TG1** : *Echerchia coli* ; **Staph**: *Staphylococcus aureus* ; **Bac** : *Bacillus subtilis*; **Erwinia**: *Erwiniachrysanthemi*, **Strep**: *streptococcus pneumoniae*; **Tz**: *T. zygis*; **Ta** : *T. algeriensis*; **Tb** : *T. bleicherianus*; **TN** : témoin négatif ; **TP** : témoin positif (AMP:ampiciline) ; **CMI** : concentration minimale inhibitrice, **T** : témoin

Ben Khedher et al. (2017) : La capacité de l'huile essentielle de SoEO à entraver la croissance des bactéries et des champignons a été synthétisée (consultez Tableau 1 et 2). Les bactéries à Gram positif et à Gram négatif ont été affectées par l'huile essentielle de SoEO. Selon les valeurs de CMI indiquées dans le Tableau 1, l'huile essentielle de SoEO a démontré une activité prometteuse contre les agents pathogènes à Gram positif (*S.Aureus* et *M.Luteus*), ainsi qu'une efficacité notable contre *B.Cereus* et *B.Subtilis*, avec des valeurs de CMI respectives de 0,625 et 0,312 mg/mL. En ce qui concerne les bactéries à Gram négatif,

l'échantillon a manifesté une activité légère contre *E.Coli*, *S.Enteretidis* et *A. tumefaciens*, avec les valeurs les plus basses de CMI enregistrées à 2,5 mg/mL (tableau 23).

Quant à l'activité antifongique de l'huile essentielle de SoEO, elle a présenté des variations significatives selon les souches testées, comme indiqué dans le Tableau. Les zones d'inhibition observées variaient entre 09 et 15 mm, avec des valeurs de CMI allant de 0,156 à 5 mg/mL. *Fusariumoxysporum* s'est révélé être le plus sensible (CMI = 0,156 mg/mL), tandis que l'huile essentielle de SoEO a également démontré une efficacité notable contre *Botrytis cinerea* et *Alternariaalternata* (CMI = 0,625 mg/mL pour les deux) (tableau 24).

Tableau 23: Activité antibactérienne de l'huile essentielle de SoEO contre les bactéries et détermination de la CMI (Ben Khedheret *al.*, 2017).

Souche	Paramètre de zone d'inhibition (mm)		CMI (mg/mL)
	HEb	Gentamycine	
<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	14 ± 0.7d	20 ± 0.2	0.312 ± 0.7
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 14579	12 ± 0	20 ± 0.2	0.625 ± 0.4
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	14 ± 1.41	15 ± 0.6	0.625 ± 0.2
<i>Micrococcus luteus</i> ATCC 1880	25 ± 1.41	24 ± 0.7	0.625 ± 0.2
<i>Salmonella enteritidis</i>	12 ± 0.7	18 ± 0.8	05 ± 0.2
<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	12 ± 0.7	20 ± 0	10 ± 0
<i>Agrobacterium tumefaciens</i> C18	16 ± 0.7	18 ± 0.8	2.5 ± 0.4

Tableau 24: Activité antifongique de l'huile essentielle de SoEO et détermination de la CMI (Ben Khedheret *al.*, 2017).

Souche fongique	Paramètre de zone d'inhibition (mm)		CMI (mg/mL)
	HE	Amphotéricine Ba	
<i>Aspergillus niger</i> (CTM 10099)	13 ± 0.7b	15 ± 0.7	1.25 ± 0.2
<i>Aspergillus flavus</i>	12 ± 0.7	10 ± 0.6	05 ± 0.2
<i>Botrytis cinerea</i>	11 ± 0.7	12 ± 0.5	0.625 ± 0.2
<i>Rhizoctonia solani</i>	09 ± 0.3	12 ± 0.2	1.25 ± 0.2
<i>Alternaria alternata</i> (CTM 10230)	15 ± 0.2	14 ± 0.3	0.625 ± 0.2
<i>Fusarium oxysporum</i> (CTM 10402)	13 ± 0.3	13 ± 0.7	0.156 ± 0.2

Amrati et al. (2009) : On constate que l'huile de *T.ciliatus* a démontré une forte activité antibactérienne (tableau 25). Une concentration de 1/2000 v/v s'est révélée suffisante pour inhiber la croissance d'E. coli et de M. luteus, tandis que B. subtilis et S. aureus se sont montrés plus sensibles, avec une concentration d'inhibition de 1/3000 v/v. En ce qui concerne l'huile essentielle de *T.Algeriensis*, B. subtilis s'est avérée plus résistante, avec une concentration d'inhibition de 1/250 v/v, tandis que les autres bactéries ont été inhibées à partir de 1/500 v/v.

Tableau 25: Activité antibactérienne et antifongique des huiles essentielles de *T. Algeriensis* et *T. Ciliatus* (Amrati et al. 2009).

TA : <i>T.algeriensis</i> TC : <i>T.ciliatus</i>	Dilution v/v														Témo in	
	1/100		1/250		1/500		1/1000		1/2000		1/3000		1/5000		TA	TC
Bactéries	T A	T C	T A	T C	T A	T C	T A	T C	T A	T C	T A	T C	T A	T C	TA	TC
<i>E.Coli</i>	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Bacillus subtilis</i>	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+		+	+	+	+
<i>Micrococcus luteus</i>	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+
Champignons																
<i>Aspergillus niger</i>	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+
<i>Penicillium expansum</i>	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+
<i>Penicillium digitatum</i>	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+

ElOualiLalamiet al.(2013) :Les conclusions de l'essai sur l'efficacité antibactérienne sont présentées dans le tableau 26. La variation des diamètres d'inhibition pourrait principalement découler de la composition chimique des huiles essentielles, et leur activité antibactérienne pourrait principalement être attribuée aux composés majoritaires.

Tableau 26: Activité antimicrobienne des huiles essentielles de *T. Vulgaris* et *T. Satureioidis* (ElOualiLalamiet al., 2013).

HE/ Souche	Diamètre de la zone d'inhibition * (mm)		
	<i>E.coli</i>	<i>Salmonella sp</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
<i>T.Vulgaris</i>	9,2	7	9,2
<i>T.Satureioidis</i>	7	11	8

Giwelietal.(2013)(*S.Fruticosa*) : L'huile essentielle de *S.Fruticosa* a montré une activité antibactérienne et antifongique efficace (tableau 27 et 28), avec des concentrations minimales inhibitrices (CMI) variant de 0,125 à 1,5 mg/ml pour l'activité antibactérienne et de 0,125 à 1,0 mg/ml pour l'activité antifongique. Le camphre a également présenté une activité inhibitrice notable à des concentrations de 0,05 à 0,07 mg/ml. Le 1,8-cinéole s'est révélé être le composé le plus actif, avec des effets bactériostatiques observés à une concentration de 0,04 à 0,07 mg/ml et des effets bactéricides à 0,04-0,09 mg/ml. Pour l'activité antifongique, le β -pinène a montré une CMI de 0,03 à 0,06 mg/ml, tandis que le camphre et le 1,8-cinéole ont affiché des CMI de 0,04-0,06 mg/ml et 0,05-0,07 mg/ml respectivement. Globalement, l'huile essentielle de *S. Fruticosaa* démontré une activité comparable à celle de ses principaux composés, soulignant son potentiel thérapeutique élevé contre les bactéries et les champignons pathogènes.

Tableau 27: Activité antibactérienne de l'huile essentielle de *S. Fruticosa* et de ses principaux composés (Giweliet *al.*, 2013).

Bactérie	<i>S. fruticosa</i>	1,8-cineole	Camphor	β -pinene	streptomycin
	CMI mg/ml	CMI mg/ml	CMI mg/ml	CMI mg/ml	CMI mg/ml
Bactérie gram (+)					
<i>Bacillus cereus</i>	0.5	0.04	0.05	0.05	0.0005
<i>Micrococcus flavus</i>	0.25	0.04	0.05	0.05	0.0005
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.25	0.05	0.06	0.06	0.001
<i>Listeria monocytogenes</i>	0.5	0.05	0.07	0,09	0.001
Bctériegram (-)					
<i>Escherichia coli</i>	1.5	0.06	0.7	0,08	0.0005
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0.125	0.07	0.07	0,10	0.001
<i>Proteus mirabilis</i>	0.25	0.06	0.07	0,09	0.001
<i>Salmonella typhimurium</i>	0.5	0.05	0.06	0,08	0.001

Tableau 28: Activité antifongique de l'huile essentielle de *S. Fruticosa* et de ses principaux composés (Giweliet *al.*, 2013).

	<i>S. fruticosa</i>	1,8-cineole	Camphor	β -pinene	streptomycin
Champignons	CMI mg/ml	CMI mg/ml	CMI mg/ml	CMI mg/ml	CMI mg/ml
<i>Penicillium funiculosum</i>	0.5	0.03	0.04	0.06	2.0
<i>Penicillium ochrochloron</i>	0.15	0.04	0.04	0.05	1.5

<i>Aspergillus fumigatus</i>	0.15	0.04	0.04	0.05	1.5
<i>Aspergillus niger</i>	1.0	0.06	0.06	0.07	1.5
<i>Aspergillus flavus</i>	0.125	0.05	0.05	0.06	1.5
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0.125	0.05	0.05	0.06	1.5
<i>Candida albicans</i>	0.25	0.05	0.05	0.06	1.5
<i>Trichoderma viride</i>	0.25	0.03	0.04	0.07	2.0

Giweli et al.(2013) (*T.Algeriensis*): L'huile examinée a démontré une activité antibactérienne très puissante contre toutes les souches (tableau 29), efficace dans une plage de concentration allant de 0,001 à 0,05 mg/ml. Le thymol, quant à lui, a révélé une activité antibactérienne marquée, avec une concentration minimale inhibitrice (CMI) oscillant entre 0,025 et 0,1 mg/ml. En comparaison, l'huile testée a manifesté une activité antibactérienne supérieure à celle du thymol et du carvacrol, qui ont présenté une CMI de 0,0025 à 0,05 mg/ml. La streptomycine a montré un effet inhibiteur dans une plage de concentrations allant de 0,0005 à 0,001 mg/ml. Tout comme pour l'activité antibactérienne, l'huile a révélé un fort potentiel antifongique (tableau 30), avec une CMI de 0,0005 à 0,025 mg/ml. L'huile de *T.Algeriensis* a une fois de plus démontré un meilleur potentiel que le thymol, dont la CMI s'est située entre 0,0125 et 0,05 mg/ml, tandis que le carvacrol a montré une activité inhibitrice à des concentrations de 0,0125 à 0,025 mg/ml. En revanche, le bifonazole a présenté une activité antifongique nettement moins prononcée que celle de l'huile testée, avec une CMI de 1,5 à 2,0 mg/ml.

Tableau 29: Activité antibactérienne de l'huile essentielle de *T. Algeriensis* de ses principaux composés (Giweli et al., 2013).

Bactérie	<i>T. Algeriensis</i>	thymol	carvacrol	streptomycine
Bactérie gram (+)	CMI mg/ml	CMI mg/ml	CMI mg/ml	CMI mg/ml
<i>Bacillus cereus</i>	0.001	0.025	0.0125	0.0005
<i>Micrococcus flavus</i>	0.001	0.025	0.0025	0.0005
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.002	0.025	0.025	0.001
<i>Listeria monocytogenes</i>	0.001	0.1	0.05	0,001

Bctériegram (-)				
<i>Escherichia coli</i>	0.002	0.1	0.05	0,0005
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0.003	0.1	0.05	0,001
<i>Proteus mirabilis</i>	0.003	0.01	0.05	0,001
<i>Salmonella typhimurium</i>	0.05	0.05	0.05	0,001

Tableau 30: Activité antifongique de l'huile essentielle de *T. Algeriensis* et de ses principaux composés (Giweli *et al.*, 2013).

	<i>T. Algeriensis</i>	thymol	carvacrol	streptomycine
Champignons	CMI mg/ml	CMI mg/ml	CMI mg/ml	CMI mg/ml
<i>Penicillium funiculosum</i>	0.001	0.0125	0.0125	0.2
<i>Penicillium ochrochloron</i>	0.001	0.025	0.0025	0.15
<i>Aspergillus fumigatus</i>	0.002	0.025	0.025	0.15
<i>Aspergillus niger</i>	0.001	0.01	0.025	0.15
<i>Aspergillus flavus</i>	0.002	0.01	0.005	0.15
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0.001	0.01	0.005	0.15
<i>Candida albicans</i>	0.025	0.05	0.025	0.15
<i>Trichoderma viride</i>	0.005	0.01	0.005	0.20

Benelhadjaliet al. (2015) :L'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *T. Algeriensis* a été évaluée in vitro contre cinq espèces de microorganismes (tableau 31), et les résultats ont montré une variation significative du diamètre d'inhibition entre les échantillons et les souches bactériennes. Les huiles ont présenté une activité antibactérienne la plus marquée contre *B. cereus*, avec des zones d'inhibition allant jusqu'à 18,2 à 25,5 mm. Pour *E. coli* et *P. aeruginosa*, l'activité antimicrobienne était légère à modérée, avec une sensibilité accrue à l'EO2 de Dj. Jdidi. *L. monocytogenes* et *S. aureus* ont montré une sensibilité modérée à toutes les huiles, avec des zones d'inhibition variant de 13,6 à 19,4 mm.

Tableau 31: Activité antibactérienne des huiles essentielles de *T. Algeriensis* estimée par le diamètre de la zone d'inhibition (y compris le diamètre du disque, 6 mm)

(Benelhadjali *et al.*, 2015).

Bactéries	Source	LES huiles Essentielles (10 µl/disc)			Gentamycin (30 µg/disc)
		HE1	HE2	HE3	
<i>E.coli</i>	ATCC 25922	13.7 ± 0.3a	16 ± 0.5b	12.1 ± 0.4a	19 ± 0.2c
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC 9027	9.1 ± 0.5a	12.5 ± 0.5b	8.8 ± 0.3a	17 ± 0.2c
<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 25923	17.2 ± 0.2ab	19.4 ± 0.5b	14.8 ± 0.5a	22 ± 0.3b
<i>Listeria monocytogene</i>	ATCC 7644	14.4 ± 0.3a	16.8 ± 1b	13.6 ± 0.5a	22 ± 0.2c
<i>Bacillus cereus</i>	ATCC 11778	20.9 ± 0.6b	25.5 ± 0.5c	18.2 ± 0.3a	21 ± 0.3b

Les valeurs sont données en SD moyen (n = 3). (HE1) Korbous ; (HE2) Jdidi Jebel Mountain (HE3) Hammem Sousse.

Krimatet al. (2015) : L'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *S. chudaei* a été évaluée à l'aide de méthodes de diffusion discale et d'agar de dilution (tableau 32). Les résultats montrent que cette huile essentielle a un effet limité sur les bactéries Gram-positif et est inactive contre les bactéries Gram-négatif. Les tests ont révélé que *S. epidermidis* et *C. albicans* sont les plus sensibles à l'huile, suivis de *B. subtilis*, *S. aureus* et *L. monocytogenes*. Ces résultats suggèrent que l'huile de *S. chudaei* pourrait être utilisée dans la prévention ou le traitement des maladies cutanées causées par *S. epidermidis* et *C. albicans*, ainsi que dans l'inhibition de la croissance des pathogènes alimentaires comme *B. subtilis*, *S. aureus* et *L. monocytogenes*.

Tableau 32: Activités antimicrobiennes de l'huile essentielle de *S. chudaei* contre les souches microbiennes testées (**Krimatet al., 2015**).

	Essential oil		Levofloxacin	Neomycin
	DDa	CMiB	DDa	DDa
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	24.16 ± 0.76	SO
<i>Escherichia coli</i>	-	-	29 ± 1.00	SO
<i>salmonella enterica</i>	-	-	19.33 ± 0.57	SO
<i>Bacillus subtilis</i>	32 ± 2.82	0.250	36 ± 1.00	SO
<i>Staphylococcus</i>	24 ± 2	1	32 ± 1.00	SO

<i>aureus</i>				
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	40 ± 2.82	0.062	42.66 ± 0.57	SO
<i>Listeria monocytogenes</i>	13.33 ± 1.52	1	34.33 ± 1.15	SO
<i>Candida albicans</i>	40.5 ± 2.12	0.125	SO	33 ± 0.00

Notes : Un tiret (–) indique qu'il n'y a pas d'activité antimicrobienne, **a**: Zone d'inhibition en diamètre (mm) autour des disques imprégnés, **b**: concentrations d'inhibition minimales; valeurs exprimées en mg/ml, **SO**:sans objet.

El Bouzidiet al.(2012) : Les deux huiles essentielles obtenues à partir d'espèces de thym sauvages et cultivées ont montré une activité inhibitrice sur tous les micro-organismes testées (tableau 33 et 34).En règle générale, les huiles essentielles de l'espèce Thymus ont démontré une activité anticandidale, avec des valeurs de concentration minimale inhibitrice (CMI) variant de 0,45 à 1,8 mg/mL. Les huiles essentielles riches en carvacrol, telles que celles de *T. broussonetii* et *T. maroccanus*, ont montré une activité plus prononcée contre toutes les espèces de *Candida* testées, avec des valeurs de CMI comprises entre 0,45 et 0,48 mg/mL.

Tableau 33: Activité antimicrobienne des huiles essentielles étudiées à l'aide d'un test de diffusion de disque (**El Bouzidiet al., 2012**).

Les microorganismes	Diamètre de la Zone d'inhibition (mm)						Antibiotiques	
	Huiles essentielles						Gentamicin	fluconazole
	<i>T. broussonetii</i>		<i>T. maroccanus</i>		<i>T. satureioides</i>			
S	c	S	c	S	c			
<i>S. aureus</i>	35.00 ± 1.00	34.83 ± 1.04	36.00 ± 1.00	34.67 ± 1.15	29.67 ± 1.15	30.33 ± 0.58	25.33 ± 1.76	NTb
<i>B.subtilis</i>	49.67 ± 1.53	49.00 ± 1.00	53.67 ± 1.53	51.00 ± 0.76	43.67 ± 1.53	43.17 ± 1.04	30.33 ± 0.58	Nt
<i>B.cereus</i>	48.67 ± 1.15	47.33 ± 1.15	3.83 ± 1.76	53.00 ± 1.00	42.00 ± 1.73	41.67 ± 0.58	27.30 ± 1.76	NT
<i>M.luteus</i>	53.50 ± 1.00	53.67 ± 1.15	56.17 ± 0.76	55.67 ± 1.53	49.17 ± 1.15	47.83 ± 1.32	29.30 ± 0.30	NT
<i>E. coli</i> ATCC 25922	30.17 ± 1.00	27.5 ± 1.53	32.00 ± 0.76	30.83 ± 0.58	22.5 ± 1.32	22.17 ± 0.76	20.30 ± 0.60	NT
<i>E. coli</i> CCMM B4	29.67 ± 1.53	29.33 ± 1.53	30.33 ± 0.58	30.67 ± 0.58	23.00 ± 1.00	22.33 ± 1.53	21.00 ± 1.00	NT

E.cloacae	27.33 ± 0.58	23.33 ± 1.53	30.67 ± 1.53	29.33 ± 0.58	21.00 ± 1.00	19.00 ± 0.10	17.67 ± 1.53	NT
Salmonella .sp	31.67 ± 1.53	31.33 ± 1.53	32.17 ± 0.76	32.33 ± 1.53	22.33 ± 0.58	21.17 ± 0.29	18.00 ± 1.00	NT
C. albicans	50.00 ± 1.00	49.67 ± 1.15	52.33 ± 1.15	51.00 ± 1.00	42.00 ± 1.00	1.33 ± 0.76	NT	28.67 ± 1.53
C.krusei	49.67 ± 1.53	47.33 ± 1.53	50.83 ± 1.04	50.5 ± 1.32	41.00 ± 1.00	41.17 ± 1.04	NT	26.50 ± 0.50
C.glabatra	49.33 ± 1.53	48.50 ± 0.50	51.33 ± 0.58	50.67 ± 1.53	42.00 ± 1.00	41.83 ± 1.04	NT	29.83 ± 1.15
C.parapsil osis	51.17 ± 0.76	50.00 ± 1.00	53.33 ± 1.15	53.00 ± 1.00	37.67 ± 1.53	36.33 ± 1.53	NT	29.83 ± 1.15

- Diamètre de la zone d'inhibition incluant le diamètre du disque de 6 mm, par la méthode de diffusion du disque gélose à une concentration de 10 L d'huile/disque et une concentration de 15 et 40 g/disque respectivement de gentamicine et de fluconazol, NT : non testé.

Tableau 34: Activité antimicrobienne des huiles essentielles étudiées en utilisant la méthode de concentration minimale inhibitrice (El Bouzidi *et al.*, 2012).

Les microorganismes	Huiles essentielles(mg/ ml)						Antibiotiquess (µg/mL)	
	<i>T. broussonetii</i>		<i>T. maroccanus</i>		<i>T. satureioides</i>		Gentamicin	fluconazol
	MIC							
	S	C	S	C	S	C		
<i>S. aureus</i>	0.90	0.91	0.46	0.96	1.78	1.80	0.20	NTa
<i>B.subtilis</i>	0.23	0.23	0.23	0.24	0.89	0.90	0.20	NT
<i>B.cereus</i>	0.23	0.23	0.23	0.24	0.89	0.90	0.20	NT
<i>M.luteus</i>	0.12	0.12	0.12	0.12	0.45	0.45	0.10	NT
<i>E. coli</i> ATCC 25922	0.90	0.91	0.46	0.96	1.78	1.80	2.00	NT
<i>E. coli</i> CCMM B4	0.90	0.91	0.46	0.96	1.78	1.80	2.00	NT
<i>E.cloacae</i>	0.90	1.82	0.46	0.96	1.78	3.60	4.00	NT
<i>Salmonella</i> .sp	0.90	0.91	0.46	0.96	1.78	1.80	4.00	NT
<i>C. albicans</i>	0.45	0.46	0.46	0.48	0.89	0.90	NT	24
<i>C.krusei</i>	0.45	0.46	0.46	0.48	0.89	0.90	NT	32
<i>C.glabatra</i>	0.45	0.46	0.46	0.48	0.89	0.90	NT	32

<i>C.parapsilos is</i>	0.45	0.46	0.46	0.48	1.78	1.80	NT	24
------------------------	------	------	------	------	------	------	----	----

C:cultivé, S:Sauvage.

Khadir et al. (2016) : L'huile essentielle a été testée contre différentes souches bactériennes et fongiques en utilisant la méthode de diffusion sur gélose (tableau 35). Elle a montré une forte activité contre les bactéries à Gram positif, avec des valeurs de CMI entre 62,5 et 125 µg/mL, les souches les plus sensibles étant *S. pyogenes* et *B. subtilis*. Son efficacité contre les bactéries à Gram négatif était limitée. En ce qui concerne les champignons, son activité était modérée, avec des valeurs de CMI de 500 µg/mL. Les tests ont été réalisés avec 30 mg d'huile essentielle dans 1 mL de DMSO, et les résultats ont été mesurés en diamètre d'inhibition (mm) par la méthode de diffusion sur l'agar.

Tableau 35: CMI et diamètre moyen des zones d'inhibition (DIZ) en (mm) d'huile essentielle de *T. lanceolatus* contre différents agents pathogènes déterminés par la méthode de diffusion de la gélose (**Khadiret al., 2016**).

Microorganismes	<i>T. lanceolatus</i> HUILE essentielle		Control positive a	
	DIZ (mm)	CMI (µg/mL)	DIZ (mm)	CMI (µg/mL)
Bactéries à gram positif				
<i>S. aureus</i> ATCC 29213	21.4 ± 1.5	125	30.1 ± 0.6	0.16
<i>S. epidermidis</i> ATCC 14990	21.8 ± 1.3	125	26.4 ± 0.2	0.16
<i>S. capitis</i> ATCC 35661	23.7 ± 0.7	125	29.2 ± 0.1	0,08
<i>S.pyogenes</i> ATCC 12344	26.3 ± 0.2	62,5	29.7 ± 0.0	0,08
<i>S. agalactiae</i> 27956	24.2 ± 1.1	125	30.1 ± 0.1	0,08
<i>B.subtilis</i> ATCC6051	25.0 ± 0.8	62,5	31.6 ± 0.3	0,08
Bactéries à gram négatif				
<i>p. fluorescens</i> ATCC 13525	12.9 ± 0.1	1000	27.3 ± 0.1	0.24
<i>S. typhimurium</i> ATCC 14028	13.7 ± 0.3	>1000	24.6 ± 0.2	0.96
<i>S. flexneri</i> ATCC 700930	12.6 ± 0.2	>1000	21.2 ± 0.0	0.96
<i>E. coli</i> ATCC 25922	15.1 ± 0.8	500	32.1 ± 0.0	0.06
champignons				

A. fumigatus ATCC 1022	17.1 ± 0.4	500	26.3 ± 0.1	0.12
G. candidum ATCC 12784	15.6 ± 0.1	500	23.2 ± 0.3	0.48
S. racemosum ATCC 14831	12.4 ± 0.3	>1000	21.4 ± 0.5	0.48
C. albicans ATCC 90028	15.4 ± 0.2	500	24.8 ± 0.7	0.24

Le témoin positif a été pris comme ampicilline pour les bactéries Gram positives, la gentamycine pour les bactéries Gram négatives et le clotrimazole pour les champignons.

Tous les essais consistaient en 30 mg d'huile essentielle dans 1 mL de DMSO et 100 µL ont été appliqués. La DIZ est mesurée en (mm) par la méthode de diffusion de l'agar.

Mahdjoubiet al.(2020) : Les résultats indiquent que l'huile essentielle de *S. officinalis* possède une activité bactéricide comparable à la fois contre les bactéries Gram-positives (*Staphylococcus aureus* et *Staphylococcus epidermidis*) et les bactéries Gram-négatives (*Escherichia coli* et *Pseudomonas Aeruginosa*) (tableau 36), avec des valeurs de CMI comprises entre 136 et 212 µg/mL. Cela suggère une large portée d'action antibactérienne. En revanche, une activité antifongique très faible a été observée contre les espèces de *Candida* examinées. La littérature abonde en rapports démontrant une activité antibactérienne associée aux huiles essentielles de différentes espèces de sauge.

Tableau 36: Activités antimicrobiennes (CMI) de l'huile essentielle de *S. officinalis* (Mahdjoubi et al. 2020).

	Activitéantibactérienne a					
	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. aureus</i> a	<i>E. colia</i>	<i>P.aeruginosaa</i>	<i>C. glabrataa</i>	<i>C. albicansa</i>
Huile	140±9	136±11	168± 1 7	212±12	420±13	512±18
Contrôle	2 a	2 a	16 a	128 a	2 a	2 a

Activité antimicrobienne de l'huile de *S. officinalis* mesurée par CMI (µg/mL, ET moyenne). Les résultats représentent la moyenne de trois lectures ET (n = 9). Les témoins positifs étaient l'ampicilline (antibactérienne) et l'amphotéricine B (antifongique).

Hazzit ab et al., (2009): Les huiles essentielles de différentes espèces de *Thymus* ont montré des activités antimicrobiennes variées contre un groupe de bactéries examinées (tableau 37). Les huiles essentielles de *T. algeriensis* collectées à El-Asnam et au Parc National de Chreaont présenté la moins grande activité, tandis que celles de *T. pallescens* de

Sidi Aissa, Boussaada et Oued Rhiou ont montré une forte activité antimicrobienne, notamment contre les souches de *H. Pylori*.

Tableau 37: Activité antimicrobienne des huiles essentielles de *T. pallescens*, *T. algeriensis* et *T. dreatensis* (Hazzit ab et al., 2009).

Microorganismes	Zone d'inhibition a (mm)									
	TP1b	TP2b	TP3b	TP4b	TP5b	Alg1	Alg2	Alg3	TDR b	Chloramphenicol/cyclohexamide
<i>B.cereus</i>	20.66 ± 2.30bc	22.0 ± 2.00b	20.33 ± 0.57c	16.33 ± 1.52c	9.00 ± 0.00a	17.00 ± 1.00d	9.00 ± 1.00a	AI	14.00 ± 1.00cd	17.66 ± 0.57b
<i>L.monocytogenes</i>	11.33 ± 0.57a	12.6 ± 1.52a	13.00 ± 1.00b	11.33 ± 0.57ab	8.33 ± 0.57a	11.6 ± 1.15b	AI	AI	10.00 ± 1.00bc	26.33 ± 0.57c
<i>Salmonella.sp</i>	10.66 ± 0.57a	10.3 ± 0.57a	7.00 ± 0.00a	8.00 ± 1.00a	AI	7.00 ± 0.00a	8.33 ± 0.57a	AI	7.00 ± 0.00a	17.33 ± 0.57b
<i>S.aureus</i>	11.0 ± 2.00a	14.0 ± 2.00a	11.66 ± 0.57b	11.66 ± 0.57ab	AI	9.33 ± 0.57a	AI	AI	8.00 ± 1.00ab	29.33 ± 0.57d
<i>H.pylori</i>	34.67 ± 4.04d	32.3 ± 0.58c	26.00 ± 1.00d	30.00 ± 2.00d	37.6 ± 0.57c	14.3 ± 1.15cd	13.0 ± 1.00b	24.3 ± 0.57a	16.67 ± 4.04d	39.33 ± 0.57e
<i>H.pylori</i>	34.67 ± 4.04d	25.0 ± 2.00b	24.67 ± 2.52d	25.33 ± 1.53cd	40.6 ± 0.57d	17.0 ± 3.00d	15.0 ± 2.00b	30.0 ± 0.00b	12.67 ± 2.08bcd	40.00 ± 0.00e
<i>C.albicans</i>	16.0 ± 1.00ab	12.0 ± 2.00a	18.66 ± 0.57c	12.00 ± 1.73bc	17.0 ± 1.00b	9.33 ± 0.57ab	9.00 ± 1.00a	9.66 ± 0.57	9.00 ± 1.00abc	13.00 ± 1.00a

AI – Aucune zone d'inhibition, TP1–TP5, *T. pallescens* de Sidi Aissa, Boussaada, Oued Rhiou, Kadiria et El-Asnam, respectivement; ALG1, ALG2 et ALG3, *T. algeriensis* du

parc national de Chrea à 800 m et 1500 m d'altitude, El-Asnam, respectivement; TDR, *T.dreatensis*

- **Analyse et discussion :**

- L'efficacité s'est révélée plus marquée contre les champignons et les organismes Gram positif que contre les bactéries Gram négatif. Des études courantes notent que les bactéries Gram négatif sont généralement résistantes aux propriétés inhibitrices des huiles essentielles et de leurs constituants (Smith-Palmer, 1998). Cette résistance est souvent attribuée à la présence de lipopolysaccharides dans la paroi cellulaire, qui agissent comme un filtre pour les huiles essentielles (Bezic, 2003).

Discussion général:

L'étude des huiles essentielles de *Thymus* et *Salvia* d'Afrique du Nord représente une exploration fascinante en raison de leur abondance en composés aromatiques et de leur utilisation traditionnelle dans la région. Ces huiles, dérivées de plantes de la famille des Lamiacées, sont célèbres pour leur composition complexe et leurs possibles bienfaits thérapeutiques. Dominée par des monoterpènes, des sesquiterpènes et des phénols, leur composition chimique unique est étroitement liée à leur activité biologique, notamment leur potentiel antimicrobien, antioxydant et anti-inflammatoire, ainsi qu'à leurs diverses applications, de la santé à l'industrie cosmétique.

Les études examinent spécifiquement la composition et les rendements des huiles essentielles extraites de différentes variétés de ces plantes médicinales.

Les recherches de Zayyad et al. (2014) mettent en lumière des rendements distincts pour diverses variétés de thym et Les huiles essentielles ont démontré une capacité inhibitrice sur l'ensemble des microorganismes examinés.

Selon Ben Khedher et al. (2017) identifient une multitude de composés dans l'huile essentielle de *S. Officinalis*, ont découvert de nombreux composés dans l'huile essentielle qui a démontré une efficacité notable en tant qu'antioxydant. L'huile essentielle affecté à la fois les bactéries à Gram positif et à Gram négatif.

L'étude d'EloualiLalami et al. (2013) évalue les rendements en huile essentielle de différentes variétés de *Thymus*, révélant leurs principaux composants et L'efficacité antibactérienne peut principalement être associée aux principaux composés présents.

Nina et al. (2016) observent des variations de rendement pour les huiles essentielles de *T.Ciliatus* à différents stades de croissance soulignent que l'activité antioxydante et antibactérienne des échantillons varie en fonction de leur stade de croissance(Sadou, 2016).

Les études de Amarti et al. (2009) et de El Ouariachi et al. (2014)(El Ouariachi, 2014) Ils examinent les rendements et la composition des huiles essentielles issues de diverses variétés de thym, offrant ainsi des données précieuses sur ces ressources naturelles et leur potentiel d'activités biologiques élevées.

Enfin, Giweli et al. (2013) offrent une caractérisation détaillée de l'huile essentielle de *T.Algeriensis*soulignant la richesse en composés et la prédominance en monoterpènes, ainsi que mettant en évidence l'activité antioxydante et antibactérienne significative de l'huile essentielle.

Les études sur les huiles essentielles montrent une variabilité importante dans leur composition chimique selon les organes et les stades végétatifs des plantes, offrant ainsi un potentiel diversifié d'activité biologique et constituant une source abordable de substances antibactériennes naturelles, utiles pour inhiber la croissance bactérienne et prolonger la durée de conservation des aliments transformés (Ben El Hadj Ali et al., 2015).

L'huile essentielle de *S. officinalis* est reconnue pour son efficacité en tant qu'agent antioxydant et antibactérien (Mahdjoubi et al., 2020).

Les huiles essentielles de différentes espèces de *Thymus* marocain présentent une activité antibactérienne et antioxydante remarquable attribuée à leur forte concentration en carvacrol et/ou en thymol (EL Bouzidi et al., 2013).

Les huiles essentielles de différentes espèces de thym algérien ont également démontré une forte activité antibactérienne et antioxydante, suggérant leur efficacité contre des pathogènes importants (Hazzit et al., 2009).

Les huiles essentielles de *T.lanceolatus* se distinguent par leur activité antioxydante puissante et leurs effets inhibiteurs contre les bactéries à Gram positif (Khadir et al., 2016). De même, l'huile essentielle de *S. chudaei* est reconnue pour ses activités antimicrobiennes et antioxydantes (Krimat et al., 2015).

Les huiles essentielles de *T.zygis* marocain présentent une forte activité antibactérienne, antifongique et antioxydante, en raison de l'abondance de thymol (Amarti et al., 2011)

Enfin, l'huile essentielle de *S. officinalis*, en plus de son effet antibactérien supérieur, démontre une bonne activité antioxydante, justifiant son utilisation dans l'industrie alimentaire (Lakhal et al., 2013).

Conclusion

L'étude des huiles essentielles des plantes des genres *Thymus* et *Salvia* en Afrique du Nord est particulièrement fascinante en raison de leur richesse en composés aromatiques et de leur utilisation traditionnelle dans la région. Issues de la famille des Lamiacées, ces huiles sont réputées pour leur composition chimique complexe et leurs potentiels bienfaits thérapeutiques. Principalement composées de monoterpènes, sesquiterpènes et phénols, elles possèdent une chimie unique qui est directement liée à leurs activités biologiques, notamment leurs propriétés antimicrobiennes, antioxydantes et anti-inflammatoires, ainsi que leurs diverses applications dans les domaines de la santé et de la cosmétique.

L'objectif principal de ce travail est de réaliser une étude bibliographique sur les recherches concernant la composition chimique des huiles essentielles, en mettant particulièrement l'accent sur leurs activités antioxydantes et antibactériennes, spécifiquement pour les genres *Thymus* et *Salvia* en Afrique du Nord.

D'après notre synthèse, nous avons constaté que les espèces de *Thymus* en Afrique du Nord, telles que *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis*, sont riches en composés comme le thymol, le carvacrol, le paracymène et le linalol. Les espèces de *Salvia*, telles que *Salvia officinalis* et *Salvia verbenaca*, contiennent des composés comme le 1,8-cinéole, le camphre, le bornéol et le thuyone. La composition de ces huiles peut varier en fonction des conditions environnementales, de la saison de récolte et des méthodes d'extraction.

Sur le plan biologique, les huiles essentielles des deux genres montrent des propriétés antimicrobiennes significatives contre une variété de bactéries et de champignons pathogènes. Le thymol et le carvacrol présents dans le *Thymus*, ainsi que le 1,8-cinéole et le camphre de la *Salvia*, sont particulièrement efficaces. Ces huiles sont également reconnues pour leurs capacités antioxydantes, protégeant les cellules contre les dommages causés par les radicaux libres, avec les composés phénoliques jouant un rôle clé dans ces activités.

Les huiles essentielles des genres *Thymus* et *Salvia* en Afrique du Nord offrent une richesse chimique et une diversité d'activités biologiques prometteuses. Ces propriétés en font des huiles essentielles précieuses pour diverses applications thérapeutiques et industrielles. Leur étude continue permet de mieux comprendre leur potentiel et d'optimiser leur utilisation.

Pour l'avenir, plusieurs perspectives de recherche émergent. Premièrement, des études approfondies sont nécessaires pour mieux comprendre les mécanismes d'action des composés

actifs présents dans ces huiles essentielles, afin de développer des applications thérapeutiques plus ciblées et efficaces. Deuxièmement, des efforts supplémentaires doivent être déployés pour explorer le potentiel des huiles essentielles en tant qu'agents de lutte contre les maladies émergentes et les résistances aux antibiotiques, dans un contexte de préoccupation croissante concernant la santé publique mondiale.

Parallèlement, des recherches visant à optimiser les méthodes d'extraction des huiles essentielles, tout en garantissant leur durabilité et leur respect de l'environnement, sont nécessaires pour répondre à la demande croissante de ces précieuses ressources naturelles. Enfin, des études épidémiologiques et cliniques approfondies sont nécessaires pour évaluer pleinement l'efficacité et la sécurité des huiles essentielles dans diverses applications thérapeutiques, ouvrant ainsi la voie à leur intégration dans la médecine traditionnelle et la pharmacothérapie moderne.

Bibliographie

- A. Giweli., M. Džamić ., M. D Soković., M. S. Ristić., P. D. Marin., Cent. Eur., J. Biol .2013. The chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil of *salvia fruticosa* growing wild in Libya. Arch. Biol, Sci, Belgrade .65 (1): 321-329
- AFNOR. 1986. Huiles essentielles. Recueil de normes françaises. Ed. Tec and Doc. Lavoisier. 2eme édition, 57p.
- Amarti f., Satrani B., Ghanmi M., Farah A., Aafi A., Aarab L., EL ajjour M., Chaouch A .2009. Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. du Maroc. Journal de Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement 14 (1):141-148. .
- Amarti f., El Ajjour M., Ghanmi M., Satrani B., Aafi A., Farah A., KHIA A., Guedira A., Rahouti M., Chaouch A. 2011. Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle de *Thymus zygis* du Maroc. Phytothérapie .9: 149-157.
- Anthony. 2000. The folklore and cosmetic use of various *Salvia* species. Athens, Greece: Overseas Publishers Association .
- A. Arslan, . 2008. Chemical composition and antistaphylococcal activity of an endemic *Salvia chrysophylla* Stapf. . naturally distributed Denizli province (Turkey) and its vicinity .
- Bagci, E .2008. Essential oil composition of the aerial parts of two *Salvia* L. (*S. multicaulis* Vahl. Enum and *S. tricochlada* Benth) Species from east Anatholian region (Turkey). International journal of science and technology ,p 13-18.
- Bahadori, e. M. 2015. Cytotoxicity, antioxidant activity, total flavonoid and phenolic contents of *Salvia urmiensis* Bunge and *Salvia hydrangea* dc, Ex Benth. Journal of Pharmacognosy,p 27-32.
- Bakkali F.,Averbeck S. ,Averbeck D., Idaomar M.2008. Effets biologiques des huiles essentielles . Toxicologie alimentaire et chimique , 446-475.
- Baran et al. 2010. Structural investigation of the glandular trichomes of *Salvia argentea*. *Biologia* ,p 33-38.
- Baser, K.H.C., G. Buchbauer.2015. Handbook of essential oils: science, technology, and applications. : CRC press.
- Bassereau M., chaintreau A ., Duperré S., Joulain D., Leijts H ., Losing G., Owen N., sherlock A., Schippa C., Thorel PJ., Vey M. 2007. GC-MS quantification of suspected volatile allergens in fragrances. 2. Data treatment strategies and method performances. Journal of agricultural and food chemistry :25-31.
- Belaiche P. 1979. Traité de phytothérapie et d'aromathérapie: Les maladies infectieuses. Maloine.

- Beloucifa, M. 2014. etude par GC-MS des huiles essentielles de : nigella sativa , pistacialentiscus, et punicagranatum .Thèse de magistère UNIVERSITE DE JIJEL.197p
- Ben El Hadj ALI., Chaouachi M., Bahri R., Chaieb I., Boussaid M., Harzallah-Skhiri F. 2015. Chemical composition and antioxidant, antibacterial, allelopathic and insecticidal activities of essential oil of *Thymus algeriensis* Boiss. et reut. *Industrial Crops and Products* , 631-639.
- M, Ben Khedher., Saoussen Ben Khedher., Ikkal Chaieb., Slim Tounsi., Mohamed Hammami.2017. chemical composition and biological activities of *salvia officinalis* essential oil from tunisia .*excliJournal* , 2017;16:160-173.
- Benayache, F. 2013. Etude phytochimique et biologique de l'espèce *Thymus numidicus* Poiret. mémoire magister universite constantine 1.
- Bezić N., Skočibusić M., Dunkić V., Radonić A.2003. Composition and antimicrobial activity of *Achillea clavennae* L. essential oil. *Phytotherapy Research* , 2003;17:1037–40.
- Blois, M. S.1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181 , 1199-1200.
- Bona, E., Cantamesa S., Pavan M., Novello G., Massa N., Rochetti A., Bertag., Gamalero E. 2016. Sensibilité de *Candida albicans* aux huiles essentielles : sont-elles une alternative aux huiles essentielles : sont-elles une alternative aux des agents antifongiques ?. *Journal of applied microbiology* , 1530-1545.
- Bouhekrit, M. 2018. etude de la composition chimique et de l'activité biologique des huiles essentielles de deux apiaceae *Elaeoselinum asclepium*(L.) Bertol. et *Margotia gummifera* (Desf.) Lange . université de sétif .
- Bouchikhi tani, Z. 2011. Lutte contre la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus*(Coleoptera, Bruchidae) et la mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles: Thèse de doctorat .université de Tlemcen.
- Brand Williams, W., Cuvelier, M.-E., and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology* 28, 25-30.
- Bruneton J. 1999. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales:3ème édition, Ed. TEC et DOC, Paris.
- Burt, S. 2004. Huiles essentielles : leurs propriétés antibactériennes et leurs applications potentielles dans les aliments . *Int. J Food Microbiol* ,pp. 223-253.
- Chemat, F., Fabiano-Tixier, A.S., Hellal, A., Boutekedjiret, C., Fernandez, X. 2012. Activités chimiques et biologiques des huiles essentielles , In Chemat, F. and Fernandez, X. (Eds.), *La chimie des huiles essentielles*. Ed. Vuibert, Paris, pp. 212–24.
- Degryse, A.C., Delpla, I., et Voinier M.A. 2008. Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. *Atelier santé environnement -IGS- EHESP*, 87p.

Duraffourd, C., D'Hervicourt, L., and Lapraz, J. C. 1990. Cahiers de phytothérapie clinique. 1. Examens de laboratoires galénique. Eléments thérapeutiques synergiques. 2ème édition. Masson, Paris.

Edris, A. 2007. Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents. *Phytotherapy Research* 21 ,pp. 308-323.

El Ajjouri, M., et al. 2008. Activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus bleicherianus* Pomel et *Thymus capitatus* (L.) Hoffm. & Link contre les champignons de pourriture du bois d'oeuvre. *Journal of Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 2008. 12(4): p. 345-351.

El Bouzidi L., Alaoui Jamali C., Bekkouche K., Hassani L., Wohlmuth H., Leach D., Abbad A. 2013. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of essential oils obtained from wild and cultivated Moroccan *Thymus* species. *Industrial Crops and Products* :450 - 456.

EL Ouali Lalami A., EL-akhal F., Ouedrhiri W., Ouazzani Chahdi F., Guemmoh R., Grech H. 2013. Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de deux plantes aromatiques du centre nord marocain : *Thymus vulagris* et *Thymus saturoïdis*. *les technologies de laboratoires* .2013, Volume 8, N°31

M El Ouariachi., I Hamdani., A Bouyanzer., B Hammouti., L Majidi., J Costa., J Paolini., A Chetouani. 2014. Chemical composition and antioxidant activity of essential oils of *Thymus broussonetii* Boiss. and *Thymus algeriensis* Boiss. from Morocco. *Asian Pac J Trop Dis* 2014; 4(4):281-286.

Benayache, F .2013. Etude phytochimique et biologique de l'espèce *Thymus numidicus* Poiret. mémoire magister. université constantine 1.

FABIAN, D. S. 2006. Essential oils--their antimicrobial activity against *Escherichia coli* and effect on intestinal cell viability. 1435-45.

Fellah S., Romdhane M., Abderraba M .2006. extraction et études des huiles essentielles de la *salvia officinalis* .L cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie . *Journal de la Société Algérienne de Chimie* , 193-202.

Figueredo, G. 2007. Etude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'organes (lamiaceae) cultivés issus de grains d'origine méditerranéenne. Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal-Clermont- Ferrand II.

Finar, I. 1994. Organic chemistry. London: Ed. Longman Scientific et Technical.

Ghannadi A., Sajjadi SE., Kabouche A., Kabouche Z. (2004). *Thymus fontanesii* Boiss. et Reut. – A potential source of thymol-rich essential oil in North Africa. *Zeitschrift für Naturforschung C* ,2004; 59c: 187–189.

- A. Giweli., M. Džamić ., M D Soković., M S. Ristić., P D. Marin.2013. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of essential oil of *Thymus algeriensis* wild-growing in Libya. *Central European Journal of Biology* , 8(5) .2013 .504-511.
- Goudjil B . 2016. Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de trois plantes aromatiques. thèse de doctort .departement de genie des procedes , ouargla.
- Guinoiseau, E. 2010. Molécules, antibactérienne issues d’huiles essentielles : séparation, identification et mode d’action.Thèse de Doctorat de l’Université de Corse, france.
- Hazzit M., Baaliouamer A.,Veríssimo AR.,FaleiroM.L.,Miguel M.G.2009. Chemical composition and biological activities of Algerian *Thymus* oils. *Food Chemistry* , 714–721.
- Hazzit M. 2008. Etude de la composition chimique des huiles essentielles de différents espèces de thym et d'origan poussant en Algérie.Thèse de doctorat, Université des Sciences et de la technologie Houari Boumediene.
- Hedhili L., Romdhane M., Abderrabba A., Planche H., Cherif I. 2002. Variability in essential oil composition of Tunisian *Thymus capitatus* (L.) Hoffmanns. *Flavour and Fragrance Journal* 17:26–28.
- Iméne, L.2015. Etude des activités antioxydante et antifongique de l’huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis*. *Revue de Nature & Tachnologie* .
- Kabouche A., Kabouche Z., Bruneau C. 2005.Analysis of the essential oil of *Thymus numidicus* (Poiret) from Algeria. *Flavour and Fragrance Journal*, 20(3) , 235–236.
- Karousou, R., Hanlidou, E., & Kokkini, S.2000. The sage plants of greece: distribution and infraspecific variation. Athens, Greece: Overseas Publishers Association , 27-46.
- Khadir A., Sobeh M., Gad H.A., Benbelaid F., Bendahou M., Peixoto H., Sporer F., Ashour M.L., Wink M. 2016. Chemical composition and biological activity of the essential oil from *Thymus lanceolatus*. *University of Wollongong Library* , 1-9.
- Krimat S ., Dob T., Toumi M ., Lamari L .,Dahmane D .2015. Chemical composition, antimicrobial and antioxidantactivities of essential oil of *Salvia chudaei* Batt. et Trab. endemic plant from Algeria. *Journal of Essential Oil Research* , 1-7.
- Lahlou, M. 2004. Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy research. An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation ofNatural Product Derivatives* , pp.435-448.
- Lakhal H., Ghorab H., Chibani S., Kabouche A., Semra Z., Smati F.,Abuhamdah S., Kabouche Z.2013. Chemical composition and biological activities of the essential oil of *Salvia officinalis* from Batna (Algeria). *Scholars Research Library* , 310-314 .
- Lamamra, M. 2018. Activités biologiques et composition chimique des huiles essentielles d’*Ammiopsis aristidis* Coss.(Syn. *Daucus aristidis* Coss.) et d’*Achillea santolinoides* Lag. sétif, université de sétif, alger.

- Lamamra, M. 2018. Contribution à l'étude de la composition chimique et de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *tinguarra sicula* (L.) Parl et de *Filipendula hexapetala* Gibb. Mémoire magister, Université de sètif, alger.
- Lemya, B. R. 2016. Interactions entre l'huile essentielle de *Thymus capitatus*, *Mentha piperita* et *Carthamus caeruleus*, et de leur composants majoritaires: Effet du synergisme ou d'antagonisme sur l'activité antioxydante . Département de Chimie, Tlemcen.
- Lucchesi, M.-E. 2005. Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles. Université de la Réunion.
- Mustafa, K., Sali F. 2016. contribution a l'étude de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles d'Érica multiflorad'Algérie. memoire de master ,université de mostaganem.
- Mahdjoubi H., Bakchiche B., Gherib A., Boudjelal F., Bardawee L S.K .2020. Essential Oil of *Salvia officinalis* L. from the Algerian Saharan Atlas: Chemical Composition and Biological Evaluation . *Jordan Journal of Pharmaceutical Sciences*, Volume 13, No.(4):415-423.
- Mamadou, R.S., et al., Etude phytochimique, activités antiradicalaire, antibactérienne et antifongique d'extraits de *Sebastiania chamaelea* (L.) Müll. Arg. *Journal de la Société OuestAfricaine de Chimie*, 2014. 37: p. 10-17..
- Martins, A. 2020. Les huiles essentielles antibactériennes, exemple du thym. Thèse de doctorat, Picardie Jules Verne UFR : Université de Picardie Jules Verne UFR de Pharmacie.
- MNAYER, D. 2014. Eco-Extraction des huiles essentielles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agents antioxydants et antimicrobiens. thèse de doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.
- Moldão-Martins M., Bernardo-Gil M.G., Beirão Da Costa M.L. 2002. Sensory and chemical evaluation of *Thymus zygis* L. essential oil and compressed CO₂ extracts. *European Food Research and Technology*, A, 214, 207-211.
- Molyneux, P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26, 211-219.
- OMS. 2003. Directives OMS sur les bonnes pratiques agricoles et les bonnes pratiques de récolte (BPAR) relatives aux plantes médicinales. *Organisation mondiale de la Santé* .
- Paris, M. H. 1981. Abrégé de matière médicale (pharmacognosie) . Tome. Ed, Masson 339 p.
- Piochon, M. 2008. Étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne: composition chimique, activités pharmacologiques et héli-synthèse. Université du Québec à Chicoutimi .
- Pistelli, L. 2006. Photochemicals from lamiaceae: from nutraceuticals to Hallucinogens. International symposium The Labiatae: Advances in Production, Biotechnology and Utilization, Sanremo. Biotechnology and Utilization, Sanremo, Italy: 22-25 February 2006

- Quezel P., Santa S.1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques. CNRS: Paris. 603 p
- Rahili G.2002. Les huiles essentielles et leurs intérêts. La forêt algérienne n°4. Institut national de la recherche forestière. Bainem Alger.
- Richard H., Benjlali B., Banquour N., Baritoux O. (1985). Étude de diverses huiles essentielles de Thym du Maroc. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie* ,1985;18:105–10.
- Sadou N, Hamel T, Seridi R. 2016. Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oils of *Thymus ciliatus* ssp. *coloratus* from Annaba-Algeria. *Int. J. Pharm. Sci. Rev.Res* , 180-185.
- Scilly, R.2008.key to lamiaceae of colorado (Mint Family). Colorado USA.USA: Univ Colorado Press.
- Shahidi, F. 1997. Natural Antioxidants: chemistry, health effects and applications. aocs mission statement.181 p
- Smith-Palmer A, Stewart J, Fyfe L.1998. Antimicrobial properties of plant essential oils and essences against five important food-borne pathogens.*Letters in Applied Microbiology* ,1998;26:118–22p.
- SUTOUR, S. 2010. etude de la cimposition chimique d'huiles essentielles et d'extraits de menthes de corse et de kumquats .Thèse de doctorat, università de corse pascal paoli.p292.
- Sutton, J. 1999. *The Gardener's Guide to Growing Salvias*. Portland, Oregon: Timber Press , p:160.
- Tabti, M., F.Z. Sali, contribution à l'étude de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles d'Érica multiflorad'Algérie. 2016.Mémoire de Master. Université de mostaganem.
- Tehami, W. 2017. Caractérisation phytochimique et évaluation du potentiel antioxydant, antibactérienne et anti-inflamatoire de *Salvia argentea*.Thèse de doctorat, université se Sidi Bel abbas.
- Tenscher E, Anton R, Lobstein A.2005. Plantes aromatiques. Épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Ed. Tec et Doc. pp 3 - 50 / 121 - 124..
- Wafaa, R., K. Zeyneb .2017. Initiation à l'Elaboration d'une carte de répartition du genre *Thymus* et l'étude de la composition chimique des huiles essentielles de *Thymus Serpyllum* L. Mémoire de Master, Dahra Zaccar région d'El Amra-wilaya de Ain Defla: Université de Khmis Miliana .
- Walker, J. B., Kenneth, J., Treutlein, J., & Wink, M. 2004. *Salvia* (lamiaceae) is not monophyletic: Implications for the systmatics, radiation, and ecological pecializations of *Salvia* and tribe Mentheae. *American Journal of Botany* . 91 (7), pp. 1115–1125.

Zambonelli A., D'aulerio AZ., Severi A., Benvenuti S., Maggi L., Bianchi A. (2004). Chemical composition and fungicidal activity of commercial essential oils of *Thymus vulgaris* L. *Journal of Essential Oil Research* , 2004(16):69–74.

Zayyad N., Farah A., Bahhou J. 2014. Analyse chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles des trois espèces de *Thymus* : *Thymus zygis*, *T. algeriensis* et *T. bleicherianus*. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège* ,Vol. 83, 2014, pp. 118 – 132

ملخص

تقدم هذه الدراسة توليفة شاملة للجهود البحثية حول تركيب الأنشطة البيولوجية للزيوت الأساسية المستخلصة من أنواع الزعتر والمريمية في شمال إفريقيا. استنادًا إلى 16 عملاً بحثيًا، تم استكشاف زيوت الزعتر والمريمية من حيث تعقيدها الكيميائي وفوائدها العلاجية المحتملة. ترتبط التكوينات الكيميائية لهذه الزيوت، التي تهيمن عليها التربينات الأحادية والتربينات الثانوية والفينولات، بخصائصها المضادة للميكروبات ومضادات الأكسدة، مما يجعلها ذات قيمة في مختلف الصناعات. من خلال مراجعة الأدبيات، تكشف هذه الدراسة عن التركيبات الكيميائية المتنوعة لزيوت الزعتر والمريمية، المتأثرة بالعوامل البيئية وطرق الاستخلاص. ولا سيما، زيوت الزعتر مثل الزعتر الشائع والزعتر الجزائري، التي تحتوي على مركبات مثل الثيمول، الكارفكرول، الباراسيمين، واللينالول، بينما زيوت المريمية، بما في ذلك المريمية الطبية والمريمية الإسبانية، تعرض مكونات مثل 1,8-سينول، الكافور، البورنيول، والثوجون، بيولوجيًا، تظهر هذه الزيوت نشاطًا مضادًا للميكروبات ضد مختلف البكتيريا والفطريات الممرضة، ويُعزى ذلك إلى مركبات مثل الثيمول، الكارفكرول، 1,8-سينول، والكافور. بالإضافة إلى ذلك، توفر خصائصها المضادة للأكسدة حماية خلوية ضد التلف التأكسدي، حيث تلعب المركبات الفينولية دورًا حاسمًا في هذه الأنشطة.

الكلمات المفتاحية: الزعتر، المريمية، النشاط المضاد للبكتيريا، النشاط المضاد للأكسدة، الزيوت

Résumés

Cette étude présente une synthèse complète des efforts de recherche sur la composition et les activités biologiques des huiles essentielles dérivées des espèces *Thymus* et *Salvia* en Afrique du Nord. S'appuyant sur un total de 16 travaux de recherche, les huiles de *Thymus* et de *Salvia* sont explorées pour leur complexité chimique et leurs bénéfices thérapeutiques potentiels. Les profils chimiques de ces huiles, dominés par les monoterpènes, les sesquiterpènes et les phénols, sont étroitement liés à leurs propriétés antimicrobiennes et antioxydantes, ce qui les rend précieuses dans diverses industries. À travers une revue de la littérature, cette étude révèle les compositions chimiques diverses des huiles de *Thymus* et de *Salvia*, influencées par des facteurs environnementaux et des méthodes d'extraction. Notamment, les huiles de *Thymus*, telles que *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis*, contiennent des composés comme le thymol, le carvacrol, le paracymène et le linalol, tandis que les huiles de *Salvia*, y compris *Salvia officinalis* et *Salvia verbenaca*, présentent des constituants tels que le 1,8-cinéole, le camphre, le bornéol et le thuyone. Sur le plan biologique, ces huiles démontrent une activité antimicrobienne significative contre diverses bactéries et champignons pathogènes, attribuée à des composés tels que le thymol, le carvacrol, le 1,8-cinéole et le camphre. De plus, leurs propriétés antioxydantes offrent une protection cellulaire contre les dommages oxydatifs, les composés phénoliques jouant un rôle crucial dans ces activités.

Les mots clés : *Thymus*, *Salvia*, activités antibactérienne, activités antioxydants, les huiles

Abstract

This study presents a comprehensive synthesis of research efforts on the composition and biological activities of essential oils derived from *Thymus* and *Salvia* species in North Africa. Drawing from a total of 16 research works, *Thymus* and *Salvia* oils are explored for their chemical complexity and potential therapeutic benefits. The chemical profiles of these oils, dominated by monoterpenes, sesquiterpenes, and phenols, are closely linked to their antimicrobial and antioxidant properties, making them valuable in various industries. Through a literature review, this study reveals the diverse chemical compositions of *Thymus* and *Salvia* oils, influenced by environmental factors and extraction methods. Notably, *Thymus* oils, such as *Thymus vulgaris* and *Thymus algeriensis*, contain compounds like thymol, carvacrol, paracymene, and linalool, while *Salvia* oils, including *Salvia officinalis* and *Salvia verbenaca*, exhibit constituents like 1,8-cineole, camphor, borneol, and thujone. Biologically, these oils demonstrate significant antimicrobial activity against various pathogenic bacteria and fungi, attributed to compounds like thymol, carvacrol, 1,8-cineole, and camphor. Additionally, their antioxidant properties offer cellular protection against oxidative damage, with phenolic compounds playing a crucial role in these activities.

Keywords: *Thymus*, *Salvia*, antibacterial activities, antioxidant activities, oils