

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Ghardaia



Faculté des Sciences de la Nature et de Vie et Sciences de la Terre

Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biochimie appliquée

Par : FEKHAR Said

BOUAROUA Ahmed

Thème

**Activité antioxydante, antibactérienne et insecticide des huiles
essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng.**

Soutenu publiquement, le 11/06/2023, Devant le jury composé de :

Melle BELABBASSI Ouarda	Maître assistant A	Univ. Ghardaia	Président
Melle BAALI Faiza	Maître de conférences B	Univ. Ghardaia	Directeur de mémoire
Melle DJEMOUAI Nadjette	Maître de conférences B	Univ. Ghardaia	Co-Directeur de mémoire
M BELHACHEMI Med Habib	Maître de conférences B	Univ. Ghardaia	Examineur

Année universitaire : 2022 - 2023

Remerciements

الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا ان هدانا الله

Nous remercions avant tout ALLAH, notre créateur pour nous avoir donné de la force et le courage à accomplir ce travail.

Nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude envers notre promotrice, Melle BAALI Faiza, et notre co-promotrice, Melle DJEMOUAI Nadjette, pour leurs précieuses aides, leurs conseils éclairés, leurs orientations avisées et leurs grandes gentillesse. Nous les remercions chaleureusement d'avoir accepté d'encadrer ce mémoire, ainsi que pour leurs présences constantes et leurs disponibilités sans faille.

Nous exprimons nos remerciements aux honorables membres de jury : Melle BELABBASSI Ouarda, Maître assistant A de l'Université de Ghardaïa et M BELHACHEMI Med Habib, Maître de conférences B de l'Université de Ghardaïa pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger notre travail.

Nos vifs remerciements s'adresse à monsieur BENSEMAOUNE Youcef, le chef du département de Biologie pour son aide dans l'identification et la récolte de la plante étudiée ainsi que madame CHEHMA Saida pour son aide dans l'identification de l'insecte.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les membres du laboratoire du Département des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre de l'Université de Ghardaïa, en particulier à monsieur BENSALAH Bachir, pour leur contribution précieuse.

Nos remerciements s'adressent également à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à réaliser ce travail en particulier à nos collègues BHRIZ Isra et BENYOUCEF Zahira.

A tous nos enseignants, nous leurs exprimons notre profonde gratitude, qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques, ont guidé nos réflexions tout au long de nos années d'étude. Leurs disponibilités pour nous rencontrer et répondre à nos questions a été grandement appréciée.

DÉDICACES

Avec l'aide d'Allah le tout puissant, j'ai pu achever ce modeste travail que je dédie :

A mes agréables parents qui ont beaucoup sacrifiés pour que je puisse arriver à ce stade-là, que dieux vous protège et vous accorde une longue vie.

A ma chère sœur Nassima, en signe de l'affection et du grand amour que je vous porte, les mots sont insuffisants pour exprimer ma profonde estime.

A mes chers frères Toufik, Mounir et Zineddine qui m'ont aidé à établir ce projet et qui m'ont tenu la main et m'ont soutenu.

A mon camarade Ahmed et sa famille.

À tous mes amis, en particulier à mon cher ami Salah Eddine, qui a su être à mes côtés et me soutenir tout au long de ces moments précieux.

A tous ceux qui me sont chères et que j'ai omis de citer.

Saïd

DÉDICACES

Avant tout, je remercie le bon dieu (ALLAH) de m'avoir mis sur le bon chemin pour pouvoir réaliser ce travail.

Je souhaite dédier humblement ce travail à mes êtres les plus chers, à ceux qui sont les plus précieux à mes yeux et qui consacrent leur vie entière pour moi.

À mon très cher papa qui a su encourager et me soutenir tout au long de ma vie. Sa chaleur paternelle a été et sera toujours pour moi d'un grand réconfort et sécurité ; aucun mot, ne peut suffire pour te remercier.

À ma très chère maman, la lumière de ma vie, pour son sacrifice qui m'a tout donné et offert son amour, encouragement, soutien, durant toute ma vie.

À mes très chères et merveilleuses frère et sœurs, je vous remercie du fond du cœur pour votre aide et soutien et votre conseil tout au long de mon parcours universitaire.

À mon cher binôme et amie Said FEKHAR pour son aide, son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

A tous mes enseignants, je leur exprime ma profonde gratitude.

À tous mes collègues de ma promotion de biochimie appliquée 2022/2023.

Ahmed

المخلص

Cymbopogon schoenanthus (L.) Spreng. المعروف تحت الاسم العامي "اللماد" هو نبات طبي يستخدم في الطب التقليدي في الجزائر لعلاج التهابات المسالك البولية واضطرابات الجهاز الهضمي والروماتيزم. تهدف الدراسة الحالية إلى تحديد بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للزيوت الأساسية (EOs) وتقييم نشاطها كمضاد للأكسدة ومضاد للبكتيريا ومبيد للحشرات. تم الاستخراج عن طريق التقطير المائي على جهاز من نوع Clevenger مع مردود 2,46%. أجريت دراسة النشاط المضاد للأكسدة في المختبر من خلال اختبارات CAT و DPPH و RP كشفت أن الزيوت الأساسية في نباتنا يقدم نشاطاً مضاداً للأكسدة منخفضاً إلى حد ما. أظهر تقييم النشاط المضاد للبكتيريا للزيوت الأساسية ضد ستة سلالات من البكتيريا المسببة للأمراض نشاطاً مضاداً للبكتيريا متوسطاً ضد سلالات جرام + المختبرة، ولا سيما *S. aureus* (قطر منطقة التثبيط = 13,16 مم)، في حين أن سلالات الجرام تظهر نشاط منخفض مع مناطق تثبيط أقل من 9,5 مم. تم أيضاً تقييم فعالية المبيدات الحشرية ل *C. schoenanthus* (L.) Spreng. على *Macrosiphoniella* sp. عن طريق اختبار التلامس المباشر، وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها نشاط مبيد حشري جيد بنسبة CL_{50} و TL_{50} مع 0,142 ميكرو لتر/مل و 23,36 ساعة على التوالي.

الكلمات المفتاحية: *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng، الزيوت الأساسية، النشاط المضاد للأكسدة، النشاط المضاد للبكتيريا، مبيد للحشرات.

Résumé

Cymbopogon schoenanthus (L.) Spreng. connue sous le nom vernaculaire « El Lamad » est une plante médicinale utilisée dans la médecine traditionnelle en Algérie pour le traitement des infections urinaires, des troubles digestifs et du rhumatisme. La présente étude vise à déterminer certaines caractéristiques physicochimiques des huiles essentielles (HEs) et d'évaluer leurs activités antioxydante, antibactérienne et insecticide. L'extraction a été réalisée par l'hydrodistillation sur un appareil de type Clevenger avec un rendement de 2,46%. L'étude du pouvoir antioxydant a été réalisée *in vitro* par les tests de CAT, DPPH et PR. Les résultats ont révélé que les HEs de notre plante présentent une activité antioxydante moyennement faible. L'évaluation de l'activité antibactérienne des HEs contre six souches de bactéries pathogènes a révélé une activité antibactérienne moyenne contre les souches à Gram+ testées, en particulier *S. aureus* (diamètre de la zone d'inhibition = 13,16 mm), alors que les souches à Gram- montrent une faible sensibilité avec des zones d'inhibition inférieure à 9,5 mm. L'activité insecticide des HEs de *C. schoenanthus* (L.) Spreng. a été également évaluée sur *Macrosiphoniella* sp. par un test de contact direct, les résultats obtenus ont révélé une bonne activité insecticide dont la CL₅₀ et TL₅₀ sont avec des 0,142 µL/mL et 23,36 h, respectivement.

Mots-clés: *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng., huiles essentielles, activité antioxydante, activité antibactérienne, activité insecticide.

Abstract

Cymbopogon schoenanthus (L.) Spreng. known by its vernacular name "El Lamad", medicinal plant is used in traditional Algerian medicine to treat urinary tract infections, digestive disorders and rheumatism. The aim of the present study is to determine certain physicochemical characteristics of essential oils (EOs) and to evaluate their antioxidant, antibacterial and insecticidal activities. Extraction was carried out by hydrodistillation on a Clevenger-type apparatus with a yield of 2.46%. The study of antioxidant power was carried out *in vitro* by CAT, DPPH and RP tests, revealing that our plant's EOs present moderately low antioxidant activity. Evaluation of the antibacterial activity of EOs against six strains of pathogenic bacteria revealed average antibacterial activity against the Gram⁺ strains tested, in particular *S. aureus* (inhibition zone diameter = 13.16 mm), while Gram⁻ strains showed low sensitivity with inhibition zones of less than 9.5 mm. The insecticidal activity of *C. schoenanthus* (L.) Spreng. EOs was also evaluated on *Macrosiphoniella* sp. by a direct contact test. The obtained results revealing good insecticidal activity with LC₅₀ and TL₅₀ of 0.142 µL/mL and 23.36 h, respectively.

Key words: *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng., essential oils, antioxidant activity, antibacterial activity, insecticidal activity.

Liste des abréviations

ABTS:	2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6- sulfonique
AFNOR:	Association Française de Normalisation
ADN:	Acide désoxyribonucléique
ATCC:	American Type Culture Collection
BHT:	Hydroxytoluène butylé
CAT:	Capacité antioxydante totale
Cat:	Catalase
CL₅₀:	Concentration létal 50%
DMSO:	Dimethyl sulfoxide
DO:	Densité optique
DPPH:	Diphénylpicryl-hydrazyl
DS:	Déviation standard
ERN :	Espèce réactive du nitrogène
ERO:	Espèce réactive d'oxygène
GPx:	Glutathion peroxydase
HE:	Huile essentielle
HEs:	Huiles essentielles
ISO:	Organisation Internationale de Standardisation
INPN:	Inventaire national du patrimoine naturel
MH:	Mueller-Hinton
OMS:	Organisation Mondiale de la Santé
ON:	Oxyde nitrique
Ph EUR:	Pharmacopée Européenne
PI:	Pourcentage d'inhibition
SOD:	Superoxyde dismutase
TCA:	Acide trichloracétique
TL₅₀:	Temps létale 50%

Liste des tableaux

Tableau I. Classification des espèces réactives et non-réactives.....	9
Tableau II. Principales pathologies des radicaux libres	12
Tableau III. Echelle de sensibilité des germes	23
Tableau IV. Caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles de <i>C. schoenanthus</i> (L.) Spreng.....	25
Tableau V. Caractéristiques physiques des HEs de <i>C. schoenanthus</i> (L.) Spreng.....	26
Tableau VI. Indice d'acidité (Ia) des HEs de <i>C. schoenanthus</i> (L.) Spreng.....	27
Tableau VII. IC50 de l'activité antiradicalaire des huiles essentielles de <i>Cymbopogon schoenanthus</i> (L.) Spreng. et de l'acide ascorbique vis-à-vis du radical DPPH.....	30
Tableau VIII. A _{0,5} des huiles essentielles de <i>Cymbopogon schoenanthus</i> (L.) Spreng. et d'acide ascorbique.	31
Tableau IX. Diamètre (mm) des zones d'inhibition des huiles essentielles des huiles essentielles de <i>Cymbopogon schoenanthus</i> (L.) Spreng. et la Gentamicine.....	33
Tableau X. DL ₅₀ et TL ₅₀ des huiles essentielles de <i>Cymbopogon Schoenanthus</i> (L.) Spreng. de l'activité insecticide par contact.....	35

Liste des figures

Figure 1. Aspect morphologique de <i>Cymbopogon schoenanthus</i> (L.) Spreng.....	4
Figure 2. Structure de la molécule d'isoprène.....	6
Figure 3. Exemples de structures mono- et sesquiterpènes.....	7
Figure 4. Exemples des composés dérivés du phénylpropane.....	7
Figure 5. Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique.....	28
Figure 6. Histogramme comparatif de la capacité antioxydante totale des huiles essentielles de <i>Cymbopogon schoenanthus</i> (L.) Spreng et du standard (BHT).	28
Figure 7. Activité anti-radicalaire au DPPH de l'acide ascorbique (a) et des huiles essentielles de <i>Cymbopogon schoenanthus</i> (L.) Spreng. (b).....	29
Figure 8. Pouvoir réducteur de l'acide ascorbique (a) et des huiles essentielles de <i>Cymbopogon schoenanthus</i> (L.) Spreng. (b).	31
Figure 9. Variation temporelle des taux de mortalité corrigée de <i>Macrosiphoniella</i> sp. exposées à différentes doses des huiles essentielles de <i>Cymbopogon Schoenanthus</i> (L.) Spreng	34

SOMMAIRE

Introduction	1
Synthèse bibliographique	
1. <i>Cymbopogon schoenanthus</i> (L.) Spreng.	3
1.1. Généralité	3
1.2. Description botanique	3
1.3. Systématique	4
1.4. Utilisation traditionnelle	4
1.5. Composition chimique	4
2. Huiles essentielles	5
2.1. Définition	5
2.2. Caractéristiques phyco-chimiques	5
2.3. Composition chimique	5
2.3.1. Composés terpéniques	6
2.3.2. Composés aromatiques dérivés du phénylpropane	7
3. Activités biologiques	8
3.1. Activité antioxydante	8
3.1.1. Stress oxydant	8
3.1.2. Radicaux libres et les espèces réactives	8
3.1.3. Formes des radicaux libres	9
3.1.4. Sources des radicaux libres	9
3.1.5. Rôle physiologique des radicaux libres	10
3.1.6. Cibles des radicaux libres	11
3.1.7. Stress oxydatif et pathologies humaines	12
3.1.8. Systèmes de défense antioxydants	13
3.2. Activité antimicrobienne	15
3.2.1. Mode d'action des huiles essentielles	15
3.3. Activité insecticide	16
3.3.1. Mode d'action des huiles essentielles	16
Matériel et méthodes	
1. Matériel	17
1.1. Matériel végétal	17
1.2. Matériel animal	17
1.3. Souches bactériennes	17
1.4. Produits chimiques et appareillage	17
1.4.1. Produits chimiques	17
1.4.2. Appareillage	18
2. Méthodes	18
2.1. Extraction des huiles essentielles	18
2.2. Caractères organoleptiques	18
2.3. Détermination des propriétés physicochimiques	18
2.3.1. Mesure de pH	18
2.3.2. Densité relative à 20°C	19
2.3.3. Indice de réfraction	19

2.3.4. Mesure de la miscibilité à l'éthanol	19
2.3.5. Indice d'acidité	19
2.4. Evaluation de l'activité antioxydantes	20
2.4.1. Capacité antioxydante totale	20
2.4.2. Test de piégeage du radical DPPH	20
2.4.3. Pouvoir réducteur	21
2.5. Evaluation de l'activité antibactérienne	22
2.6. Evaluation de l'activité insecticide	23
2.6.1. Evaluation de la mortalité par contact	23
2.6.2. Exploitation des résultats	23
2.7. Analyses statistiques	24
Résultats et discussion	
1. Rendement des huiles essentielles	25
2. Caractéristiques organoleptiques	25
3. Caractéristiques physico-chimiques	26
3.1. Caractéristiques physiques	26
3.2. Caractéristiques chimiques	27
4. Activités biologique des huiles essentielles	27
4.1. Activité antioxydante	27
4.1.1. Capacité antioxydante totale	27
4.1.2. Activité anti-radicalaire vis-à-vis du radical DPPH	29
4.1.3. Pouvoir réducteur	31
4.2. Activité antibactérienne	32
4.3. Activité insecticide	34
Conclusion et perspectives	36
Références bibliographiques	38

INTRODUCTION

Introduction

Pendant une longue période, la médecine traditionnelle a principalement utilisé les remèdes naturels, en particulier les plantes médicinales et aromatiques pour soigner les maladies. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), environ 80% de la population mondiale utilise la médecine traditionnelle à base de plantes pour traiter diverses maladies en tant que soins primaires (**Mahiout et al., 2020**).

Les plantes médicinales et aromatiques constituent une source importante de composés ayant des applications multiples dans l'industrie alimentaire, la cosmétologie et la pharmacie. Les huiles essentielles sont l'un des composés clés que l'on peut trouver dans ces matières végétales (**Şenkal et al., 2020**).

Dû à leurs effets secondaires et à la méfiance accrue suscitée par l'usage des produits chimiques, la recherche actuelle s'oriente donc, vers l'exploitation des substances naturelles et parmi lesquelles figurent les huiles essentielles, Celles-ci sont bien connues pour leurs propriétés antibactérienne, antifongique, antivirale, antioxydante et anti-inflammatoire (**Baali et al., 2022 ; Righi et al., 2023**).

Actuellement, plusieurs questions se sont soulevées concernant l'efficacité et la sécurité des produits chimiques utilisés en médecine ou dans l'industrie alimentaire. En effet, les maladies infectieuses résistantes aux antibiotiques constituent un domaine qui suscite actuellement un intérêt considérable pour la recherche (**Awuchi, 2019**).

De nos jours, la demande en antioxydants naturels est très forte, en raison des préférences des consommateurs et des problèmes de santé associés à l'utilisation d'antioxydants synthétiques tels que le butylhydroxyanisole (BHA) et le butylhydroxytoluène (BHT), soupçonnés d'avoir des effets mutagènes, cancérigènes et tératogènes lors d'une utilisation à long terme (**Chebbac et al., 2022**).

En raison de son efficacité et de son application facile et pratique, l'utilisation des insecticides chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus pratiquée pour lutter contre les insectes ravageurs. Cependant, l'emploi intensif et inconsidéré de ces insecticides a provoqué une contamination de la chaîne alimentaire, et l'apparition d'insectes résistants (**Chitara et al., 2022 ; Khan et al., 2023**). En plus, le prix élevé de ces pesticides incite aussi à chercher des méthodes alternatives afin de diminuer leur utilisation (**Jacquet et Jouan, 2022**).

Introduction

Dans ce contexte et à travers cette présente étude, nous nous sommes proposés de rechercher de nouvelles substances naturelles extraites à partir d'une plante médicinale et aromatique : *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng., une plante médicinale saharienne, appartenant à la famille des Poaceae et connue localement sous le nom de « EL Lamad ». Elle est utilisée en phytothérapie et dans la médecine traditionnelle, grâce à son efficacité dans le traitement des problèmes digestifs, pour traiter les spasmes intestinaux ainsi que pour traiter l'anorexie (Aous *et al.*, 2019). Pour cela, notre travail vise à atteindre les objectifs suivants :

- ✓ Extraction des huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng.
- ✓ Evaluation *in vitro* de l'activité antioxydante.
- ✓ Evaluation de l'activité antibactérienne.
- ✓ Evaluation de l'activité insecticide.

Ce mémoire est subdivisé en trois chapitres : dont le premier est consacré à une synthèse bibliographique qui comprend deux volets : le premier volet est consacré à l'étude de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng., sa description botanique, sa systématique ainsi que ses utilisations en médecine traditionnelle. Le deuxième et le troisième volets donnent un aperçu sur les huiles essentielles : principales classes et leurs activités biologiques. Par ailleurs, le deuxième chapitre rassemble le matériel et les méthodes utilisées pour réaliser nos expériences et le troisième chapitre est consacré aux résultats obtenus et leurs discussions. Enfin on termine par une conclusion et des perspectives.

**SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE**

1. *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng.

1.1. Généralités

Le terme *Cymbopogon* est issu de la combinaison des mots grecs *kymbe* (qui signifie bateau) et *pogon* (barbe), faisant référence à la forme de la hampe florale de la plante, le nom "*Schoenanthus*" est dérivé du grec *scheinos*, qui signifie jonc ou corde, en référence à l'apparence de la tige de la plante (Muller, 2004).

Selon Benhouhou (2005), la plante est connue sous plusieurs appellations selon les régions du monde :

- Arabe : El Lamad, idjhir (اللماد).
- Berbère : Tébarémt.
- Anglais : Camel's hay, camel grass.
- Français : Schoenante officinale, herbe à chameau, paille de la Mecque.

Cymbopogon schoenanthus (L.) Spreng. est l'une des 180 espèces appartenant au genre *Cymbopogon* (Wahiba, 2021). Elle pousse à l'état sauvage dans la plupart des pays tropicaux d'Afrique et d'Asie (Castañeda-Ovando *et al.*, 2009; Li *et al.*, 2014). La plante *C. schoenanthus* est facilement détectée par son odorat (Lee *et al.*, 2009).

1.2. Description botanique

Cymbopogon schoenanthus (L.) Spreng. est une plante graminée qui pousse en touffes denses mesurant environ 30 à 40cm de haut et comprenant plusieurs rejets. Elle possède une souche aromatique ainsi que de nombreuses tiges courtes. Les feuilles sont étroites, longues et souples au début, puis deviennent coriaces et s'enroulent sur elles-mêmes. Les tiges florales sont dressées et très longues. Les épis peuvent être plus ou moins teintés de violet. La plante dégage une odeur puissante et très agréable, principalement lorsqu'elle se dessèche (Figure 1). Sa période de végétation est caractérisée par l'épiaison qui se produit en avril-mai (Ozenda, 1991; Quezel *et al.*, 1963).



Figure 1. Aspect morphologique de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. (**Photo originale, 2023**).

1.3. Systématique

Selon INPN (2023), l'espèce *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. occupe la position systématique suivante :

- **Règne :** Plantae
- **Embranchement :** Spermatophyta
- **Classe :** Equisetopsida
- **Ordre :** Poales
- **Famille :** Poaceae
- **Genre :** *Cymbopogon* Spreng.
- **Espèce:** *Cymbopogon schoenanthus* (L). Spreng.

1.4. Utilisation traditionnelle

La *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. est une plante utilisée dans la médecine traditionnelle pour traiter divers maux tels que les rhumatismes, la fièvre, les infections urinaires, la goutte, l'inflammation de la prostate, les maladies du rein, les douleurs d'estomac, les spasmes intestinaux, les intoxications alimentaires, l'anorexie, les troubles digestifs et les maux de reins. Elle est également utilisée comme diurétique pour inhiber la formation de calculs rénaux. En outre, elle peut être utilisée pour parfumer le thé et faciliter la digestion (El Ghazali *et al.*, 1997; Sahki, 2004).

1.5. Composition chimique

Selon Moreira *et al.* (2008), les huiles essentielles extraites par hydrodistillation des parties aériennes et des racines de *Cymbopogon schoenanthus* récoltées dans la région de Ghardaïa contiennent : guaiol (20,4%), cis-beta- terpinéol (16,2%), hinésol (10,5%), cis-

sabinène hydrate (10,0%) pour l'huile de la partie aérienne ; et l'agarospirol (14,2%), le cis-beta-terpinéol (12,6%) pour l'huile des racines.

2. Huiles essentielles

2.1. Définition

Une huile essentielle est un produit aromatique, qui possède une composition chimique complexe, extraite à partir d'une source végétale spécifique, grâce à l'une des méthodes suivantes : entraînement à la vapeur d'eau, distillation sèche ou extraction mécanique sans utilisation de chaleur (**Benoit, 2015**). Les huiles essentielles se trouvent dans toutes les parties de la plante, notamment dans les écorces, racines, feuilles, fleurs et fruits, et sont présentes dans toutes les régions climatiques du monde (**Lakhdar, 2015**).

2.2. Caractéristiques physico-chimiques

Selon **Sallé et al. (1991)** les huiles essentielles possèdent un certain nombre de propriétés physiques en commun :

- Les huiles essentielles sont des liquides à température ordinaire, elles se caractérisent par une forte odeur aromatique, généralement incolore ou de couleur jaune.
- Les huiles essentielles s'évaporent et se volatilisent à température ambiante.
- Elles ont une bonne solubilité dans des solvants organiques tels que l'alcool, l'éther, le chloroforme. Elles sont également solubles dans les émulsifiants mais peu solubles dans l'eau. Toutefois, leur odeur peut être transmise à l'eau.
- Elles peuvent s'altérer à la lumière et s'oxyder en présence d'oxygène, ce qui peut entraîner une modification de leur odeur, une augmentation de leur point d'ébullition et une diminution de leur solubilité. De plus, elles peuvent devenir résineuses en absorbant de l'oxygène.

2.3. Composition chimique

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de structure pouvant contenir plus de 300 composés différents. Ces composés odorants appartiennent principalement à deux groupes distincts en fonction de leur voie de biosynthèse : les terpènes et les terpénoïdes, qui sont beaucoup plus fréquents, et les composés aromatiques dérivés du **phénylpropane** (**Jean, 2009; Sell, 2006**).

2.3.1. Composés terpéniques

Ces composés sont identifiés comme des métabolites secondaires et se caractérisent par la présence d'une unité isoprénique à 5 atomes de carbone (C_5H_8) dans leur structure de base (Figure 2) (Rahou, 2017).

Il existe différentes familles de terpènes qui se différencient selon le nombre d'unités isopréniques présentes dans leur squelette. Les monoterpènes sont formés de deux unités isopréniques ($C_{10}H_{16}$), les sesquiterpènes en sont constitués de trois unités isopréniques ($C_{15}H_{24}$), les diterpènes en contiennent quatre unités isopréniques ($C_{20}H_{32}$) et les triterpènes en contiennent six unités isopréniques ($C_{30}H_{48}$). Enfin, les tétraterpènes sont composés de huit unités isopréniques et peuvent conduire aux caroténoïdes. Les caroténoïdes sont issus de tétraterpènes, composés de huit isoprènes. Les polyterpènes ont une formule générale de $(C_5H_8)_n$, avec n variant de 9 à 30. Les terpénoïdes sont des terpènes qui contiennent une ou plusieurs fonctions chimiques (alcool, aldéhyde, cétone et acide). Dans la plupart des huiles essentielles, la majorité des composants sont des monoterpénoïdes et des sesquiterpénoïdes (Eslahi *et al.*, 2017).

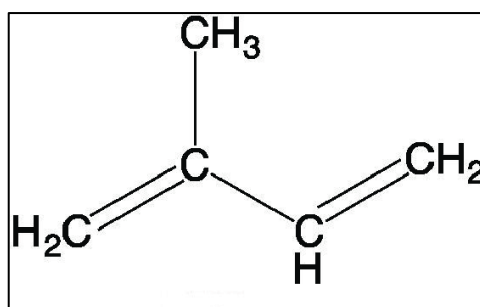


Figure 2. Structure de la molécule d'isoprène (Almarie *et al.*, 2020).

2.3.1.1. Mono et sesquiterpènes

Les monoterpènes et les sesquiterpènes sont connus comme des métabolites secondaires dérivant du précurseur isoprénique à cinq carbones, et représentent les constituants majeurs des huiles essentielles. Ils peuvent être acyclique (myrcène), monocyclique (carvone) ou bicyclique (cadinène) (Figure 3) (Selmi *et al.*, 2022).

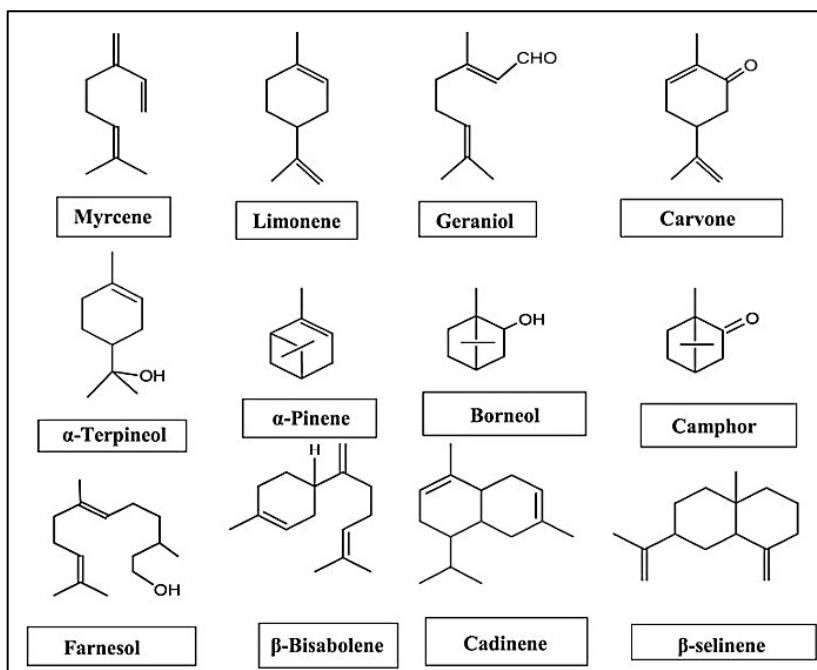


Figure 3. Exemples de structures mono- et sesquiterpènes (Selmi *et al.*, 2022).

2.3.2. Composés aromatiques dérivés du phénylpropane

Les composés aromatiques dérivés du phénylpropane sont moins fréquents dans les huiles essentielles que les monoterpènes et sesquiterpènes. Ils se composent souvent d'allyle et de propénylphénol (C₆-C₃) (Figure 4). Cette classe comporte des composés odorants bien connus comme la vanilline, l'eugénol, l'anéthole, l'estragole et bien d'autres (Eslahi *et al.*, 2017 ; Selmi *et al.*, 2022).

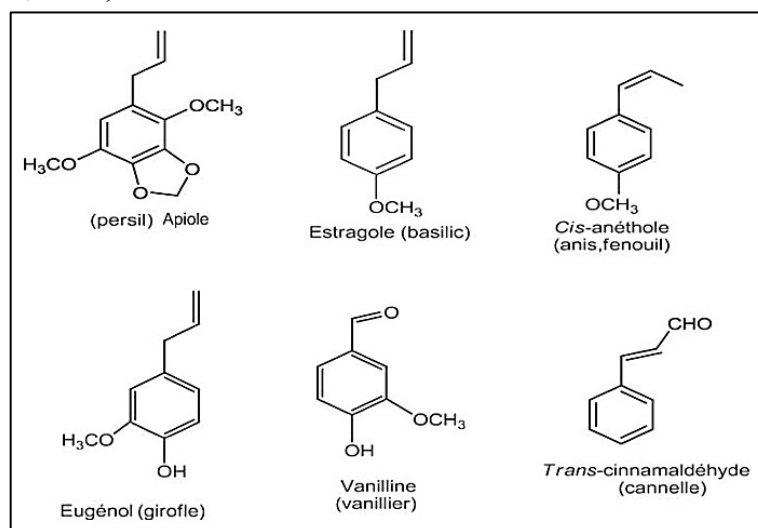


Figure 4. Exemples des composés dérivés du phénylpropane (Selmi *et al.*, 2022).

3. Activités biologiques

3.1. Activité antioxydante

Certains constituants des huiles essentielles présentent un potentiel antioxydant très marqué, ils sont actuellement commercialisés ; c'est le cas du thymol et du carvacrol (**Gholami-Ahangaran *et al.*, 2022**).

3.1.1. Stress oxydant

Le stress oxydant ou le stress oxydatif, est défini comme un déséquilibre entre la production d'oxydants et les mécanismes de défense antioxydants au sein d'un même organisme, ce qui conduit à des dommages dans les biomolécules comme les lipides, les protéines et les acides nucléiques (**Tu *et al.*, 2019**).

La réaction des espèces réactives d'oxygènes (ERO), à forte concentration, avec les composants biologiques entraînent des dommages à l'ADN, aux glucides, aux protéines et aux lipides, causant des lésions aux niveaux cellulaire et tissulaire, ce qui peut entraîner une inflammation, des troubles du vieillissement prématuré et plusieurs maladies, notamment le cancer, le diabète et l'athérosclérose (**Ranneh *et al.*, 2017**).

3.1.2. Radicaux libres et les espèces réactives

Le terme "radicaux libres" désigne des espèces chimiques ou des molécules qui possèdent un électron célibataire sur leur orbitale externe. Ce caractère de "célibataire" confère aux radicaux libres une grande réactivité et une instabilité, les rendant capables de réagir avec un grand nombre de composés. De plus, leur durée de vie est limitée (**Peña-Bautista *et al.*, 2019**).

La majeure partie de l'oxygène consommé par les cellules est réduite catalytiquement par quatre électrons pour produire deux molécules d'eau, soit plus de 90%. Cependant, il existe certaines oxydases capables de réduire l'O₂ avec moins de quatre électrons, créant ainsi des espèces oxygénées partiellement réduites et très réactives connues sous le nom ERO. Les ERO comprennent des radicaux libres tels que le radical hydroxyle (OH[•]), le radical superoxyde (O₂[•]) et sa forme protonée (HO₂[•]), le radical peroxy (ROO[•]) et des espèces non radicalaires telles que le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) et l'oxygène singulet (¹O₂). Ces molécules hautement réactives sont produites dans les organismes vivants (**Patterson *et al.*, 2019**).

Les espèces radicalaires dérivées de l'azote, connues sous le nom d'espèces réactives du nitrogène (ERN), comprennent le radical monoxyde d'azote (NO[•]), l'anion peroxydinitrite

Partie bibliographique

(ONOO⁻), le radical dioxyde d'azote (NO₂[•]) et d'autres oxydes d'azote. Ces espèces sont produites par la réaction du monoxyde d'azote avec l'oxygène (O₂) (Singh *et al.*, 2019).

3.1.3. Formes des radicaux libres

Les radicaux libres peuvent être classés en deux catégories : les radicaux libres proprement dits et les dérivés radicalaires (Tableau I). Cependant, les espèces non réactives ne sont pas vraiment des radicaux libres mais peuvent conduire à des réactions radicalaires et générer d'autres espèces réactives dans les organismes vivants (Jha *et al.*, 2017).

Tableau I. Classification des radicaux libres espèces réactives et non-réactives (Engwa, 2018).

Radicaux libres	Nom	Symbole
Espèces réactives	Oxygène (bi-radical)	O ₂ [•]
	Anion superoxyde	O ₂ ^{•-}
	Ion hydroxyle	OH [•]
	Le radical pyroxyde	ROO [•]
	Le radical alkoxyde	RO [•]
	L'oxyde nitrique	NO [•]
Espèces non-réactives	Peroxyde d'hydrogène	H ₂ O ₂
	Peroxyde Organique	ROOH
	Acide hypochloreux	HOCL
	Aldéhydes	HCOR
	Ozone	O ₃
	Oxygène Singlet	¹ O ₂
	Peroxynitrite	ONOOH

3.1.4. Sources des radicaux libres

3.1.4.1. Sources endogènes

L'inflammation, l'ischémie, l'infection, le cancer, l'exercice excessif, le stress mental et le vieillissement sont tous responsables de la production endogène des radicaux libres. Cela comprend les réactions enzymatiques pour générer ces radicaux libres. Il s'agit notamment des réactions impliquées dans la chaîne respiratoire, le système cytochrome P450, les phagocytes, les réactions impliquant le fer et d'autres métaux de transition, les peroxysomes et la xanthine oxydase (Pizzino *et al.*, 2017 ; Sies, 2019).

3.1.4.2. Sources exogènes

Il existe de nombreux facteurs exogènes qui peuvent influencer la production et/ou causer une diminution dans l'élimination des radicaux libres.

Les radiations ionisantes telles que les rayons X ou gamma peuvent entraîner la formation de radicaux libres en dissociant la molécule d'eau en deux radicaux. Les rayonnements UV peuvent également produire des espèces réactives de l'oxygène telles que l'anion superoxyde ou l'oxygène singulet par l'activation des photosensibilisants. Il existe une diversité de xénobiotiques (comme les toxines, les pesticides, les herbicides, etc...) et de médicaments (comme les antibiotiques, les anticancéreux, etc...) qui peuvent causer la production des ERO comme un produit de leur métabolisme, en plus de l'exposition à des agressions environnementales telles que les agents infectieux, la pollution et la fumée de cigarette (**Fouad, 2005; Valko et al., 2006**).

3.1.5. Rôle physiologique des radicaux libres

A concentration modérée non cytotoxique, les radicaux libres peuvent intervenir dans le contrôle d'un certain nombre de fonctions cellulaires importantes, impliquées notamment dans l'adéquation de l'approvisionnement en oxygène ou encore dans la réponse inflammatoire/immunitaire (**Cumpstey et Feelisch, 2017**).

Les radicaux sont largement impliqués dans la signalisation cellulaire pour maintenir une homéostasie cellulaire et permettre la communication de la cellule avec le milieu extérieur (**Weidinger et Kozlo, 2015**). Les ERO sont également impliqués dans les systèmes de défense immunologique. Il a été montré qu'une grande quantité des ERO est produite par les cellules immunitaires, plus particulièrement les cellules phagocytaires (**Pizzino et al., 2017**).

Les ERO sont également impliqués dans la transcription des gènes, la transduction des signaux (**Zhang et al., 2016**).

Les NO produits par les neurones sont utilisés comme neurotransmetteurs, tandis que ceux produits par les phagocytes, tels que les monocytes, les macrophages et les neutrophiles, jouent le rôle de médiateurs de l'immunité. Les NO sont également impliqués dans des fonctions telles que l'adhérence des leucocytes, la thrombose, l'angiogenèse, le tonus vasculaire et la modulation de l'activité enzymatique (**Madamanchi et al., 2013**).

3.1.6. Cibles des radicaux libres

Bien que les ERO soient bénéfiques pour les voies physiologiques normales et les fonctions cellulaires nécessaires, une surproduction et une concentration élevée peuvent avoir des effets toxiques sur les cellules en causant des dommages aux macromolécules, tels que les lipides, l'ADN et les protéines (Gandhi *et al.*, 2012; Kardeh *et al.*, 2014).

3.1.6.1. Acide désoxyribonucléique (ADN)

Les molécules d'acides nucléiques sont particulièrement vulnérables aux ERO. L'attaque de ces radicaux peut se manifester de différentes manières, soit directement en oxydant les bases et en provoquant la formation de nombreuses bases modifiées, soit en ciblant la liaison entre la base et le désoxyribose, entraînant la formation de sites abasiques, soit encore en ciblant directement le sucre et entraînant une coupure de brin simple (Van Houten *et al.*, 2018).

Prenant l'exemple de guanine qui peut être attaquée par les radicaux libres tels que le radical hydroxyle ($\bullet\text{OH}$), formant ainsi un dérivé appelé 8-hydroxy-2'-déoxyguanosine (8-OH-dG). Cette altération chimique de l'ADN peut causer des mutations, perturber l'appariement normal de guanine, au lieu de s'apparier avec la cytosine, s'associera avec l'adénine, entraînant des mutations au sein de l'ADN, Ces mutations peuvent être impliquées dans le développement du cancer et le processus de vieillissement (Haleng *et al.*, 2007).

3.1.6.2. Protéines

Les acides aminés ont des réactivités variables envers les ERO. Certains acides aminés tels que l'histidine, la proline, le tryptophane, la cystéine et la tyrosine sont plus susceptibles de subir une attaque radicalaire, entraînant l'oxydation de certains résidus. Ces réactions peuvent produire des groupes carbonylés, des clivages de chaînes peptidiques et des ponts bi-tyrosine intra- et inter-chaînes. Ces dommages oxydatifs peuvent affecter l'activité des enzymes, des récepteurs et le transport membranaire conduisant à l'altération du mécanisme de transduction du signal, des activités enzymatiques, la stabilité thermique et de la sensibilité à la protéolyse (Haleng *et al.*, 2007 ; Engwa, 2018).

3.1.6.3. Lipides

Les lipides de la membrane cellulaire sont extrêmement vulnérables aux radicaux libres et aux ERO en raison de la présence des lipides insaturés tels que l'acide linoléique et l'acide arachidonique (Zielinski *et al.*, 2017).

Partie bibliographique

La perte d'un atome d'hydrogène à partir d'une molécule d'acide gras polyinsaturé marque le début du processus de peroxydation lipidique. Cela conduit à la formation d'un nouveau radical libre après la perte d'un atome d'hydrogène à partir d'une deuxième molécule d'acide gras polyinsaturé (Taso *et al.*, 2019).

Les radicaux libres produits peuvent amorcer une réaction en chaîne de peroxydation au niveau des acides gras insaturés des phospholipides membranaires. Cette réaction peut conduire à l'altération de la membrane cellulaire, entraînant une perte d'organisation de la structure bicouche lipidique, qui est nécessaire pour le fonctionnement des enzymes et des récepteurs membranaires associés (Gavrić *et al.*, 2017).

3.1.7. Stress oxydatif et pathologies humaines

Les processus de régulation de l'oxygène et de ses métabolites sont perturbés, causant un stress oxydatif qui peut être associé à diverses pathologies (Tableau II). Un grand nombre des troubles a été établi par des études épidémiologiques et cliniques, démontrant l'implication potentielle du stress oxydatif dans plus d'une centaine de pathologies humaines différentes tels que le diabète, l'athérosclérose au cancer tout en passant par les maladies cardiovasculaires, inflammatoires et neurodégénératives (Favier, 2003).

Tableau II. Principales pathologies des radicaux libres.

Pathologie	Référence
Maladies cardiovasculaires	(Liguori <i>et al.</i> , 2018)
Cancers	(Nichols <i>et al.</i> , 2017)
Maladies inflammatoires	(Blaser <i>et al.</i> , 2016)
Athérosclérose	(Pisoschi <i>et al.</i> , 2015)
Maladies auto-immunes	(Colucci <i>et al.</i> , 2015)
Maladies d'Alzheimer et de parkinson	(Peña-Bautista <i>et al.</i> , 2019; Smaga <i>et al.</i> , 2015)
Arthrite rhumatoïde	(Mateen <i>et al.</i> , 2016)
Diabète	(Oguntibeju, 2019)

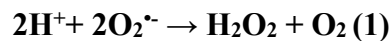
3.1.8. Systèmes de défense antioxydants

Le système de défense antioxydant est constitué d'un ensemble de mécanismes destinés à contrôler l'oxydation et ses effets néfastes. Ce système comprend plusieurs lignes de défense qui visent à prévenir la formation des radicaux libres, à neutraliser ces derniers lorsqu'ils sont déjà formés, à réparer les dommages qu'ils ont causés et à prévenir les conditions favorables à leur formation (**Dias, 2019**).

3.1.8.1. Antioxydants enzymatiques

- **Superoxyde dismutase (SOD)**

La SOD est cruciale pour l'organisme car elle possède une fonction antioxydante essentielle. En effet, elle est considérée comme l'enzyme antioxydante "anti-O₂^{•-}" la plus importante dans toutes les cellules vasculaires. La SOD est située dans le cytosol et les mitochondries, elle convertit l'O₂^{•-} en oxygène et H₂O₂ (**Equation 1**), en présence des cofacteurs d'ions métalliques tels que le cuivre (Cu), le zinc (Zn) ou le manganèse (Mn) (Figure 2) (**Engwa, 2018**).



- **Catalase**

La Cat est une enzyme présente dans divers tissus, dont le foie et les globules rouges, qui assure une fonction de protection contre les radicaux libres en catalysant la décomposition du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) en eau et oxygène moléculaire (**Equation 2**) (**Ighodaro et al., 2018**). Elle est particulièrement abondante dans les peroxysomes, des organites cellulaires qui limitent sa diffusion dans le cytosol et les mitochondries, où elle ne peut pas neutraliser l'H₂O₂ produit (**Awad et al., 2018**).



- **Glutathion peroxydase (GPx)**

La GPx est une enzyme séléno-dépendante, se trouve dans le cytoplasme de presque toutes les cellules humaines ainsi que dans l'espace extracellulaire et convertit le H₂O₂ (**Nimes et al., 2015 ; Tvrda et al., 2017**). Cette enzyme travaille en synergie avec la SOD car elle accélère la dismutation de H₂O₂ en H₂O et O₂ (**Mukwevho et al., 2014; Pisoschi et al., 2015**).

3.1.8.2. Antioxydants non enzymatiques

Les composés antioxydants non enzymatiques, contrairement à ceux enzymatiques, peuvent être endogènes ou exogènes. Les antioxydants non enzymatiques ont une faible masse

moléculaire et ont la capacité de prévenir et/ou de réduire les dommages causés par le stress oxydatif (Nimse *et al.*, 2015).

- **Glutathion réduit (GSH)**

Le GSH est constitué d'un tripeptide (Lγglutamy-l-cystéinyl-glycine) et est l'antioxydant le plus répandu dans toutes les cellules végétales (Poljsak *et al.*, 2013). Le GSH a la capacité de neutraliser le peroxyde d'hydrogène, le radical hydroxyle ainsi que l'acide hypochloreux (Sung *et al.*, 2013).

- **Acide urique**

L'acide urique est un antioxydant hydrophile généré lors du métabolisme des nucléotides puriques. C'est un puissant donneur d'électrons et un piègeur sélectif de ONOO⁻, et est un puissant piègeur d'¹O₂ singulet, de HO[•], de peroxydes lipidiques et HOCl. Il empêche également la lyse des érythrocytes causée par la peroxydation lipidique (Moussa, 2019).

- **Vitamine E**

La vitamine E se compose de quatre isomères de tocophérol, α, β, γ et δ, qui ont des niveaux d'activité antioxydante différents. Cette vitamine est présente dans diverses sources telles que les huiles végétales, les pépins, le germe et les grains de blé. La forme la plus active de la vitamine E est l'α-tocophérol, qui est liposoluble et se fixe sur la membrane cellulaire. Elle est capable d'inhiber la chaîne de réactions de peroxydation des lipides (Blumberg *et al.*, 2018; Liu *et al.*, 2018; Luciano *et al.*, 2017).

- **Vitamine C**

La vitamine C, également connue sous le nom d'acide L-ascorbique, est un antioxydant qui est soluble dans l'eau et présent dans le cytosol ainsi que dans le fluide extracellulaire. Elle a la capacité de capturer directement les espèces réactives de l'oxygène telles que l'anion superoxyde O₂^{-•}, le radical hydroxyle HO[•] et l'oxygène singulet. De plus, elle réduit le peroxyde d'hydrogène en eau par l'intermédiaire de l'ascorbate peroxydase (Smirnoff, 2018). Elle protège également les phospholipides membranaires des dommages peroxydants (Pisoschi *et al.*, 2015).

- **Caroténoïdes**

Les caroténoïdes sont des pigments organiques naturels qui sont produits dans les plastides des plantes et les algues. Ce sont des antioxydants liposolubles les plus abondants ayant la capacité de piéger particulièrement les LOO[•] et ¹O₂ (Moussa *et al.*, 2019). Ils jouent un rôle crucial dans la protection des lipoprotéines et des membranes cellulaires contre la peroxydation

lipidique. Les seuls radicaux libres qui détruisent complètement ces pigments sont les radicaux peroxydes (Carocho et Ferreira, 2013).

- **Oligoéléments**

Les oligoéléments sont des éléments nécessaires à notre organisme en quantités minimales, tels que le fer, le cuivre et le zinc. Leur carence peut entraîner des risques pour la santé. Ils peuvent également jouer un rôle important dans la protection contre les radicaux libres de l'oxygène qui peuvent être potentiellement toxiques (Marreiro *et al.*, 2017; Zoidis *et al.*, 2018).

- **Polyphénols**

Les polyphénols sont des composés organiques de poids moléculaire élevé que l'on retrouve largement dans le règne végétal. Ils sont connus pour leurs propriétés antioxydantes, en particulier la classe des flavonoïdes. Les flavonoïdes ont plusieurs modes d'action dans la régulation du stress oxydatif, notamment en capturant directement les espèces réactives de l'oxygène, en chélatant différents métaux de transition tels que le fer, et en inhibant l'activité de certaines enzymes qui sont responsables de la production d'espèces réactives de l'oxygène, comme la xanthine oxydase (Li *et al.*, 2014; Xu *et al.*, 2017).

3.2. **Activité antimicrobienne**

La majorité des huiles essentielles ont un spectre d'action très étendu contre un large éventail de microorganismes dont les bactéries, les champignons et les levures, les virus et les protozoaires. Les huiles essentielles les plus étudiées dans la littérature ayant la propriété antibactérienne et antifongique appartiennent à la famille des Lamiacées, tel le cas des huiles essentielles de *Artemisia vulgaris* L., *Lavanula steochas* L. (Ramdan *et al.*, 2017 ; Baali *et al.*, 2019 ; Singh *et al.*, 2023).

L'activité antimicrobienne des huiles essentielles est principalement due à la présence de composés volatils comme les terpènes, les alcools, les acides, les esters, les époxydes, les aldéhydes, les cétones, thujanol, myrcénol, thuyone, camphre et carvone. Plusieurs recherches ont montré l'activité antimicrobienne des huiles essentielles qui pourraient remplacer les antibiotiques synthétiques conventionnels (Hou *et al.*, 2022).

3.2.1. **Mode d'action des huiles essentielles**

L'action des huiles essentielles s'exerce sur un large spectre de bactéries, incluant les bactéries à Gram positives et les bactéries à Gram négatives. La structure de la paroi cellulaire des bactéries à Gram positives les rend toutefois plus sensibles à l'action des huiles essentielles.

Cette caractéristique confère aux bactéries négatives une résistance à l'huile et même aux antibiotiques (**Brahmi et al., 2016**). D'une manière générale, leur action se déroule en trois phases (**Hou et al., 2022**):

- Attaque de la paroi bactérienne par l'huile essentielle, provoquant une augmentation de la perméabilité puis la perte des constituants cellulaires.
- Acidification de l'intérieur de la cellule, bloquant la production de l'énergie cellulaire et la synthèse des composants de structure.
- Destruction du matériel génétique, conduisant à la mort de la bactérie.

3.3. Activité insecticide

De nombreuses études se développent actuellement pour isoler ou identifier des substances secondaires extraites de plantes qui ont une activité insecticide, répulsive ou antiappétante vis-à-vis des moustiques et autres insectes (**Demircia et al., 2017 ; Duque et al., 2023 ; Ramachandran et al., 2023**), tel le cas des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* L. (**Čmiková et al., 2023**). De plus, des produits issus de 20 espèces florales possèdent des effets insecticides contre un certain nombre d'insectes Coléoptères ont été décelés (**Fouad et al., 2023**).

3.3.1. Mode d'action des huiles essentielles

Les activités des huiles essentielles décrites sur les insectes sont variées : larvicides, adulticides, répulsifs ou inhibiteurs de croissance (**Isman, 2020**). En général, le mode d'action du bioinsecticide est fondé sur la perturbation anatomique, physiologique ou biochimique dans le métabolisme de l'insecte : attaque au système nerveux, perturbation de la respiration cellulaire et de la mise en place de la cuticule (**Ralalarinivo, 2010**).

La plupart des huiles essentielles agissent en perturbant la structure de la membrane cellulaire mais, pour certaines, des effets neurotoxiques ont pu être mis en évidence, dus à des interactions avec des neurotransmetteurs tels que le GABA (acide gamma-aminobutyrique) et l'octopamine, ou par inhibition de l'acétylcholinestérase (**Isman et Tak, 2017**).

Enfin, certaines huiles essentielles peuvent potentialiser l'action d'autres molécules en inhibant les cytochromes P450 qui normalement les détoxifient. Par leur volatilité et leur petite taille, beaucoup des constituants des huiles essentielles interagissent avec les récepteurs d'odeur des insectes, déclenchant des comportements variés : fuite, attraction, oviposition (**Regnault-Roger et al., 2012**).

MATERIEL ET METHODES

1. Matériel

1.1. Matériel végétal

La partie aérienne de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. a été collecté durant le mois de mars 2023 dans la région d'Oued Metlili (Ghardaia). L'identification botanique de la plante a été effectuée par Mr. BENSEMAOUNE Youcef, au niveau du Département de Biologie de l'Université de Ghardaia, en se basant aussi sur la flore de **Quezel et Santa (1962)**. La plante une fois récoltée est nettoyée, séchée à l'obscurité à température ambiante pendant au moins 10j, puis réduite en poudre avant le processus d'extraction.

1.2. Matériel animal

Le choix de notre étude s'est porté sur le puceron : *Macrosiphoniella* sp. (Hemiptera: Aphididae) en raison de sa répartition étendue dans la nature. La procédure de capture de cet insecte au laboratoire est simple, ce qui nous permet d'utiliser un nombre significatif d'individus pour tester notre huile essentielle (HE). Les adultes mâles et femelles utilisés sont retirés manuellement, à l'aide d'une aiguille, des feuilles de *Chrysanthemum* infestés au niveau du laboratoire.

1.3. Souches bactériennes

Le choix des microorganismes a été porté sur six souches de la collection internationale (American Type Culture Collection ; ATCC). Nous avons choisi deux groupes de bactéries :

- Des bactéries Gram positives : *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Bacillus subtilis* ATCC 6633 et *Listeria monocytogenes* ATCC 13932.
- Des bactéries Gram négatives : *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Escherichia coli* ATCC 8739 et *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027.

1.4. Produits chimiques et appareillage

1.4.1. Produits chimiques

Les principaux produits chimiques utilisés dans ce travail comprennent : méthanol, chlorure d'aluminium (AlCl_3), β -carotène, acide trichloracétique (TCA), l'hydroxytoluène butylé (BHT), chlorure ferreux (FeCl_3), 2, 2'-azinobis (3ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS), persulfate de potassium ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$), 2,2 diphényl-1 picryle hydrazyl (DPPH), acide ascorbique ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) et dimethyl sulfoxide (DMSO, $\text{C}_2\text{H}_6\text{OS}$).

1.4.2. Appareillage

Les différents appareils utilisés pour nos analyses sont : extracteur type Clevenger, spectrophotomètre UV-visible (SECOMAM), réfractomètre (ATAGO NAR-2T) balance de précision (OHAUS), étuve (MEMMERT), évaporateur rotatif type (HEIDOLPH).

2. Méthodes

2.1. Extraction des huiles essentielles

L'extraction des HEs de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. a été réalisée par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type (Clevenger), cette méthode d'extraction a été adoptée à partir de la pharmacopée Européenne (**Pharmacopée, 2008**).

Une quantité de 100g de la plante est broyée puis introduite dans un ballon de 2L, après 1L d'eau distillée a été ajoutée. Le ballon a été porté à ébullition pendant 3h. Les HE sont conservées au réfrigérateur dans des flacons en verre brun, hermétiquement fermés, à l'abri de la lumière et à une température de 0 à 4°C en vue de leurs utilisations.

Le rendement des HEs est le rapport entre la masse de l'HE récupérée et la masse de la matière végétale. Il est calculé selon la relation suivante :

$$\text{Rendement \%} = \frac{\text{Masse de HE}}{\text{Masse de la plante}} \times 100$$

2.2. Caractères organoleptiques

Les différentes caractéristiques organoleptiques (aspect, couleur et odeur) de l'HE de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. ont été notées.

2.3. Détermination des propriétés physicochimiques

Les propriétés physico-chimiques des HEs ont été déterminées selon les normes de l'Association Française de Normalisation (**AFNOR, 2000**), l'Organisation Internationale de Standardisation (ISO) et la Pharmacopée européenne (**Ph EUR, 2008**).

2.3.1. Mesure de pH

Le pH mesure l'activité chimique des ions Hydrogènes H⁺ en solution. Cette méthode décrit l'acidité ionique de l'HE à analyser (**Mahboub et al., 2019**), son principe consiste à tremper une bandelette.

2.3.2. Densité relative à 20°C

La densité relative d_{20}^{20} d'une substance est définie comme le rapport entre la masse d'un volume spécifique de cette substance et la masse d'un volume équivalent d'eau à une température de 20°C.

Un volume de 1mL de l'HE a été prélevé à l'aide d'une micropipette et pesé avec une balance analytique de précision en prenant en considération la masse de 1mL d'eau distillée égale à 1g.

La densité relative à 20°C est calculée selon la formule suivante :

$$d_{20}^{20} = \left(\frac{m_{HE}}{m_{H_2O}} \right)$$

Où m : masse en grammes.

2.3.3. Indice de réfraction

C'est le rapport du sinus de l'angle d'incidence d'un rayon lumineux dans l'air au sinus de l'angle de réfraction du rayon réfracté dans le milieu considéré.

Le réfractomètre a été calibré en mesurant l'indice de réfraction de l'eau distillée, qui devrait être de 1,333 à une température de 20°C. Ensuite, en ouvrant le prisme secondaire, une goutte de l'HE a été placée au centre du prisme principal. Enfin, le prisme secondaire a été fermé délicatement. Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un réfractomètre.

2.3.4. Mesure de la miscibilité à l'éthanol

La miscibilité de l'HE a été évaluée en utilisant de l'éthanol à 90° selon le protocole décrit ci-dessous. Dans un bécher de 50mL, nous avons ajouté 1,0mL de l'HE à tester. À l'aide d'une burette de 20mL, des gouttes d'éthanol à 90° sont ajoutées progressivement tout en agitant fréquemment à l'aide d'un agitateur magnétique, jusqu'à obtenir une dissolution complète. Nous avons ensuite enregistré le volume d'alcool utilisé pour obtenir une solution claire.

2.3.5. Indice d'acidité

L'indice d'acidité est une mesure exprimée en milligrammes, qui indique la quantité d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaire pour neutraliser les acides libres présents dans 1g de substance.

Pour l'analyse de l'indice d'acide, 1g de l'HE testée a été dissoute dans 30mL d'éthanol à 96%, préalablement neutralisé avec de KOH 0,02M et 0,5mL de solution de rouge de phénol.

Nous avons poursuivi la titration avec de KOH 0,02M jusqu'à ce que la couleur rose persiste pendant au moins 15s.

L'indice d'acide est calculé en utilisant la relation suivante :

$$I_A = \frac{v \times n \times 56,11}{m}$$

I_A : l'indice d'acidité.

v : le volume (mL) de KOH employé.

n : la normalité de la solution.

m : la masse (mg) de la prise d'essai.

2.4. Evaluation de l'activité antioxydantes

2.4.1. Capacité antioxydante totale (CAT)

La méthode décrite par **Prieto *et al.* (1999)** a été utilisée pour évaluer la CAT des HEs. Elle est basée sur la formation du complexe de phosphomolybdène Mo (V) réduit en présence d'un agent réducteur, de couleur verdâtre mesurable à 695nm. Un volume de 0,3mL de l'HE à différentes concentrations est mélangé avec 3mL de solution du réactif (0,6 M d'acide sulfurique, 28mM de phosphate de sodium et 4mM de molybdate d'ammonium). Les tubes sont ensuite incubés au bain-marie à une température de 95°C pendant 90min. Après refroidissement, l'absorbance des solutions est mesurée à 695nm contre un blanc où l'HE est remplacé par du méthanol. La capacité antioxydante totale est calculée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide ascorbique (0-250µg/mL) et elle est exprimée en µg d'équivalent d'acide ascorbique par milligrammes de l'HE (µg EAA/mg HE). L'activité de l'HE est enfin comparée à celle d'un témoin positif, BHT.

2.4.2. Test de piégeage du radical DPPH

Le test de DPPH est une méthode de dosage spectrophotométrique qui se base sur la réduction du radical stable DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl), dont la couleur est violet foncé, en DPPH réduit (2,2-diphényl-1-picrylhydrazine) de couleur jaune, l'intensité de la coloration est inversement proportionnelle à l'activité antiradicalaire. Cette réduction peut être facilement mesurée par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 517nm. Les composés antioxydants ont la capacité de céder des protons ou des électrons, ce qui entraîne cette réduction du radical DPPH (**Bandoniené *et al.*, 2002; Gazi *et al.*, 2004; Pavlov *et al.*, 2002**).

La méthode de **Li *et al.* (2009)** est utilisée pour estimer l'activité des HEs contre le radical DPPH[•]. Un volume de 1mL de la solution de DPPH[•] à une concentration de 0,1mM est mélangé avec 3mL de l'HE à différentes concentrations ou avec le standard (acide ascorbique). Le mélange est agité vigoureusement puis laissé à l'obscurité et à température ambiante pendant 30min. Ensuite, l'absorbance est mesurée à une longueur d'onde de 517nm en comparant avec un contrôle contenant 3mL de méthanol et 1mL de la solution de DPPH[•]. Les essais sont réalisés en triplicata et les résultats sont exprimés en activité antiradicalaire :

$$\text{Activité antiradicalaire I (\%)} = [(Ac - At)/Ac] \times 100$$

Ac : Absorbance de la solution du DPPH (contrôle négatif).

At : Absorbance de la solution du DPPH en présence de l'échantillon.

La concentration inhibitrice de 50% du DPPH (IC₅₀) de l'HE est calculée et exprimée en mg/mL et comparée avec celle de l'acide ascorbique.

2.4.3. Pouvoir réducteur

La capacité réductrice est évaluée en utilisant une réaction d'oxydoréduction entre l'HE et des ions métalliques de transition, notamment le fer. Pour cela, on utilise du ferricyanure de potassium K₃Fe(CN)₆ qui fournit des ions Fe³⁺. Ces derniers seront réduits en Fe²⁺ par les antioxydants présents dans l'extrait végétal. Ainsi, la quantité de Fe²⁺ peut être évaluée en mesurant et en suivant l'intensification de la couleur bleue dans le milieu réactionnel à une longueur d'onde de 700nm. Une augmentation de l'absorbance est indicative d'une augmentation du pouvoir réducteur de l'HE testée.

Le pouvoir réducteur de l'HE est déterminé selon la méthode décrite par **Oyaizu (1986)**. Un volume de 2,5mL de l'HE ou de l'antioxydant standard (acide ascorbique) à différentes concentrations ont été mélangés avec 2,5mL d'une solution tampon phosphate (0,2M, pH 6,6) et 2,5mL d'une solution de ferricyanure de potassium K₃Fe(CN)₆ à 1%. Le mélange a été incubé à 50°C pendant 20min dans un bain-marie. Ensuite, 2,5mL d'acide trichloracétique (TCA) à 10% ont été ajoutés pour stopper la réaction, puis les tubes ont été centrifugés à 3000 rpm pendant 10min à l'aide d'une centrifugeuse. Une aliquote de 2,5mL du surnageant a été combinée à 2,5mL d'eau distillée et 0,5mL d'une solution aqueuse de FeCl₃ à 0,1%. La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel a été effectuée à 700nm contre un blanc préparé en remplaçant l'HE par du méthanol.

Les résultats permettent de calculer la concentration de l'HE correspond à une absorbance égale à 0,5 obtenue par l'interprétation de la courbe de régression linéaire. L'activité de l'HE est enfin comparée à celle de l'acide ascorbique.

2.5. Evaluation de l'activité antibactérienne

Afin d'évaluer l'activité antimicrobienne de l'HE étudiée, nous avons adopté la méthode de diffusion sur milieu gélosé décrite par **Abdelli *et al.* (2016)** en utilisant des disques en papier Whatman stérile imprégné de l'HE à tester. Les souches bactériennes ont été réactivées pour obtenir des cultures jeunes en phase de croissance exponentielle. Les cultures ont été transférées sur de la gélose nutritive et incubées à une température de 37°C pendant 18 à 24h. Pour préparer les suspensions bactériennes, une ou plusieurs colonies de chaque culture pure ont été prélevées et ajoutées à 10mL d'eau physiologique stérile jusqu'à obtenir une turbidité équivalente à 0,5 sur l'échelle de McFarland (**Aycan *et al.*, 2015**).

Les concentrations bactériennes de l'inoculum sont évaluées en utilisant la turbidité et sont exprimées en mesurant la densité optique (DO) à 570nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Une valeur de densité optique entre 0,08 et 0,1 correspond à une concentration de 10⁶ unités formant colonies par mL (UFC/mL) (**Athamena *et al.*, 2010**).

Les souches bactériennes testées sont inoculées dans la gélose Mueller-Hinton (MH) stérile en surfusion par la méthode d'ensemencement en masse, puis elles sont distribuées dans des boîtes de Pétri stériles de 9cm de diamètre à raison de 15mL par boîte. Après solidification des boîtes, des disques de 6mm de diamètre (papier Wattman n°1) imprégnés de 10µL de l'HE pure sont placés sur les géloses. Les boîtes de Pétri sont placées à une température de 4°C pendant une durée de 2h afin de permettre la diffusion de l'HE dans le milieu. Ensuite, elles sont incubées à une température de 37°C pendant une période de 24 à 48h. Les essais sont réalisés en triplicata dans les mêmes conditions expérimentales. En parallèle la gentamicine 10µg (GM) a été utilisée comme contrôle positif. Les diamètres des zones d'inhibition (mm) ont été mesurés, y compris le diamètre des disques. Cette mesure est souvent transcrite dans différents symboles proportionnels à l'activité antimicrobienne (Tableau III).

Tableau III. Echelle de sensibilité des germes (Djabou *et al.*, 2013).

Inhibition (mm)	Transcription	Sensibilité
0	0	Résistant
<8	±	Non sensible
8 < Ø < 14	+	Moyennement sensible
14 < Ø < 20	++	Sensible
> 20	+++	Extrêmement sensible

2.6. Evaluation de l'activité insecticide

L'activité insecticide de l'HE de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. a été évaluée sur la mortalité des adultes du puceron noir (*Macrosiphoniella* sp.), en utilisant le mode de pénétration par contact. Ces évaluations ont été réalisées dans les conditions du laboratoire. L'évaluation de l'activité insecticide a été évaluée selon le protocole expérimental décrit par **Abdelli *et al.* (2016)**.

Les concentrations utilisées ont été fixées après la réalisation de plusieurs essais préliminaires pour déterminer la meilleure gamme à utiliser. Quatre concentrations de l'HE ont été préparées dans l'acétone pour les tests (0,1, 0,2, 0,4 et 0,8µL de l'HE/mL).

2.6.1. Évaluation de la mortalité par contact

Un volume de 1,5ml de chaque concentration a été uniformément réparti sur un disque de papier filtre d'un diamètre de 9cm. Après l'évaporation complète du solvant (acétone), chaque disque contenant l'HE à tester ou un disque témoin (acétone seul) a été délicatement placé dans des boîtes de Pétri de la même taille (9cm de diamètre et 2cm de hauteur), 10 insectes adultes de *Macrosiphoniella* sp. sont ajoutés avec une quantité de 1g des feuilles des chrysanthèmes. Ces boîtes ont été fermées par une moustiquaire à fines mailles soutenues par un élastique pour éviter la fuite des insectes.

2.6.2. Exploitation des résultats

2.6.2.1. Correction de la mortalité

Le comptage de la mortalité des individus a été effectué après 24h, 48h et 72h du traitement. Les résultats des tests effectués ne représentent pas uniquement la mortalité causée par l'HE ; mais il y a aussi la mortalité naturelle. La mortalité observée est exprimée après correction par la formule d'Abbott (**Abbott, 1925**).

$$MC (\%) = \frac{M - Mt}{100 - Mt} \times 100$$

MC (%) : Pourcentage de mortalité corrigée.

M (%) : Pourcentage de morts dans la population traitée.

Mt (%) : Pourcentage de morts dans la population témoin.

2.6.2.2. Détermination des concentrations et des temps létales

Pour estimer l'efficacité de l'HE obtenue, nous avons procédé au calcul des CL₅₀ qui représentent les concentrations entraînant la mortalité de 50% d'individus de la même espèce. La CL₅₀ est donc déterminée à partir de la droite exprimant le taux de mortalité (en unités Probits) en fonction du logarithme de la concentration administrée. Le temps létal 50 représente le temps au bout duquel nous avons observé une mortalité de 50% de la population traitée (Lapointe, 2004).

2.7. Analyses statistiques

Les résultats ont été exprimés sous forme de moyenne ± SD. L'analyse des données a été réalisée à l'aide du logiciel GraphPad Prism 7. Les différences ont été considérées statistiquement significatives pour p<0,05 dont l'ensemble des analyses statistiques en utilisant le test de Student.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Rendement des huiles essentielles

Les huiles essentielles de la plante *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. sont obtenues par la méthode d'hydrodistillation de type clevenger. Le rendement des huiles essentielles a été calculé par rapport 100g du poids de la plante sèche.

L'hydrodistillation a donné un rendement de $2,46 \pm 0,35\%$, ce résultat est supérieur à ceux obtenus par **Aous *et al.* (2019)** et **Malti (2019)** de l'espèce de Menia et Ghardaia, respectivement (1,63% et 1,1%) et proche à ceux rapportés par **Ben Nadji *et al.* (2018)**, qui ont obtenu un rendement de 2 % avec la même plante, récolté dans la même région, utilisant la même méthode d'extraction.

Les HES ont fait l'objet de quelques études, dont le rendement a été supérieur au nôtre. Notamment celle de **Kadri *et al.* (2017)** ; **Aous *et al.* (2019)**, qui ont obtenu un rendement de 3,3%, 3,7% (Tamanrasset et Djanet, respectivement) et 4,45% (Ghardaia).

Le rendement des huiles essentielles peut varier en fonction du type de plante, et même au sein d'un même type de plante, il peut varier considérablement en fonction de facteurs tels que l'emplacement géographique et la saison de récolte. Ces variations démontrent que des facteurs tels que la nature du sol, le climat et la qualité de la matière végétale utilisée peuvent avoir une influence sur la production d'huiles essentielles par une plante. (**Akrout *et al.*, 2009**)

2. Caractéristiques organoleptiques

Les paramètres organoleptiques de notre huile essentielle aspect, couleur, odeur sont résumés dans le Tableau IV.

Tableau IV. Caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles de *C. schoenanthus* (L.) Spreng.

Plante	Caractères organoleptiques		
	Aspect	Couleur	Odeur
<i>C. schoenanthus</i> (L.) Spreng.	Liquide, Limpide	Jaune pâle	Aromatique (forte et caractéristique)

Les huiles essentielles de *C. schoenanthus* (L.) Spreng. sont de couleur jaune pâle, de saveur piquante et d'odeur fortement aromatique.

3. Caractéristiques physico-chimiques

3.1. Caractéristiques physiques

Les méthodes d'analyse physique des huiles essentielles se concentrent principalement sur la mesure de la densité, de l'indice de réfraction et de la miscibilité avec l'éthanol. Les valeurs obtenues pour ces paramètres sont enregistrées dans le Tableau V.

Tableau V. Caractéristiques physiques des HEs de *C. schoenanthus* (L.) Spreng.

Propriété Physique	pH	d ₂₀	I ²⁰	Miscibilité à l'éthanol
HEs	5	0,833	1,491	1V/5,6
Ph. EUR. (2012)	<5,8	0,95-0,824	1,3-1,7	-

Les résultats obtenus après les analyses physico-chimiques sont vraiment proches à ceux trouvés par **Ben Nadji et al. (2018)**.

Les HEs de bonne qualité ont un pH inférieur à 5,8 et sont par conséquent légèrement acides. Ce qui est le cas pour les huiles essentielles de *C. schoenanthus* (L.) Spreng. dans notre étude, le pH est égal à 5. Il est important de noter que le pH joue un rôle crucial dans les réactions chimiques et biochimiques, et il peut avoir une influence sur les propriétés stabilisantes d'une huile essentielle, notamment ses effets antioxydants et antimicrobiens. Par conséquent, ce résultat suggère que ces huiles essentielles peuvent présenter un bon pouvoir stabilisateur contre les microorganismes et les insectes, ce qui permettra à ces HEs de jouer le rôle insecticide (**Ouis, 2015**).

La détermination de la densité relative peut être considérée comme un critère de pureté qui indique la présence de corps étrangers (**Kaloustian et al., 2013**). La densité des huiles essentielles est inférieure à celle de l'eau, ce qui est le cas pour les huiles essentielles (0,833) dans notre étude.

L'indice de réfraction obtenu est de l'ordre de 1,491. Il appartient à l'intervalle mentionné par AFNOR.

L'indice de réfraction est influencé par la composition chimique, qui augmente en fonction de la longueur des chaînes d'acides, de leur degré d'insaturation et de la température. Il varie principalement en fonction de la présence des monoterpènes et des dérivés oxygénés. Une concentration élevée des monoterpènes entraînera un indice de réfraction élevé (Zerrouk, 2019).

La miscibilité de l'huile essentielle dans de l'éthanol à 90% est d'un volume d'huile essentielle pour cinq volumes d'éthanol. Ces valeurs sont conformes aux normes françaises AFNOR, ce qui indique que l'huile essentielle est soluble dans l'éthanol.

3.2. Caractéristiques chimiques

Pour obtenir des données sur la composition et le degré de pureté des huiles essentielles, il est nécessaire d'étudier certains paramètres chimiques, (AFNOR, 2000). Les résultats de la détermination de l'acidité des huiles essentielles sont consignés dans le Tableau VI.

Tableau VI. Indice d'acidité des HEs de *C. schoenanthus* (L.) Spreng.

Propriété chimique	Indice d'acidité
HEs	1,6
Ph. EUR. (2012)	<2

Un indice d'acidité inférieur à deux, est une preuve de bonne conservation de l'huile. En effet, une huile fraîche ne contient que très peu d'acides libres. C'est pendant la période de stockage que l'huile peut subir des dégradations telle l'hydrolyse des esters (Kaloustian *et al.*, 2013). Nous avons obtenu dans notre étude un indice d'acide de 1,6, il est inférieur à deux, preuve d'une bonne conservation (faible quantité d'acides libres).

4. Activités biologique des huiles essentielles

4.1. Activité antioxydante

4.1.1. Capacité antioxydante totale

Ce test est basé sur la réduction du molybdène (VI) en molybdène (V) par l'extrait de plante. Cette réduction induit, à pH acide, la formation du complexe phosphate/Mo (V) de couleur verdâtre (Prieto *et al.*, 1999).

Résultats et discussion

La capacité antioxydante totale est déterminée en utilisant une équation de régression linéaire ($y=ax+b$) obtenue à partir de la courbe d'étalonnage établie avec l'acide ascorbique à différentes concentrations (Figure 5).

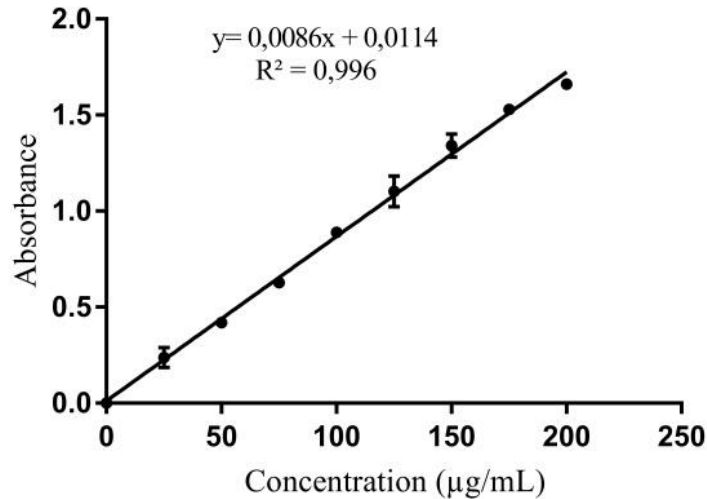


Figure 5. Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique. Chaque valeur représente la moyenne \pm DS ($n=3$).

Les résultats sont exprimés en μg équivalent d'acide ascorbique (EAA) par mg d'extrait (μg EAA/mg Ex) (Figure 6).

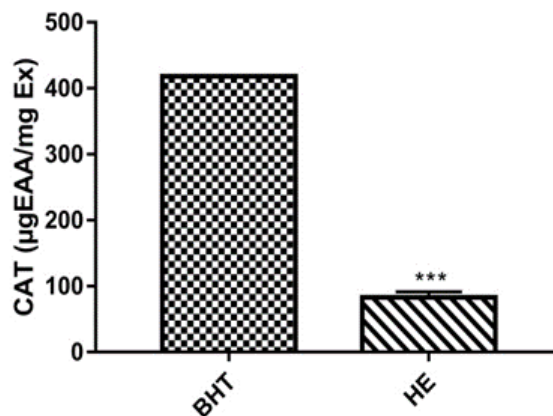


Figure 6. Histogramme comparatif de la capacité antioxydante totale des huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. et du standard (BHT). Chaque valeur représente la moyenne \pm DS ($n=3$). ***: $p \leq 0,001$.

Les résultats obtenus démontrent une capacité antioxydante totale des HES significativement faible ($p \leq 0,001$) avec $83,43 \pm 8,13 \mu\text{g EAA/mg Ex}$ à celle de BHT qui représente une bonne capacité antioxydante totale par une valeur de $417,99 \pm 1,31 \mu\text{g EAA/mg Ex}$.

Baali *et al.* (2019) ont montré que les huiles essentielles de l'espèce *Mentha pulegium* L. possèdent une faible capacité antioxydante totale en comparaison au BHT avec une valeur de $109.52 \pm 0.91 \mu\text{g EAA/mg Ex}$.

4.1.2. Activité anti-radicalaire vis-à-vis du radical DPPH

Le radical DPPH est fréquemment utilisé comme substrat pour évaluer rapidement et directement l'activité antioxydante, en raison de sa solubilité et de la simplicité de l'analyse (**Bozin *et al.*, 2008**).

La capacité des huiles essentielles de la plante à piéger le radical libre DPPH est évaluée en suivant la méthode décrite par (**Li *et al.*, 2009**).

A partir des valeurs obtenues de l'absorbance, les pourcentages d'inhibition (PI) d'extrait et l'antioxydant standard (acide ascorbique) ont été calculés. Les résultats ont permis de tracer les courbes qui représentent le PI en fonction de la concentration (Figure 7).

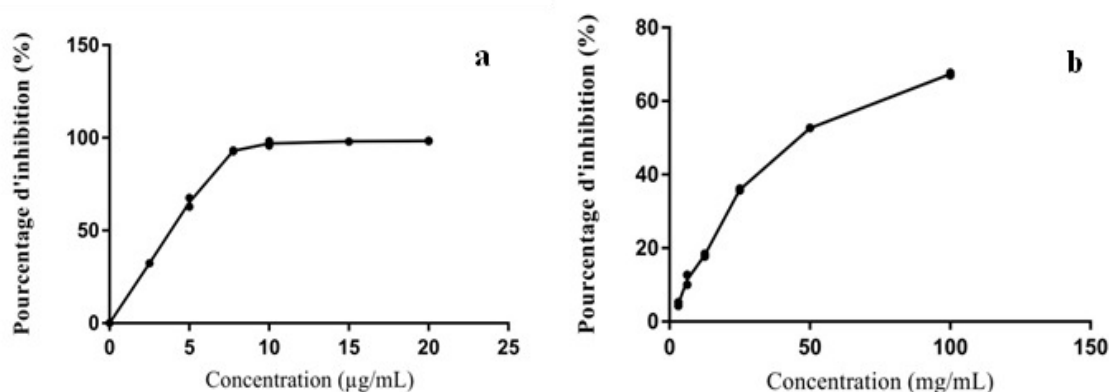


Figure 7. Activité anti-radicalaire au DPPH de l'acide ascorbique (a) et des huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. (b). Chaque valeur représente la moyenne \pm DS ($n = 3$).

L'activité anti-radicalaire est estimée par la valeur de l' IC_{50} . Elle exprime la quantité d'antioxydant nécessaire pour réduire la concentration en DPPH de 50%, plus la valeur IC_{50} est faible, plus l'activité antioxydante est grande (**Oliveira *et al.*, 2016**).

Résultats et discussion

Les valeurs d'IC₅₀ pour les huiles essentielles et de l'acide ascorbique sont indiquées dans le Tableau VII.

Tableau VII. IC₅₀ de l'activité antiradicalaire des huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. et de l'acide ascorbique vis-à-vis du radical DPPH.

Extrait/Standard	IC ₅₀ (mg/mL)
HEs	42,37±0,56 ***
Acide ascorbique	0,004±0,00

Chaque valeur représente la moyenne ± DS ($n = 3$). *** : $p \leq 0.001$, comparé avec le contrôle positif qui est l'acide ascorbique.

En comparant l'IC₅₀ des HEs, qui est de 42,37±0,56 mg/mL, avec la valeur de l'IC₅₀ de l'acide ascorbique, qui est de 0,004 mg/mL, on constate que l'efficacité antioxydante des HEs est significativement inférieure ($p \leq 0,001$) à celle de l'acide ascorbique. Cela suggère que le pouvoir antiradicalaire des HEs de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. vis-à-vis du DPPH est faible.

Ces résultats obtenus, montrent une activité antioxydante plus proche que celle rapportée par **Hellali et al. (2016)** de l'espèce d'Illizi, avec une IC₅₀ de l'ordre de 44,21 ± 3,78 mg/mL, et plus importante trouvée par **Aous et al. (2019)**, qui rapportent des pourcentages d'inhibition allant de 4,4 à 21,1% à des concentrations variantes entre 100 et 2000 mg/L.

Par contre l'étude menée par **Ben Nadji et al. (2018)** ; **Malti et al. (2019)** a montré une importante activité antioxydante avec des IC₅₀ de 13,79 mg/mL et 10,66 ± 0,1, respectivement.

Bayala et al. (2023), révèlent que les huiles essentielles des feuilles d'Ouagadougou, (Burkina Faso) de *C. schoenanthus* (L.) Spreng. ont montré un fort pouvoir antioxydant avec un IC₅₀ de 1730,00 ± 80,00 µg/mL.

La faible capacité des HE peut s'expliquer par le fait que nos huiles essentielles sont peu efficaces pour donner un atome d'hydrogène ou un électron singulier, et aussi par la faible solubilité de leurs constituants dans le milieu réactionnel (**Noureddine et al., 2019**).

4.1.3. Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur des huiles essentielles *C. schoenanthus* (L.) Spreng., a été évalué en utilisant la méthode de FRAP. La technique permet de mesurer la réduction du Fe^{+3} (sous forme potassium ferricyanide) en Fe^{+2} (sou forme potassium ferrocyanide) qui réagit avec chlorure de fer pour former un complexe avec une absorbance maximale à 720 nm en présence d'antioxydants (Apak *et al.*, 2016).

Les résultats obtenus dans la Figure 8 démontrent que la capacité de réduction du fer est directement liée à la concentration des huiles essentielles ainsi qu'à celle de l'acide ascorbique.

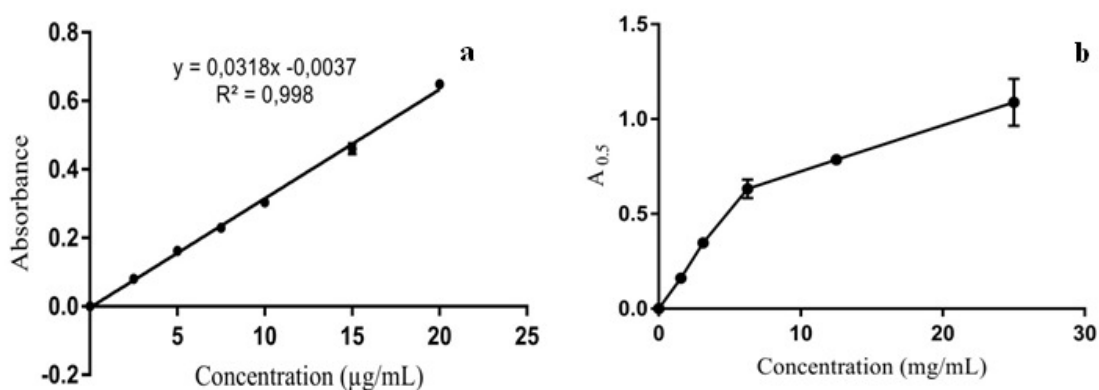


Figure 8. Pouvoir réducteur de l'acide ascorbique (a) et des huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. (b). Chaque valeur représente la moyenne \pm DS ($n=3$).

Les valeurs des concentrations des huiles essentielles et de standard (acide ascorbique) qui correspondent à l'absorbance 0,5 sont indiquées dans le Tableau VIII.

Tableau VIII. $A_{0,5}$ des huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. et d'acide ascorbique.

Extrait/Standard	$A_{0,5}$ (mg/mL)
HEs	4,61 \pm 0,25 ***
Acide ascorbique	0,16 \pm 0,0004

Chaque valeur représente la moyenne \pm DS ($n = 3$). *** : $p \leq 0,001$, comparé avec le contrôle positif qui est l'acide ascorbique.

Les huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. présentent un pouvoir réducteur de fer faible avec $A_{0,5}$ de $4,61 \pm 0,25$ mg/mL en comparant avec l'acide ascorbique qui possède un bon pouvoir réducteur de fer avec $A_{0,5}$ de $0,16 \pm 0,0004$ mg/mL.

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par **de Hellali et al. (2016)** et **Aous et al. (2019)**, qui ont trouvé un faible pouvoir réducteur de fer des HEs.

4.2. Activité antibactérienne

L'évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. a été réalisée en utilisant la méthode de diffusion sur disque sur milieu gélosé. Cette méthode a permis de détecter l'effet des HEs de la plante et de l'antibiotique de référence sur six souches bactériennes, 3 Gram positives (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Listeria monocytogenes*) et 3 Gram négatives (*Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*). Les résultats obtenus qui représentent les diamètres des zones d'inhibition, sont présentés dans le Tableau IX. Il convient de noter que le diamètre de la zone d'inhibition comprend le diamètre des disques utilisés, qui est de 6 mm et les essais sont réalisés en trois répétitions.

Les résultats d'évaluation de l'effet antibactériens ont démontré que les huiles essentielles de *C. schoenanthus* (L.) Spreng. possèdent une moyenne d'inhibition aux quatre souches qui sont : *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Listeria monocytogenes* et *Pseudomonas aeruginosa* avec des zones d'inhibition qui varient entre 9,5 et 13,16 mm. Il est important de noter que *Staphylococcus aureus* a été l'espèce la plus sensible aux HEs car elle présente la zone d'inhibition la plus grande (13,16 mm). Par contre une très faible sensibilité aux HEs est remarquée chez *Escherichia coli* et *Salmonella typhimurium* qui présentent des zones d'inhibitions inférieures à 8 mm.

Résultats et discussion

Tableau IX. Diamètre (mm) des zones d'inhibition des huiles essentielles des huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. et la gentamicine.

Souches testées		HEs	Gentamicine
Gram +	<i>S. aureus</i> ATCC 6538	13,16±0,76*** +	24,25±0,9 +++
	<i>B. subtilis</i> ATCC 6633	11,3±0,29*** +	31±1,6 +++
	<i>L. monocytogenes</i> 13932	10,5±0,50*** +	33±4,2 +++
Gram -	<i>P. aeruginosa</i> ATCC 9027	9,5±0,50*** +	15,25±0,9 ++
	<i>E. coli</i> ATCC 8739	6±0,00*** -	20±0 ++
	<i>S. typhimurium</i> ATCC 14028	7±0,00*** -	22,25±0,5 +++

Chaque valeur représente la moyenne ± DS (n = 3). p ≤ 0.01 ; *** : p ≤ 0,001, comparée avec le contrôle positif (gentamicine). (p < 0,05, test de Student). Le disc de DMSO été négative.

Les symboles (+) et (-) représentent le degré de sensibilité selon Djabou *et al.* (2013) : résistante (0) ; non sensible (-) ; moyennement sensible (+) ; sensible (++) ; extrêmement sensible (+++).

Des résultats semblables aux nôtres ont été rapportés concernant la souche *Pseudomonas aeruginosa*, dans l'étude de Kadri *et al.* (2017) ; Malti *et al.* (2020) qui rapportent des diamètres de zone d'inhibition de l'ordre de 7,33 ± 0,3 mm et 8 ± 0,0, respectivement.

Aous *et al.* (2019); Hellali *et al.* (2016); Malti *et al.* (2020) ont également décrit des diamètres d'inhibition supérieur sur les bactéries à Gram +, ces zones d'inhibition variant entre (18 à 22 mm) pour *Staphylococcus aureus*, 20 mm pour *Bacillus subtilis* et 21 mm pour *Listeria monocytogenes*.

Bellik *et al.* (2021) ont évalué l'activité antibactérienne de cette huile vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*. Les résultats ont donné un diamètre d'inhibition proche de nos résultats (15 mm).

Les travaux de **Malti et al. (2020)** ; **Bellik et al. (2021)** sur *C. schoenanthus* (L.) Spreng. issu de Ghardaia et Menia, respectivement font démontré une activité antibactérienne faible vis-à-vis les souche Gram - à savoir, *Escherichia coli* et *Salmonella typhimurium* dont les diamètres d'inhibition variant entre 6-8 mm.

De nombreuses études ont déjà signalé la sensibilité des bactéries Gram+ par rapport aux Gram- (**Aous et al., 2019** ; **Baali et al., 2019** ; **Malti et al., 2020** ; **Bellik et al., 2021** ; **Bayala et al., 2023**). Les bactéries Gram- possèdent une structure spécifique, avec une couche de peptidoglycane entre la membrane plasmique et une assise externe composée de lipopolysaccharides et de protéines. Cette structure constitue une barrière qui peut empêcher la pénétration des huiles essentielles. De plus, la présence de la membrane externe de lipopolysaccharides (LPS) chez les bactéries Gram- peut être considérée comme un obstacle à la diffusion, ce qui rend ces bactéries moins sensibles aux agents antimicrobiens (**Boukhris et al., 2012**).

4.3. Activité insecticide

D'après les tests d'évaluation de l'activité insecticide et selon les résultats obtenus, les huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. ont également démontré des propriétés insecticides par contact envers *Macrosiphoniella* sp. La Figure 9 présente l'évolution des pourcentages de mortalité corrigés des adultes en fonction du temps (24h, 48h et 72h) et des doses (0,1/0,2/0,4 et 0,8 $\mu\text{L}/\text{mL}$) des huiles essentielles.

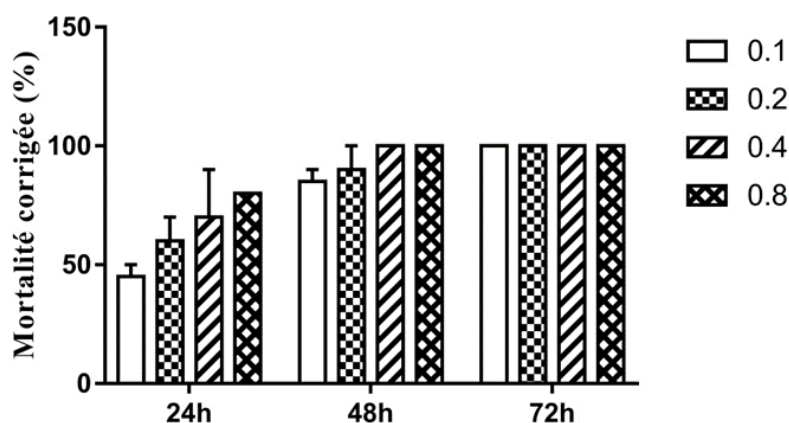


Figure 9. Variation temporelle des taux de mortalité corrigée de *Macrosiphoniella* sp. exposées à différentes doses des huiles essentielles de *Cymbopogon Schoenanthus* (L.) Spreng.

Résultats et discussion

Les HEs de *C. schoenanthus* (L.) Spreng. à la concentration de 0,1 µL/mL se révèlent efficace au bout de 24h (45%), s'accroissent à 48h et atteignent son efficacité maximum après 72h d'application (100%).

La conversion des pourcentages de mortalité corrigés des adultes de *Macrosiphoniella* sp. en probits, ainsi que la régression de ces données en fonction du logarithme de la dose et du temps, ont permis d'obtenir les équations et les valeurs de la DL₅₀ et de la TL₅₀, qui sont présentées dans le Tableau X. Les valeurs de DL₅₀ et TL₅₀ ont été déterminées après 24 h à la dose de 0,2 µL/mL. Cette sélection de données est justifiée par les taux de mortalité qui dépassent les 50 %.

Tableau X. DL₅₀ et TL₅₀ des huiles essentielles de *Cymbopogon Schoenanthus* (L.) Spreng. de l'activité insecticide par contact.

Paramètre	DL ₅₀ (µL/mL)	TL ₅₀ (h)
Valeur	0,147	23,36

A partir de la droite de régression, et d'après les résultats du Tableau X, les valeurs de CL₅₀ et TL₅₀ sont respectivement de 0,147 µL/mL et 23,36h pour l'effet de contact huiles essentielles de *Cymbopogon Schoenanthus* (L.) Spreng. vis-à-vis de *Macrosiphoniella* sp. à la concentration de 0,2 µL/mL.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par **Bokobana et al. (2014)** sur *Aphis gossypii*, qui ont montré que les HEs de la même espèce possèdent une bonne activité insecticide avec une DL₅₀ de 0,111 µL/mL.

Ces résultats obtenus, montrent une activité insecticide plus importante que celle rapportée par **Aous et al. (2019)**, avec une CL₅₀ de 90,40 µL/air après 24h de la même espèce de la région de Ghardaia sur *Callosobruchus maculatus*, insecte ravageur de pois chiche. L'activité insecticide des huiles essentielles peut s'expliquer par les principaux composés des huiles essentielles, cette toxicité sur les insectes est induite par l'action de leurs composés majoritaires (Composés terpéniques et cétoniques) (**Herman et al., 2016 ; Bibiano et al., 2022**). Les monoterpènes ont un effet inhibiteur sur l'enzyme l'acétylcholinestérase, responsable de l'hydrolyse de l'acétylcholine, qui est un neurotransmetteur excitateur largement présent chez les insectes. L'absence d'hydrolyse de l'acétylcholine entraîne une augmentation de sa concentration, ce qui provoque une hyperactivité conduisant finalement à la mort de l'insecte (**Mattar et al., 2022 ; Diken et al., 2022**).

**CONCLUSION
ET
PERSPECTIVES**

Conclusion et perspectives

La phytothérapie représente l'un des domaines les plus importants de la médecine traditionnelle dans le monde entier. Il existe une tendance croissante à corréler les constituants phytochimiques des plantes avec ses activités pharmacologiques. De plus, les plantes médicinales et aromatiques sont considérées comme une source importante de nouveaux médicaments à cause de leurs constituons précieux en molécules bioactives. Ce travail s'inscrit dans le cadre de rechercher de nouvelles molécules à intérêt thérapeutique, nous nous sommes intéressés à valoriser les huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. par l'évaluation de leur propriété antioxydante, antibactérienne et insecticide. Le choix de cette plante est justifié par leurs abondances dans la région de Ghardaïa et pour leurs utilisations en médecine traditionnelle par la population locale.

L'extraction des huiles essentielles *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. est effectuée par hydrodistillation de type Clevenger et a donné un rendement de 2,46 %.

Le contrôle physicochimique des huiles essentielles a permis de mettre en évidence la qualité de ces huiles. Elles se distinguent par un pH acide (pH = 5) et des indices physico-chimiques comparables à ceux rapportés par la littérature.

En raison de la diversité des antioxydants et de la complexité du processus d'oxydation, l'activité antioxydante des huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. a été évaluée par 3 tests *in vitro* (CAT, DPPH et RP), Les résultats obtenus révèlent un faible pouvoir antioxydant des huiles essentielles testées par comparaison aux composés de référence.

En parallèle, l'activité antibactérienne de l'huile essentielle a été évaluée en utilisant la méthode de diffusion sur disques vis-à-vis six souches bactériennes différentes, les résultats indiquent que huiles essentielles présente une activité moyenne contre les souches à Gram+ surtout contre *Staphylococcus aureus* avec une zone d'inhibition de 13,16 mm. Par contre une faible sensibilité des souches à Gram- a été notée avec des zones d'inhibition qui varient entre 6 à 9,5 mm.

L'activité insecticide des huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. sur *Macrosiphoniella* sp. par contact a été également effectuée. Les résultats obtenus démontrent que les huiles essentielles présentent une très bonne activité insecticide et avec une CL₅₀ et TL₅₀ de 0,142

Conclusion et perspectives

$\mu\text{L}/\text{mL}$ et 23,36 h, respectivement. Les HEs de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. possèdent un effet insecticide puissant ce qui peut les rendre une alternative aux pesticides chimiques.

Le présent travail rapporte donc une contribution à la connaissance de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. et il ouvre de nombreuses perspectives.

- Caractérisation des composés actifs des huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. par des méthodes plus spécifiques (GC-MS) afin d'établir une relation structure-activité ;
- Etude de la toxicité aiguë et subaiguë ;
- Tester de l'activité insecticide par d'autres voies à savoir par inhalation et par ingestion et sur d'autres insectes ravageurs.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. econ. Entomol*, 18(2), 265-267.
- Abdelli, M., Moghrani, H., Aboun, A., & Maachi, R. (2016). Algerian *Mentha pulegium* L. leaves essential oil: Chemical composition, antimicrobial, insecticidal and antioxidant activities. *Industrial Crops and Products*, 94, 197-205.
- Afnor (2000). Recueil de normes : les huiles essentielles, Tome 1, Echantillonnage et méthodes d'analyse. AFNOR, Paris, 440 p.
- Almarie, A. A. A. (2020). Roles of terpenoids in essential oils and its potential as natural weed killers: recent developments. *Essential Oils-Bioactive Compounds, New Perspectives and Applications*, 189-210.
- Aous, W., Benchabane, O., Outaleb, T., Hazzit, M., Mouhouche, F., Yekkour, A., & Baaliouamer, A. (2019). Essential oils of *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. from Algerian Sahara: chemical variability, antioxidant, antimicrobial and insecticidal properties. *Journal of Essential Oil Research*, 31(6), 562-572.
- Apak, R., Özyürek, M., Güçlü, K., & Çapanoğlu, E. (2016). Antioxidant activity, capacity measurement, classification, physicochemical principles, mechanisms, and electron transfer (ET)-based assays. *Journal of agricultural and food chemistry*, 64(5), 997-1027.
- Athamena, S., Chalghem, I., Kassah-Laouar, A., Laroui, S., & Khebri, S. (2010). Activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits de *Cuminum cyminum* L. *Lebanese science journal*, 11(1), 69-81.
- Awad, M. A., Aldosari, S. R., & Abid, M. R. (2018). Genetic alterations in oxidant and anti-oxidant enzymes in the vascular system. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 5, 107.
- Awuchi, C. G. (2019). Medicinal plants: the medical, food, and nutritional biochemistry and uses. *International Journal of Advanced Academic Research*, 5(11), 220-241.
- Aycan, M., Yildiz, M., Darcin, S., Tunc, K., Hos, A., & Dundar, E. (2015). Antibacterial activity of *Mentha pulegium* L. from Turkey. *American Journal of Life Sciences*, 3(6), 383-386.
- Baali, F., Boumerfeg, S., Boudjelal, A., Denaro, M., Ginestra, G., Baghiani, A., ... & Trombetta, D. (2022). Wound-healing activity of Algerian *Lavandula stoechas* and *Mentha pulegium* extracts: From traditional use to scientific validation. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 156(2), 427-439.
- Baali, F., Boumerfeg, S., Napoli, E., Boudjelal, A., Righi, N., Deghima, A., ... & Ruberto, G. (2019). Chemical composition and biological activities of essential oils from two wild Algerian medicinal plants: *Mentha pulegium* L. and *Lavandula stoechas* L. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(3), 821-837.
- Bandonienė, D., Murkovic, M., Pfannhauser, W., Venskutonis, P., & Gruzdienė, D. (2002). Detection and activity evaluation of radical scavenging compounds by using DPPH free radical and on-line HPLC-DPPH methods. *European Food Research and Technology*, 214, 143-147.
- Bayala, B., Coulibaly, L. L., Djigma, F., Bunay, J., Yonli, A., Traore, L., Baron, S., Figueredo, G., Simporé, J., & Lobaccaro, J. A. (2023). Chemical composition of essential oil of *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng from Burkina Faso, and effects against prostate and cervical cancer cell lines. <https://doi.org/10.20944/preprints202305.0120.v1>
- Bellik, F. Z., Benkaci-Ali, F., Alsafra, Z., & Eppe, G. (2021). Effect of different parameters on volatile composition of the different parts of *cymbopogon schoenanthus* L. Spreng (poaceae) extracted by headspace solid-phase microextraction and hydrodistillation. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 24(4), 841-862.
- Ben nadj, S., & Bouzrag, C. (2018). Extraction et Caractérisation des huiles essentielles à partir de *Cymbopogon schoenanthus* dans la région de Ghardaïa. *Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED faculté des sciences de la nature et de la vie*.
- Benhouhou S., 2005. *Cymbopogon schoenanthus* spreng in A Guide to Medicinal
- Benoit, G. (2015). Etat des lieux sur l'aromathérapie dans les officines: enquête sectorielle dans le département de Vienne [Thèse]. *Université de poitiers faculté de médecine et de pharmacie*, 52, 53.
- Bibiano, C. S., Alves, D. S., Freire, B. C., Bertolucci, S. K. V., & Carvalho, G. A. (2022). Toxicity of essential oils and pure compounds of *Lamiaceae* species against *Spodoptera frugiperda*

Références bibliographiques

- (*Lepidoptera: Noctuidae*) and their safety for the nontarget organism *Trichogramma pretiosum* (*Hymenoptera: Trichogrammatidae*). *Crop Protection*, 158, 106011.
- Blaser, H., Dostert, C., Mak, T. W., & Brenner, D. (2016). TNF and ROS crosstalk in inflammation. *Trends in cell biology*, 26(4), 249-261.
 - Blumberg, J. B., Bailey, R. L., Sesso, H. D., & Ulrich, C. M. (2018). The evolving role of multivitamin/multimineral supplement use among adults in the age of personalized nutrition. *Nutrients*, 10(2), 248.
 - Bokobana, E. M., Koffi, K. O. B. A., POUTOULI, W. P., Akantetou, P. K., NADIO, N. A., Laba, B., ... & SANDA, K. (2014). Évaluation du potentiel insecticide et répulsif de l'huile essentielle de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. sur *Aphis gossypii* Glover (*Homoptera: Aphididae*), ravageur du cotonnier au Togo. *Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 2(2).
 - Boukhris, M., Regane, G., Yanguï, T., Sayadi, S., & Bouaziz, M. (2012). Chemical composition and biological potential of essential oil from Tunisian *Cupressus sempervirens* L. *Journal of arid land studies*, 22(1), 329-332.
 - Brahmi, F., Abdenour, A., Bruno, M., Silvia, P., Alessandra, P., Danilo, F., ... & Mohamed, C. (2016). Chemical composition and in vitro antimicrobial, insecticidal and antioxidant activities of the essential oils of *Mentha pulegium* L. and *Mentha rotundifolia* (L.) Huds growing in Algeria. *Industrial Crops and Products*, 88, 96-105.
 - Caroch, M., & Ferreira, I. C. (2013). A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food and chemical toxicology*, 51, 15-25.
 - Castañeda-Ovando, A., de Lourdes Pacheco-Hernández, M., Páez-Hernández, M. E., Rodríguez, J. A., & Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food chemistry*, 113(4), 859-871.
 - Chebbac, K., Ghneim, H. K., El Moussaoui, A., Bourhia, M., El Barnossi, A., Benziane Ouaritini, Z., ... & Guemmouh, R. (2022). Antioxidant and antimicrobial activities of chemically-characterized essential oil from *Artemisia aragonensis* Lam. against drug-resistant microbes. *Molecules*, 27(3), 1136.
 - Chitara, M. K., Singh, R. P., Gupta, P. K., Mishra, D., Jatav, S. S., Sharma, S., & Jatav, H. S. (2022). The Risk Associated with Crop Ecosystem Management and Pesticides Pollution. *Nova science publishers*.
 - Čmiková, N., Galovičová, L., Schwarzová, M., Vukic, M. D., Vukovic, N. L., Kowalczewski, P. Ł., ... & Kačániová, M. (2023). Chemical composition and biological activities of *Eucalyptus globulus* essential oil. *Plants*, 12(5), 1076.
 - Colucci, R., Dragoni, F., & Moretti, S. (2015). Oxidative stress and immune system in vitiligo and thyroid diseases. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 7.
 - Cumpstey, A., & Feelisch, M. (2017). Free radicals in inflammation. *Inflammation: from molecular and cellular mechanisms to the clinic*, 695-726.
 - Demirci, B., Yusufoglu, H. S., Tabanca, N., Temel, H. E., Bernier, U. R., Agramonte, N. M., ... & Demirci, F. (2017). *Rhanterium epapposum* Oliv. essential oil: Chemical composition and antimicrobial, insect-repellent and anticholinesterase activities. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 25(5), 703-708.
 - Dias, J. S. (2019). Nutritional quality and effect on disease prevention of vegetables. In *Nutrition in health and disease-our challenges now and forthcoming time*. IntechOpen.
 - Diken, M. E., & YILMAZ, B. (2022). Inhibitory effect on acetylcholinesterase and toxicity analysis of some medicinal plants. *International Journal of Secondary Metabolite*, 9(1), 27-42.
 - Djabou, N., Lorenzi, V., Guinoiseau, E., Andreani, S., Giuliani, M. C., Desjobert, J. M., ... & Muselli, A. (2013). Phytochemical composition of Corsican *Teucrium* essential oils and antibacterial activity against foodborne or toxi-infectious pathogens. *Food Control*, 30(1), 354-363.
 - Duque, J. E., Urbina, D. L., Vesga, L. C., Ortiz-Rodríguez, L. A., Vanegas, T. S., Stashenko, E. E., & Mendez-Sanchez, S. C. (2023). Insecticidal activity of essential oils from American native plants against *Aedes aegypti* (*Diptera: Culicidae*): an introduction to their possible mechanism of action. *Scientific Reports*, 13(1), 2989.

Références bibliographiques

- El Ghazali, G. B., El Tohami, M. S., El Egami, A. B., Abdalla, W. S., & Mohammed, M. G. (1997). Medicinal plants of the Sudan. Part IV. Medicinal plants of northern Kordofan. *Khartoum: Medicinal and Aromatic Plants Research Institute*, 77.
- Engwa, G. A. (2018). Free radicals and the role of plant phytochemicals as antioxidants against oxidative stress-related diseases. *Phytochemicals: Source of Antioxidants and Role in Disease Prevention. BoD—Books on Demand*, 7, 49-74.
- Eslahi, H., Fahimi, N., & Sardarian, A. R. (2017). Chemical composition of essential oils. *Essential oils in food processing: chemistry, safety and applications*, 119-71.
- Favier, A. (2003). Le stress oxydant. *L'actualité chimique*, 108(10), 863-832.
- Fouad, H. A., da Camara, C. A., de Moraes, M. M., & de Melo, J. P. (2023). The synergistic effects of five essential oils and eight chiral compounds on deltamethrin-piperonyl butoxide insecticide against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 26(2), 102072.
- Fouad, T. (2005). Free radicals, types, sources and damaging reactions. Present at: <http://www.thedoctorslounge.net>.
- Gandhi, S., & Abramov, A. Y. (2012). Mechanism of oxidative stress in neurodegeneration. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 11.
- Gavrić, J., Anđelković, M., Tomović, L., Prokić, M., Despotović, S., Gavrilović, B., ... & Saičić, Z. (2017). Oxidative stress biomarkers, cholinesterase activity and biotransformation enzymes in the liver of dice snake (*Natrix tessellata* Laurenti) during pre-hibernation and post-hibernation: A possible correlation with heavy metals in the environment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 138, 154-162.
- Gazi, M. R., & Kanda, K. (2004). Optimisation of cultural conditions and some properties of radical-scavenging substance from *Sporobolomyces salmonicolor*. *Pakistan Journal of Biological Sciences (Pakistan)*.
- Gholami-Ahangaran, M., Ahmadi-Dastgerdi, A., Azizi, S., Basiratpour, A., Zokaei, M., & Derakhshan, M. (2022). Thymol and carvacrol supplementation in poultry health and performance. *Veterinary Medicine and Science*, 8(1), 267-288.
- Haleng, J., Pincemail, J., Defraigne, J. O., Charlier, C., & Chapelle, J. P. (2007). Le stress oxydant. *Revue médicale de Liège*, 62(10).
- Hellali, N., Mahammed, M. H., Ramdane, F., & Talli, A. (2016). Antimicrobial and antioxidant activities of *Cymbopogon schoenanthus* (L.) spreng. essential oil, growing in Illizi-Algeria. *Journal of Medicinal Plants Research*, 10(14), 188-194.
- Herman, A., Tambor, K., & Herman, A. (2016). Linalool affects the antimicrobial efficacy of essential oils. *Current microbiology*, 72, 165-172.
- Hou, T., Sana, S. S., Li, H., Xing, Y., Nanda, A., Netala, V. R., & Zhang, Z. (2022). Essential oils and its antibacterial, antifungal and anti-oxidant activity applications: A review. *Food Bioscience*, 101716.
- Ighodaro, O. M., & Akinloye, O. A. (2018). First line defence antioxidants-superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the entire antioxidant defence grid. *Alexandria journal of medicine*, 54(4), 287-293.
- INPN. (2023). Inventaire national du patrimoine naturel. Retrieved from https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/629510/tab/taxo.
- Isman, M. B. (2020). Bioinsecticides based on plant essential oils: A short overview. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 75(7-8), 179-182.
- Isman, M. B., & Tak, J. H. (2017). Inhibition of acetylcholinesterase by essential oils and monoterpenoids: a relevant mode of action for insecticidal essential oils. *Biopesticides International*, 13(2).
- Jacquet, F., & Jouan, J. (2022). Pourquoi faut-il changer de stratégie dans la protection des cultures?. *ZÉRO PESTICIDE*, 59.
- Jean, B. (2009). *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4e éd.)*. Lavoisier.

Références bibliographiques

- Jha, N., Ryu, J. J., Choi, E. H., & Kaushik, N. K. (2017). Generation and role of reactive oxygen and nitrogen species induced by plasma, lasers, chemical agents, and other systems in dentistry. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2017.
- Kadri, M., Salhi, N., Yahia, A., Amiar, K., & Ghabziah, H. (2017). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities from extracts of *Cymbopogon schoenanthus* L.(Spreng) of Algeria. *International Journal of Biosciences*, 10(1), 318-326.
- Kaloustian, J., & Hadji-Minaglou, F. (2012). *La connaissance des huiles essentielles: qualilogie et aromathérapie; Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée*. Springer.
- Kardeh, S., Ashkani-Esfahani, S., & Alizadeh, A. M. (2014). Paradoxical action of reactive oxygen species in creation and therapy of cancer. *European journal of pharmacology*, 735, 150-168.
- Kemassi, A., Bouziane, N., Boual, Z., & Ould El Hadj, M. D. (2014). Activité biologique des huiles essentielles de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et de *Cleome arabica* L.(Capparidaceae) sur *Schistocerca gregaria*, *Forskål, 1775*, 12(6), 348-353.
- Khan, B. A., Nadeem, M. A., Nawaz, H., Amin, M. M., Abbasi, G. H., Nadeem, M., ... & Ayub, M. A. (2023). Pesticides: impacts on agriculture productivity, environment, and management strategies. In *Emerging Contaminants and Plants: Interactions, Adaptations and Remediation Technologies* (pp. 109-134). Cham: Springer International Publishing.
- Lapointe, G. (2004). Notions de toxicologie. *Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec, Direction de la prévention-inspection, Service du répertoire toxicologique*.
- Lee, Y. K., Yuk, D. Y., Lee, J. W., Lee, S. Y., Ha, T. Y., Oh, K. W., ... & Hong, J. T. (2009). (-)-Epigallocatechin-3-gallate prevents lipopolysaccharide-induced elevation of beta-amyloid generation and memory deficiency. *Brain research*, 1250, 164-174.
- Li, A. N., Li, S., Zhang, Y. J., Xu, X. R., Chen, Y. M., & Li, H. B. (2014). Resources and biological activities of natural polyphenols. *Nutrients*, 6(12), 6020-6047.
- Li, H. Y., Hao, Z. B., Wang, X. L., Huang, L., & Li, J. P. (2009). Antioxidant activities of extracts and fractions from *Lysimachia foenum-graecum* Hance. *Bioresource technology*, 100(2), 970-974.
- Liguori, I., Russo, G., Curcio, F., Bulli, G., Aran, L., Della-Morte, D., & Abete, P. (2018). Oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical interventions in aging*, 757-772.
- Liu, Z., Ren, Z., Zhang, J., Chuang, C. C., Kandaswamy, E., Zhou, T., & Zuo, L. (2018). Role of ROS and nutritional antioxidants in human diseases. *Frontiers in physiology*, 9, 477.
- Luciano, G., Roscini, V., Mattioli, S., Ruggeri, S., Gravador, R. S., Natalello, A., ... & Priolo, A. (2017). Vitamin E is the major contributor to the antioxidant capacity in lambs fed whole dried citrus pulp. *Animal*, 11(3), 411-417.
- Madamanchi, N. R., & Runge, M. S. (2013). Redox signaling in cardiovascular health and disease. *Free Radical Biology and Medicine*, 61, 473-501.
- Mahboub, N., Slimani, N., Nadji, S. B., Bouzeguag, C., Kadri, M., & khelil, A. (2019). Extraction et caractérisation physico-chimique et biologique des huiles essentielles à partir de *Cymbopogon schoenanthus* dans la région de Ghardaïa. *Revue des Bio Ressources*, 9(2), 14-14.
- Mahiout, C., & Amiar, K. (2020). Evaluation de l'activité antioxydante et antifongique de *Cymbopogon schoenanthus*, Doctoral dissertation, *Université Mouloud Mammeri*.
- Malti, C. E. W. (2019). Etude des activités biologiques et de la composition chimique des huiles essentielles de trois plantes aromatiques d'Algérie: *Pituranthos scoparius* (Guezzah), *Santolina africana* (EL Djouada) et *Cymbopogon schoenanthus* (El Lemad), Doctoral dissertation, *Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen*.
- Malti, C. E. W., El Haci, I. A., Hassani, F., Paoli, M., Gibernau, M., Tomi, F., ... & Bekhechi, C. (2020). Composition, chemical variability and biological activity of *Cymbopogon schoenanthus* essential oil from central Algeria. *Chemistry & Biodiversity*, 17(6).
- Marreiro, D. D. N., Cruz, K. J. C., Morais, J. B. S., Beserra, J. B., Severo, J. S., & De Oliveira, A. R. S. (2017). Zinc and oxidative stress: current mechanisms. *Antioxidants*, 6(2), 24.
- Mateen, S., Moin, S., Zafar, A., & Khan, A. Q. (2016). Redox signaling in rheumatoid arthritis and the preventive role of polyphenols. *Clinica Chimica Acta*, 463, 4-10.

Références bibliographiques

- Mattar, V. T., Borioni, J. L., Hollmann, A., & Rodriguez, S. A. (2022). Insecticidal activity of the essential oil of *Schinus areira* against *Rhipibruchus picturatus* (F) (Coleoptera: Bruchinae), and its inhibitory effects on acetylcholinesterase. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 185, 105134.
- Moreira, L., Dias, L. G., Pereira, J. A., & Estevinho, L. (2008). Antioxidant properties, total phenols and pollen analysis of propolis samples from Portugal. *Food and Chemical toxicology*, 46(11), 3482-3485.
- Moussa, Z., Judeh, Z. M., & Ahmed, S. A. (2019). Nonenzymatic exogenous and endogenous antioxidants. *Free Radical Medicine and Biology*, 1, 11-22.
- Mukwevho, E., Ferreira, Z., & Ayeleso, A. (2014). Potential role of sulfur-containing antioxidant systems in highly oxidative environments. *Molecules*, 19(12), 19376-19389.
- Muller, S. (Ed.). (2004). *Plantes invasives en France* (p. 168). Muséum national d'histoire naturelle.
- Nichols, H. B., Anderson, C., White, A. J., Milne, G. L., & Sandler, D. P. (2017). Oxidative stress and breast cancer risk in premenopausal women. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 28(5), 667.
- Nimse, S. B., & Pal, D. (2015). Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. *RSC advances*, 5(35), 27986-28006.
- Noureddine, A., Gherib, A., Bakchiche, B., Carbonell-Barrachina, Á. A., Cano-Lamadrid, M., & Noguera-Artiaga, L. (2019). chemical composition, mineral content and antioxidant capacity of phenolic extracts and essential oils of *Lavandula stoechas* L. *Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 20(3), 423-437.
- Oguntibeju, O. O. (2019). Type 2 diabetes mellitus, oxidative stress and inflammation: examining the links. *International journal of physiology, pathophysiology and pharmacology*, 11(3), 45.
- Oliveira, G. K., Tormin, T. F., Sousa, R. M., de Oliveira, A., de Morais, S. A., Richter, E. M., & Munoz, R. A. (2016). Batch-injection analysis with amperometric detection of the DPPH radical for evaluation of antioxidant capacity. *Food chemistry*, 192, 691-697.
- Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reaction antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *The Japanese journal of nutrition and dietetics*, 44(6), 307-315.
- Ozenda, P. (1991). Flore de Sahara (3e édition mise à jour est augmentée). Paris, Éditions du CNRS, 662.
- Patterson, J. C., Joughin, B. A., van de Kooij, B., Lim, D. C., Lauffenburger, D. A., & Yaffe, M. B. (2019). ROS and oxidative stress are elevated in mitosis during asynchronous cell cycle progression and are exacerbated by mitotic arrest. *Cell systems*, 8(2), 163-167.
- Pavlov, A., Kovatcheva, P., Georgiev, V., Koleva, I., & Ilieva, M. (2002). Biosynthesis and radical scavenging activity of betalains during the cultivation of red beet (*Beta vulgaris*) hairy root cultures. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 57(7-8), 640-644.
- Peña-Bautista, C., Baquero, M., Vento, M., & Cháfer-Pericás, C. (2019). Free radicals in Alzheimer's disease: Lipid peroxidation biomarkers. *Clinica Chimica Acta*, 491, 85-90.
- European Pharmacopoeia (Ph. Eur.). (2008). 6th Edition (official on January 2008) Dissolution Test (reference 01/2008: 20903).
- European Pharmacopoeia (Ph. Eur.). (2012). 7th Edition (official on January 2012) Dissolution Test.
- Pisoschi, A. M., & Pop, A. (2015). The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. *European journal of medicinal chemistry*, 97, 55-74.
- Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., & Bitto, A. (2017). Oxidative stress: harms and benefits for human health. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2017.
- Plants in North Africa. *IUCN the World Conservation Union, Espagne* p.p. 139.
- Poljsak, B., Šuput, D., & Milisav, I. (2013). Achieving the balance between ROS and antioxidants: when to use the synthetic antioxidants. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2013.
- Prieto, P., Pineda, M., & Aguilar, M. (1999). Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical biochemistry*, 269(2), 337-341.
- Quezel, P., & Santa, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (No. 581.965 Q8), Paris : C.N.R.S.

Références bibliographiques

- Rahou, H. (2017). Estimation quantitative des polyphénols totaux et évaluation de l'activité anti-oxydante de trois espèces de *Lavandula* de la région de Tlemcen, Doctoral dissertation, *Université Abou-Bakr-Belkaïd Tlemcen*.
- Ralalarinivo, B. (2010). Evaluations préliminaire de l'activité insecticide des huiles essentielles de *Tagete minuta* et d'*Eucalyptus rostrata*, *Universite d'Antananarivo*.
- Ramachandran, M., Jayakumar, M., & Thirunavukkarasu, S. (2023). Insecticidal activity of *Melaleuca alternifolia* (Myrtaceae) essential oil against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and its inhibitory effects on insecticide resistance development. *The Canadian Entomologist*, 155, e9.
- Ramdan, B., El Malki, F., Eddarraji, K., Greche, H and Nhiri, M. (2017). Composition and Antibacterial Activity of Hydro-Alcohol and Aqueous Extracts Obtained from the *Lamiaceae* Family. *Pharmacognosy Journal*, 10 (1), 81-91.
- Ranneh, Y., Ali, F., Akim, A. M., Hamid, H. A., Khazaai, H., & Fadel, A. (2017). Crosstalk between reactive oxygen species and pro-inflammatory markers in developing various chronic diseases: a review. *Applied Biological Chemistry*, 60(3), 327-338.
- Regnault-Roger, C., Vincent, C., & Arnason, J. T. (2012). Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annual review of entomology*, 57, 405-424.
- Righi, N., Deghima, A., Ismail, D., Fernandes, P. A., Baali, F., Boumerfeg, S., ... & Coelho, E. (2023). Chemical composition and in vivo/in silico anti-inflammatory activity of an antioxidant, non-toxic essential oil from *Thymus algeriensis* Boiss & Reut. *South African Journal of Botany*, 157, 64-74.
- Sahki, A., & Sahki, R. (2004). *Le Hoggar: promenade botanique*. Atelier ésope.
- Sallé, J. L., & Pelletier, J. (1991). *Les huiles essentielles: synthèse d'aromathérapie et introduction à la sympathicothérapie*. Editions Frison-Roche.
- Sell, C. S. (Ed.). (2006). *The chemistry of fragrances: from perfumer to consumer*. Royal Society of Chemistry.
- Selmi, S., Rtibi, K., Hosni, K., & Sebai, H. (2022). Essential Oil, Chemical Compositions, and Therapeutic Potential. *Essential Oils: Advances in Extractions and Biological Applications*, 163.
- Şenkal, B. C. (2020). The role of secondary metabolites obtained from medicinal and aromatic plants in our lives. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(4), 1071-1079.
- Sies, H. (2019). Oxidative stress: eustress and distress in redox homeostasis. In *Stress: physiology, biochemistry, and pathology* (pp. 153-163). Academic Press.
- Singh, A., Kukreti, R., Saso, L., & Kukreti, S. (2019). Oxidative stress: a key modulator in neurodegenerative diseases. *Molecules*, 24(8), 1583.
- Singh, N. B., Devi, M. L., Biona, T., Sharma, N., Das, S., Chakravorty, J., ... & Rajashekar, Y. (2023). Phytochemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oil from the Leaves of *Artemisia vulgaris* L. *Molecules*, 28(5), 2279.
- Smaga, I., Niedzielska, E., Gawlik, M., Moniczewski, A., Krzek, J., Przegaliński, E., ... & Filip, M. (2015). Oxidative stress as an etiological factor and a potential treatment target of psychiatric disorders. Part 2. Depression, anxiety, schizophrenia and autism. *Pharmacological Reports*, 67(3), 569-580.
- Smirnoff, N. (2018). Ascorbic acid metabolism and functions: A comparison of plants and mammals. *Free Radical Biology and Medicine*, 122, 116-129.
- Sung, C. C., Hsu, Y. C., Chen, C. C., Lin, Y. F., & Wu, C. C. (2013). Oxidative stress and nucleic acid oxidation in patients with chronic kidney disease. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2013.
- Taso, O. V., Philippou, A., Moustogiannis, A., Zevolis, E., & Koutsilieris, M. (2019). Lipid peroxidation products and their role in neurodegenerative diseases. *Ann. Res. Hosp*, 3(2).
- Tu, W., Wang, H., Li, S., Liu, Q., & Sha, H. (2019). The anti-inflammatory and anti-oxidant mechanisms of the Keap1/Nrf2/ARE signaling pathway in chronic diseases. *Aging and disease*, 10(3), 637.
- Tvrdá, E., Massanyi, P., & Lukáč, N. (2017). Physiological and pathological roles of free radicals in male reproduction. *Spermatozoa-Facts and Perspectives*.

Références bibliographiques

- Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources. (2005). *A guide to medicinal plants in North Africa*. IUCN.
- Valko, M., Rhodes, C. J. B., Moncol, J., Izakovic, M. M., & Mazur, M. (2006). Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-biological interactions*, 160(1), 1-40.
- Van Houten, B., Santa-Gonzalez, G. A., & Camargo, M. (2018). DNA repair after oxidative stress: current challenges. *Current opinion in toxicology*, 7, 9-16.
- Van Houten, B., Santa-Gonzalez, G. A., & Camargo, M. (2018). DNA repair after oxidative stress: current challenges. *Current opinion in toxicology*, 7, 9-16.
- Wahiba, E. L. B. A. L. I. (2021). Étude phytochimique et biologique de *Marrubium vulgare L. et Tetraclinis articulata (Vahl)* Masters (Doctoral dissertation, *Université Des Sciences Et De La Technologie Houari Boumediene*).
- Weidinger, A., & Kozlov, A. V. (2015). Biological activities of reactive oxygen and nitrogen species: oxidative stress versus signal transduction. *Biomolecules*, 5(2), 472-484.
- Xu, D. P., Li, Y., Meng, X., Zhou, T., Zhou, Y., Zheng, J., ... & Li, H. B. (2017). Natural antioxidants in foods and medicinal plants: Extraction, assessment and resources. *International journal of molecular sciences*, 18(1), 96.
- Zhang, J., Wang, X., Vikash, V., Ye, Q., Wu, D., Liu, Y., & Dong, W. (2016). ROS and ROS-mediated cellular signaling. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2016.
- Zielinski, Z. A., & Pratt, D. A. (2017). Lipid peroxidation: kinetics, mechanisms, and products. *The Journal of organic chemistry*, 82(6), 2817-2825.
- Zoidis, E., Seremelis, I., Kontopoulos, N., & Danezis, G. P. (2018). Selenium-dependent antioxidant enzymes: Actions and properties of selenoproteins. *Antioxidants*, 7(5), 66.

Cymbopogon schoenanthus (L.) Spreng. المعروف تحت الاسم العامي "اللماد" هو نبات طبي يستخدم في الطب التقليدي في الجزائر لعلاج التهابات المسالك البولية واضطرابات الجهاز الهضمي والروماتيزم. تهدف الدراسة الحالية إلى تحديد بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للزيوت الأساسية (EOs) وتقييم نشاطها كمضاد للأكسدة ومضاد للبكتيريا ومبيد للحشرات. تم الاستخراج عن طريق التقطير المائي على جهاز من نوع Clevenger مع مردود 2,46%. أجريت دراسة النشاط المضاد للأكسدة في المختبر من خلال اختبارات DPPH و CAT و RP كشفت أن الزيوت الأساسية في نباتنا يقدم نشاطاً مضاداً للأكسدة منخفضاً إلى حد ما. أظهر تقييم النشاط المضاد للبكتيريا للزيوت الأساسية ضد ستة سلالات من البكتيريا المسببة للأمراض نشاطاً مضاداً للبكتيريا متوسطاً ضد سلالات جرام + المختبرة، ولا سيما *S. aureus* (قطر منطقة التثبيط = 13,16 مم)، في حين أن سلالات الجرام تظهر نشاط منخفض مع مناطق تثبيط أقل من 9,5 مم. تم أيضاً تقييم فعالية المبيدات الحشرية ل *C. schoenanthus* (L.) Spreng. على *Macrosiphoniella* sp. عن طريق اختبار التلامس المباشر، وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها نشاط مبيد حشري جيد بنسبة CL₅₀ و TL₅₀ مع 0,142 ميكرو لتر/مل و 23,36 ساعة على التوالي.

الكلمات المفتاحية: *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng، الزيوت الأساسية، النشاط المضاد للأكسدة، النشاط المضاد للبكتيريا، مبيد للحشرات.

Résumé

Cymbopogon schoenanthus (L.) Spreng. connue sous le nom vernaculaire « El Lamad » est une plante médicinale utilisée dans la médecine traditionnelle en Algérie pour le traitement des infections urinaires, des troubles digestifs et du rhumatisme. La présente étude vise à déterminer certaines caractéristiques physicochimiques des huiles essentielles (HEs) et d'évaluer leurs activités antioxydante, antibactérienne et insecticide. L'extraction a été réalisée par l'hydrodistillation sur un appareil de type Clevenger avec un rendement de 2,46%. L'étude du pouvoir antioxydant a été réalisée *in vitro* par les tests de CAT, DPPH et PR. Les résultats ont révélé que les HEs de notre plante présentent une activité antioxydante moyennement faible. L'évaluation de l'activité antibactérienne des HEs contre six souches de bactéries pathogènes a révélé une activité antibactérienne moyenne contre les souches à Gram+ testées, en particulier *S. aureus* (diamètre de la zone d'inhibition = 13,16 mm), alors que les souches à Gram- montrent une faible sensibilité avec des zones d'inhibition inférieure à 9,5 mm. L'activité insecticide des HEs de *C. schoenanthus* (L.) Spreng. a été également évaluée sur *Macrosiphoniella* sp. par un test de contact direct, les résultats obtenus ont révélé une bonne activité insecticide dont la CL₅₀ et TL₅₀ sont avec des 0,142 µL/mL et 23,36 h, respectivement.

Mots-clés: *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng., huiles essentielles, activité antioxydante, activité antibactérienne, activité insecticide.

Abstract

Cymbopogon schoenanthus (L.) Spreng. known by its vernacular name "El Lamad", medicinal plant is used in traditional Algerian medicine to treat urinary tract infections, digestive disorders and rheumatism. The aim of the present study is to determine certain physicochemical characteristics of essential oils (EOs) and to evaluate their antioxidant, antibacterial and insecticidal activities. Extraction was carried out by hydrodistillation on a Clevenger-type apparatus with a yield of 2.46%. The study of antioxidant power was carried out *in vitro* by CAT, DPPH and RP tests, revealing that our plant's EOs present moderately low antioxidant activity. Evaluation of the antibacterial activity of EOs against six strains of pathogenic bacteria revealed average antibacterial activity against the Gram+ strains tested, in particular *S. aureus* (inhibition zone diameter = 13.16 mm), while Gram- strains showed low sensitivity with inhibition zones of less than 9.5 mm. The insecticidal activity of *C. schoenanthus* (L.) Spreng. EOs was also evaluated on *Macrosiphoniella* sp. by a direct contact test. The obtained results revealing good insecticidal activity with LC₅₀ and TL₅₀ of 0.142 µL/mL and 23.36 h, respectively.

Key words: *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng., essential oils, antioxidant activity, antibacterial activity, insecticidal activity.