



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université de Tissemsilt



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
de Master académique en

Filière: **biologie**

Spécialité : **Biochimie Appliquée**

Présentée par :

Kasmi Meriem

Nekhima Amina

Thème

Évaluation de l'activité antioxydante de l'huile essentielle *d'Ammoides verticillata*

Soutenu le, 14 juin 2023

Devant le Jury :

Dris B	Président	MCB	Univ-Tissemsilt
Imessaoudene A	Encadrant	MCA	Univ-Tissemsilt
Berrani A	Examineur	MAB	Univ-Tiaret
Bounouira Y	Co-encadrant	MCB	Univ-Tissemsilt

Année universitaire : 2022-2023

Remerciements

Nous remercions ALLAH qui nous a donné le courage, la patience et la puissance afin d'entamer et de terminer ce mémoire.

En premier lieu, nous tenons à exprimer notre très grande considération et notre vive reconnaissance à notre directeur de mémoire, Dr. Imessaoudene asmahan et Dr. Bounouira yassine nous le remercions vivement de nous avoir confié ce sujet, de nous avoir soutenues et surtout encouragées durant ce travail. Sa disponibilité, aide, et ses précieux conseils nous ont permis d'avancer dans notre travail de recherche. Veuillez trouver ici, Monsieur, l'expression de notre respectueuse considération. Ce travail est pour nous l'occasion de vous témoigner notre profonde gratitude.

Nous voudrions également remercier le Jury:

Dr. Dris Brahim d'avoir accepté de présider le jury de soutenance.

Dr. Berrani Abdelkader d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Je ne saurais oublier de demander toutes les personnes qui m'ont aidée, en particulier

Mohammed, l'ingénieur au laboratoire de Tissemsilt, pour la confiance et le Soutien dont il m'a fait preuve

Enfin toute notre reconnaissance et gratitude à celles et ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui, quels que soient les termes employés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon sincère amour.

A mon adorable père et ma gracieuse mère.

Zui n'ont ménagé aucun effort pour me soutenir, qui ont répondu toujours présents à mes exigences et qui n'ont épargné aucun effort pour me rendre heureuse. Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurais point vous remercier comme il se doit. Votre affection me couvre, votre bienveillance me guide et votre présence à mes côtés a toujours été ma source d'inspiration pour affronter les différents obstacles.

A ma chère sœur Nadjet et son fils Tyado, mes frères Nadhir, Bilal et Housseem El dine.

Zui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A mon binôme Riham que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

A mes chères cousines Souad, Nawel, Afaf, Fatima, Bouchra, Wafaa et Nour

*Et A QUI DONNE UN SENS A MA VIE et toute ma famille NERHMA ET
MEBERBECHA*

Et tous ceux qui m'aiment et que j'aime.



Amina

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Tout d'abord, je remercie Allah le tout puissant qui m'a donné le courage, la patience, et la persévérance pour atteindre mes objectifs.

À mes chers parents et qui ont sacrifié leur vie pour ma réussite et m'ont éclairé le chemin par leurs conseils judicieux. Sans vous je ne serais jamais arrivé jusque-là. J'espère qu'un jour je pourrais vous rendre un peu de ce que vous avez fait pour moi, je vous remercie pour votre soutien et votre amour inconditionnel.

Que Dieu vous prête le bonheur et une longue vie.

À mes très chers frères : mouhamed, abdou et yassin, pour leur appui et leur encouragement.

À mes chères sœurs : Hanan, fatima et fatouma, qu'elles trouvent ici toute

Ma gratitude pour leur soutien tout au long de mes études

À ceux qui ont participé avec moi à ouvrir la voie du succès dans notre carrière scientifique à mon

binôme Amina

À les familles : Kasmi, Belhamel

À mes amies : Basma, Riham, Fatima, Selina

À ma petite loudjaine

À tous mes enseignants tout au long de mes études et à tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, même s'il soit avec un mot, un conseil ou un sourire



Meriem

Les abréviations et symboles

AV : *Ammoides verticillata*.

HE : Huile essentielle.

D.O : Densité optique.

DPPH: 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl.

FRAP: Ferric Reducing-Antioxidant Power.

Fe²⁺ : Fer ferreux.

Fe³⁺ ions Ferriques.

PI : pourcentage d'inhibition.

Min : minute.

Nm : nanomètre.

K₃Fe(CN)₆ : ferricyanure de potassium.

BHT : Hydroxy toluène butylé.

GSH : Glutathion.

GSSG : glutathion oxydé.

GPx-SeOH : enzyme sous forme d'acide sélénique.

GPx-Se-S-G : Enzyme sous forme d'adduit séléno-sulfide.

GPx-Se-H : enzyme sous forme active.

EOA : espèces oxygénées activées,

SOD : le superoxyde dismutase.

GPx : la glutathion peroxydase.

CAT : la catalase.

O₂^{•-} : l'anion superoxyde.

OH• : le radical hydroxyle.

NO• : le monoxyde d'azote.

¹O₂ : l'oxygène singulet.

H₂O₂ : le peroxyde d'hydrogène.

ONOOH : le nitroperoxyde.

E : tocophérol.

C:ascorbate.

Q :ubiquinone.

ADN : Acide désoxyribonucléique .

ABTS : L'acide 2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique) .

GC-MS : Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse.

K⁺ : Ion de potassium

Liste des figures

Figure 1 :	Structure chimique de quelques monoterpènes extraits des H.E	4
Figure 2:	Structure chimique de quelques sesquiterpènes extraits des H.E	5
Figure 3 :	la plante <i>Ammoide verticillata</i> (photo origine)	14
Figure 4 :	La balance d'équilibre entre les systèmes pro et antioxydants	17
Figure 5 :	Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène impliqué en biologie	20
Figure 6 :	Principales défenses antioxydants enzymatiques	21
Figure 7:	Antioxydants exogènes phénoliques	22
Figure 8:	Dispositif d'hydro-distillation pour l'extraction de l'huile essentielle (originale)	25
Figure 9 :	Activité anti radicalaire des huiles essentielles d' <i>Ammoide verticillata</i> en utilisant le test du DPPH (HE : huile essentielle, HE+TD : huile essentielle + terre diatomée)	30
Figure 10:	Activité anti radicalaire de l'acide gallique utilisant le test du DPPH	30
Figure11 :	Activité anti-radicalaire de l'HE d' <i>Ammoide verticillata</i> libre en utilisant le test du FRAP (HE : huile essentielle, HE+TD : huile essentielle + terre diatomée)	31
Figure12 :	Activité anti-radicalaire de l'acide ascorbique en utilisant le test du FRAP	32

Liste des tableaux

Tableau 1 :	classification botanique de la plante <i>Ammoide verticillata</i>	14
Tableau 2:	Sources de stress oxydant endogènes et exogènes	18
Tableau 3 :	rendements (%) d'extraction de l'H.E d' <i>Ammoide verticillata</i>	28

Sommaire

Introduction	1
Première partie : Étude Bibliographique	
Chapitre I Généralités sur les huiles essentielles	
1- Généralité sur les huiles essentielles	3
2- Composition chimique des huiles essentielles	4
3- Méthode d'extraction des huiles essentielles	5
4- Les propriétés des huiles essentielles	8
5- Application des huiles essentielles	8
6- Conservation des huiles essentielles	9
7- Toxicité les huiles essentielles	10
8- l'huile essentielle et terre diatomée	10
Chapitre II Généralités sur <i>Ammoide verticillata</i>	
1-Généralités sur les plantes médicinales	13
2- Généralités sur <i>Ammoide verticillata</i>	13
3- Classification d' <i>Ammoide verticillata</i>	14
4- Composition chimique d' <i>Ammoide verticillata</i>	15
5- Les propriétés thérapeutiques	15
6- Toxicité d' <i>ammoide verticillata</i>	16
Chapitre III L'activité antioxydante	
1-Stress oxydatif, radicaux libres et antioxydants	17
2-Radicaux libres	18
3-Les types des radicaux libres	19
4- Les antioxydants : systèmes de défense contre les radicaux libres	20
5-Classement des antioxydants ou les types	21
5-1- Défenses antioxydantes endogènes	21
5-2- Défenses antioxydantes exogènes	22
Partie expérimental	
Chapitre IV Matériels et méthodes	
1-Lieu de travail	24
2-Objectif de travail	24
3-Extraction des huiles essentielles	24

4-Détermination du rendement en huiles essentielles	25
5-Activité antioxydant	25
5.1-Test de DPPH	25
5.2-Détermination du pourcentage d'inhibition	26
5.3-Test de FRAP (ferrique reducing antioxydant power)	26
6-Expression des résultats	27

Chapitre V Résultats et discussion

1- Rendement de l'extraction d'huile essentielle (R)	28
2- Evaluation de l'effet antioxydant de l'huile essentielle	29
2-1-Test de DPPH	29
2-2-Test FRAP "pouvoir réducteur du fer"	31
3-Conclusion	35
Références bibliographiques	36

Introduction

L'intérêt des plantes médicinales est en plein essor grâce à l'intégration de techniques permettant d'une part d'évaluer la qualité, la sécurité et l'efficacité des métabolites secondaires et d'autre part ; le rôle potentiel des médicaments élaborés à partir de ces métabolites dans les traitements. En effet, les plantes, avec leur grande variété de constituants phytochimiques, ont un potentiel important dans le traitement de plusieurs maladies humaines et animales (**Ouedraogo et al., 2021**). Les constituants phytochimiques sont à forte valeur ajoutée, et sont utilisées dans les industries agro-alimentaires et pharmaceutiques. Les activités antimicrobiennes, et anti-oxydantes ont été rapportées par plusieurs travaux et sont attribuées à leurs compositions chimiques (**Makhloufi, 2010**).

Les extraits de plantes jouent un rôle important dans la médecine traditionnelle en tant que substituts thérapeutiques pour soulager la souffrance. Les produits naturels sont encore des ressources majeures pour la découverte de nouveaux agents thérapeutiques. Les huiles essentielles (**HE**) dérivées de plantes sont des substances volatiles complexes contiennent des composés phytochimiques divers, tels que les monoterpènes, les sesquiterpènes et les phénylpropanoïdes, etc (**Lima et Leiyao., 2020**).

Les HE peuvent être obtenus à partir d'une matière première végétale par distillation à la vapeur d'eau et par hydro-distillation. Habituellement, les HE sont synthétisés et produits par des tissus sécrétoires spécialisés (par exemple, les trichomes glandulaires, les canaux, les poches et les idioblastes) et sont présentes dans tous les organes végétaux, elles jouent un rôle écologique essentiel chez les plantes (**Zeni et al., 2021**).

Les huiles essentielles, en raison de leurs propriétés antimicrobiennes et antioxydants, peuvent être utilisées comme conservateurs alimentaires, comme bioconservateurs dans l'industrie cosmétique et contre plusieurs agents pathogènes humains et champignons phytopathogènes, entre autres applications (**Tefiani et al., 2015**). Cependant, la forte volatilité, la sensibilité à l'oxygène et à la lumière et l'hydrophobicité des HE ont limité leurs applications. Pour ces raisons, des tensioactifs et des méthodes d'encapsulation ont été utilisés pour améliorer la stabilité thermique, la dispersibilité et contrôler le taux de libération des HE (**Oun et al., 2022**).

La terre diatomée (TD) est utilisée pour l'encapsulation des huiles essentielles (**Bounouira., 2022 ; Oun et al., 2022**). La terre diatomée est une substance d'origine naturelle qui a été certifiées comme insecticides organiques et qui sont non toxiques et écologiquement sans risque (**Bounouira., 2020**).

Les espèces réactives de l'oxygène sont utilisées par les organismes vivants en raison de leur réactivité bénéfique dans de nombreux processus biologiques, tels que les mécanismes de

défense ou les molécules de signalisation. Ces espèces sont utiles et bénéfiques en faibles concentrations dans la cellule par l'équilibre entre système prooxydant/antioxydant. Cependant, un déséquilibre entre les radicaux libres et les systèmes antioxydants mène au stress oxydatif, ce dernier est la cause de plusieurs dysfonctionnements métaboliques et endommage les macromolécules biologiques (lipides, ADN et protéines) (**Mouffouk, 2019**).

Le potentiel antioxydant des huiles essentielles dépend de leur composition, les composés phénoliques et autres métabolites secondaires présents dans les huiles essentielles (contenant des doubles liaisons conjuguées) ont généralement des propriétés antioxydantes importantes (**Hanif et al., 2019**). En raison des propriétés redox des composés phénoliques, ils jouent un rôle essentiel dans la neutralisation des radicaux libres et également dans la décomposition des peroxydes. L'activité antioxydante des HE est également due à d'autres composés présents dans les huiles essentielles comme les alcools, les cétones, les aldéhydes, les éthers et les monoterpènes (**Hanif et al., 2019**).

L'huile essentielle obtenue à partir d'*Ammoide verticillata* se caractérise par les propriétés antioxydantes (**Tefiani et al., 2016 ; El Ouariachi et al., 2011**). L'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* est riche en thymol qui est un composé actif et présente des propriétés antioxydantes, suivi de la présence de p-cymène et de limonène (**Benziane et al., 2023**).

Vue la grande importance apportée à la valorisation de la flore algérienne, nous nous sommes intéressés à une espèce de la famille des Apiacées. La plante sur laquelle a porté notre choix est une espèce « *Ammoides verticillata* » (**Daira et al., 2016**).

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'activité antioxydante de l'huile essentielle naturelle et encapsulée (fixée) par la terre de diatomée de la plante aromatique d'*Ammoide verticillata*.

Ce travail est réparti comme suit ; la première partie est consacrée à une synthèse bibliographique mettant l'accent sur des généralités de l'huile essentielle et la plante *Ammoides verticillata*, le stress oxydant, les radicaux et les antioxydants.

La partie expérimentale est subdivisée en deux parties : la première présente le matériel et les méthodes utilisés pour la réalisation de ce travail, à savoir : Extraction des huiles essentielles par hydrodistillation et fixation par la terre diatomée. Etude de l'activité antioxydante de l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* par le test de DPPH et le test de FRAP.

La seconde partie est consacrée à la présentation et la discussion des résultats obtenus.

On termine par une conclusion générale

Synthèse
bibliographique

1-Généralités sur les huiles essentielles

Les HE sont des produits naturels concentrés avec des odeurs fortes produites par les plantes aromatiques comme des métabolites secondaires (**Bouyahya et al., 2018**), ce sont des liquides hydrophobes concentrés contenant des composés volatils (**Kar et al., 2018**) et sont insolubles dans les solvants inorganiques (tel que l'eau) alors qu'elles sont solubles dans les solvants organiques (éther, alcool, huiles fixes) (**Hanif et al., 2019**). Elles ont d'abord été développées par les arabes au moyen âge et étaient connus pour leurs parfums et diverses autres propriétés médicinales telles qu'antiseptiques, bactéricides, virucides et fongicides (**Kar et al., 2018**).

Les huiles essentielles sont obtenues avec de très faibles rendements, ce qui en fait des substances fragiles, rares, mais toujours précieuses, ainsi les différentes méthodes d'extraction des huiles essentielles doivent d'une part tenir compte de ces caractéristiques et d'autre part apporter des performances quantitatives (**Kennas et Boussalah.,2018**).

Les huiles essentielles sont abondamment présentes dans les organes végétaux comme les bourgeons, les tiges, les racines, les graines (noix de muscade, coriandre), les fruits (fenouil, poivre, épicarpes des citrus), les fleurs (oranger, rose, lavande, menthe), les feuilles (eucalyptus, menthe, thym, laurier, sauge, aiguilles de pin, le basilic), le bois et les écorces (cannelle, camphrier, bois de rose) ainsi stockées dans les canaux, les poils sécréteurs épidermiques qui s'accumulent dans des cellules glandulaires spécialisées, situées en surface de la cellule et recouvertes d'une cuticule rencontrés souvent chez les Lamiaceae , les Myrtaceae et les Apiaceae, les organes souterrains : racines, rhizomes (Gingembre) (**Bounab et al., 2020; Boukhatemet al., 2019; Bakkaliet et al., 2008**).

Les genres riches en huile essentielle appartiennent aux familles de Myrtaceae (eucalyptus), Lauraceae (cannelle), Rutaceae (citron), Lamiaceae (menthe), Asteraceae (camomille), Apiaceae (coriandre), Cupressaceae, Zingiberaceae (gingembre), etc (**Bounab et al., 2020;Boukhatem et al., 2019; Bakkaliet et al., 2008**).

La variabilité chimique des huiles essentielles est influencée par divers facteurs qui comprennent les variations physiologiques, les conditions environnementales, les facteurs génétiques et l'évolution, les variations géographiques, entre autres. Ce sont le lieu de récolte, l'âge et la partie de la plante récoltée, la période et l'heure de récolte, la méthode de récolte, le séchage, le stockage, le transport de la matière première, etc., qui peuvent influencer leur qualité (**Ouedraogo et al., 2021;Tefiani et al.,2016**).

2-Composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles contiennent un mélange de nombreux composés organiques qui comprennent des alcools, des aldéhydes, des esters, des cétones, des terpènes, des oxydes, des coumarines, des lactones, des acides, des aldéhydes aromatiques et des phénols (Caroline et al., 1998). La présence d'un grand nombre de phénols, terpènes et autres composés aromatiques rend les huiles essentielles plus précises dans leur mode d'action (Kar et al., 2018). Les constituants des HE sont répartis en deux classes en fonction de leur voie de biosynthèse: les terpénoïdes et les phénylpropanoïdes.

- Les terpénoïdes

Les terpénoïdes sont connus comme des métabolites secondaires (Bouyahya et al, 2018). Dans les huiles essentielles, leur masse moléculaire n'est pas élevée, ce sont les molécules les plus volatiles ; dans la plupart des cas leur formule générale est $(C_5H_8)_n$ (figures 1 et 2) (Bencheikh, 2017).

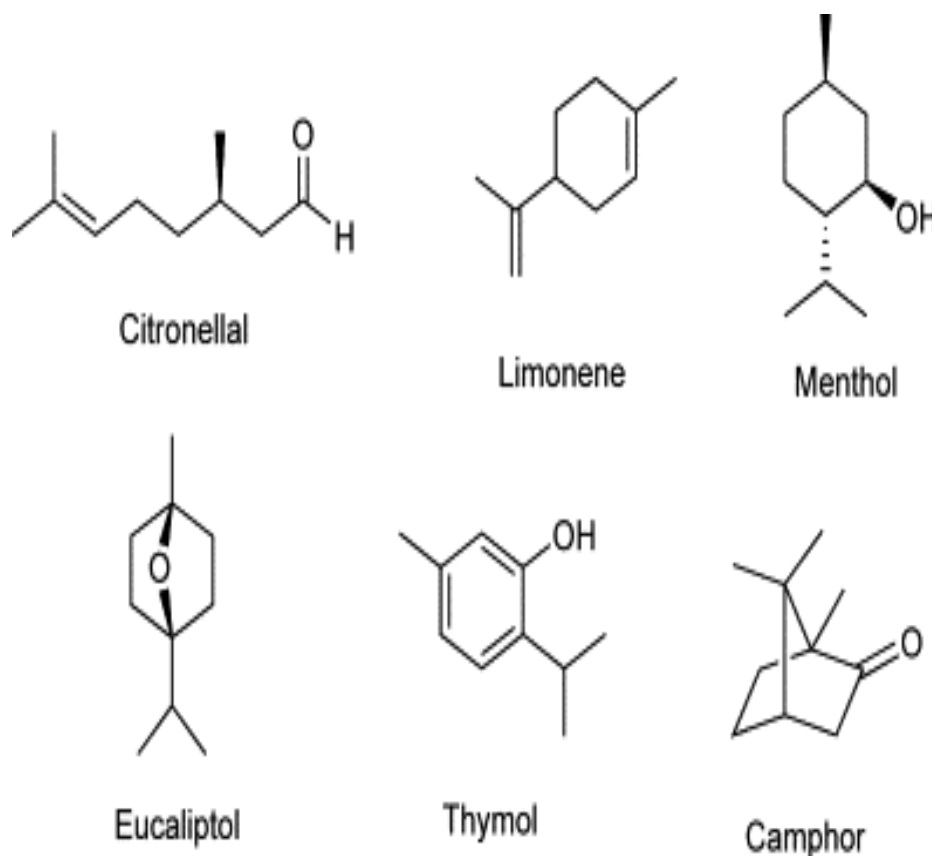


Figure 1: Structure chimique de quelques monoterpènes extraits des H.E (Srividya et Lange, 2016).

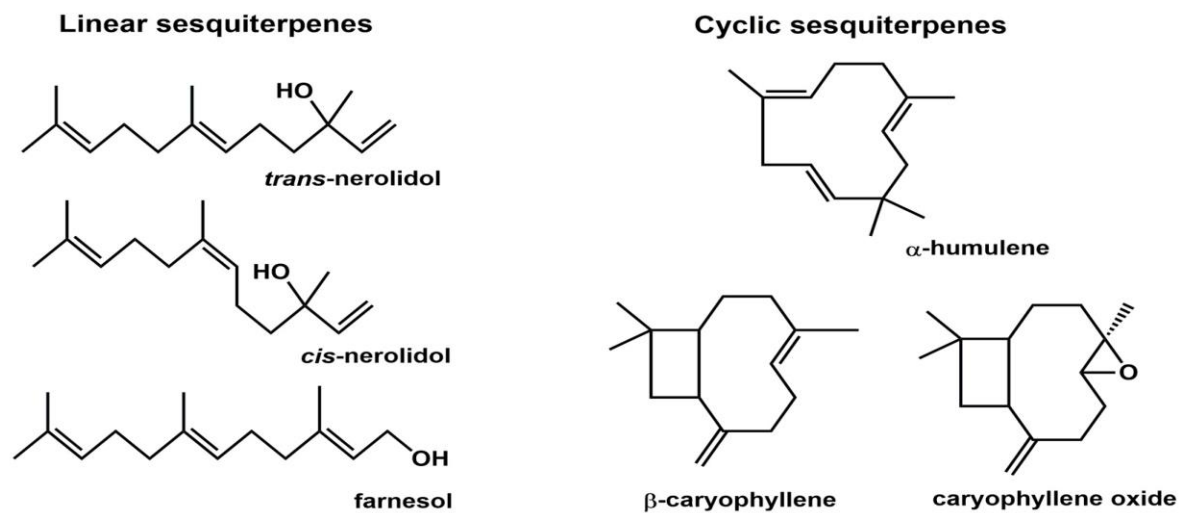


Figure 2 : Structure chimique de quelques sesquiterpènes extraits des H.E (Šadibolová et al., 2019)

-Les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (phénylpropanoïdes)

Sont bio-métabolisés à partir d'acides aminés aromatiques. Ces composés phénoliques sont généralement caractérisés par la présence d'un groupement hydroxyle fixé à un cycle phényle (Bouyahya et al., 2018). Contrairement aux composés terpéniques; les composés aromatiques sont moins fréquents dans les huiles essentielles. Ces derniers sont généralement responsables des caractères organoleptiques des huiles essentielles, exemple l'eugénol qui est responsable de l'odeur du clou de girofle (Zaibet., 2016).

3-Méthode d'extraction des huiles essentielles

La procédure d'extraction est l'étape-clé pour obtenir la meilleure quantité et qualité d'huiles essentielles. Toutefois, des facteurs tels que le type de plante, la composition chimique, le lieu de stockage de l'HE dans la plante (racine, écorce, bois, rameau, feuille, fleur et/ou graine) doivent tous être pris en compte avant l'extraction (Djousseet al., 2020).

Y'a plusieurs techniques, variables, selon la partie du végétal traitée, la fragilité de la plante utilisée et les caractéristiques botaniques :

- L'hydrodistillation

L'hydrodistillation conventionnelle reste la méthode la plus couramment utilisée pour l'extraction des huiles essentielles (Kennas et Boussalah., 2018). Elle est la méthode la plus simple. Elle consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter dans un alambic rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées dans

un réfrigérant et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité. Cependant, l'hydrodistillation possède des limites. En effet, un chauffage prolongé et trop puissant engendre la dégradation de certaines molécules aromatiques (**Dris, 2020**).

-Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

C'est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des HE. Dans ce système d'extraction, le matériel végétal est soumis à l'action d'un courant de vapeur sans macération préalable. Les vapeurs saturées en composés volatils sont condensées puis décantées dans l'essencier, avant d'être séparées en une phase aqueuse et une phase organique (HE). L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques, évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile (**Boukhatem et al., 2019**).

-L'expression à froid

Procédé simple, utilisé pour l'extraction d'HE. Le matériel végétal, constituée essentiellement du zeste d'agrumes (citron, orange, mandarine, etc.) est pressé mécaniquement à froid pour libérer son contenu en HE. Après déchirement des péricarpes riches en cellules sécrétrices, l'HE libérée est entraînée par un courant d'eau puis séparée par décantation ou centrifugation (**Nabti, 2020**). Ceux-ci sont séparés les uns des autres en utilisant la méthode appropriée. Il est important de noter que les huiles essentielles produites à partir de cette méthode ont une courte durée de conservation par rapport aux autres méthodes (**Hanif et al., 2019**).

-Enfleurage

L'enfleurage est une autre méthode d'extraction conventionnelle, été utilisée principalement pour l'extraction d'huiles essentielles de fleurs (par exemple, le jasmin). Au cours de cette méthode, une graisse froide purifiée et inodore est étalée sur le matériel végétal (par exemple, les fleurs). Les odeurs sont dégagées par les fleurs et sont par conséquent dissoutes dans la graisse (**Couic-Marinier et Lobstein, 2013**). De nouvelles fleurs remplacent les anciennes et le processus est répété pendant de très longues périodes jusqu'à ce que la saturation de la graisse soit atteinte. Ensuite, la graisse est collectée et extraite avec de l'alcool. Selon les normes actuelles, il s'agit d'une méthode longue, laborieuse et coûteuse. Elle ne semble pas avoir d'applications pour l'extraction des huiles essentielles utilisées dans l'industrie alimentaire et est pratiquement obsolète de nos jours (**Couic-Marinier et Lobstein, 2013**).

-L'extraction au fluide supercritique

Au-delà du point critique, un fluide peut avoir la densité d'un liquide et la viscosité d'un gaz, d'où une bonne diffusion dans les solides et un bon pouvoir solvant, l'intérêt s'est porté initialement au dioxyde de carbone ce qui s'explique si l'on considère ses atouts: produit naturel, inerte chimiquement, inflammable, non toxique, facile à éliminer totalement, sélectif, disponible, peu réactif chimiquement (**Zaibet et al., 2016**).

La méthode est utilisée pour préparer des extraits d'épices (gingembre, paprika, céleri), des arômes (thé noir, bois de chêne fumé) et des essences végétales pures (débarrassées des terpènes, dépourvues d'intérêts olfactifs et oxydables, ou privées de certains constituants) (**Zaibet et al., 2016**).

-L'extraction par solvants

Le principe de cette méthode consiste à épuiser la matière première de ses constituants odorants au moyen d'un solvant, et récupérer celle-ci chargée d'extraits qui après distillation donne une concrète ou résinoïde (habituellement de consistance solide et insoluble dans l'alcool) contenant des huiles essentielles, mais aussi d'autres produits. Ces concrètes sont traitées par l'alcool absolu qui ne dissout que les huiles essentielles, on obtient alors un absolu (absolu d'Iris, de Violette, de Jasmin....) (**Chekoual.,2019**).

Les solvants utilisés sont des mélanges d'hydrocarbures de bas poids moléculaire, ils doivent être capables d'extraire l'ensemble des constituants de l'essence sans toutefois avoir une action destructrice et de solubilisation de la matière végétale et une bonne capacité de pénétration cellulaire et diffusion dans les tissus, d'autant lorsque les organes sécréteurs sont internes (**Chekoual., 2019**).

-Extraction par micro-ondes

Le procédé d'extraction par micro-ondes appelée Vacuum Micro-wave Hydro distillation (VMHD) consiste à extraire l'huile essentielle à l'aide des micro-ondes d'énergie constante et d'une séquence de mise sous vide. Seule l'eau de constitution de la matière végétale traitée entre dans le processus d'extraction des essences (**Bencheikh, 2017**). Sous l'effet conjugué du chauffage sélectif des micro-ondes et de la pression réduite de façon séquentielle dans l'enceinte de l'extraction, l'eau de constitution de la matière végétale fraîche entre brutalement en ébullition (**Bencheikh, 2017**). Le contenu des cellules est donc plus aisément transféré vers l'extérieur du tissu biologique, et l'essence est alors mise en œuvre par la condensation, le refroidissement des vapeurs et puis la décantation des condensats. Cette technique présente les

avantages suivants: rapidité, économie d'énergie et d'eau, extrait dépourvu de solvant résiduel **(Bencheikh, 2017)**.

4-Les propriétés des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont utilisées en aromathérapie et agissent comme antioxydant **(Rachid Ismaili, 2017)**.

Les HE possèdent un large spectre d'activité antibactérienne, antifongique et même antivirale. Il a également été démontré que les HE inhibent la croissance de souches microbiennes résistantes aux antibiotiques conventionnels, en ce qui concerne leur mode d'action, les HE perturbent l'assemblage de l'ATP et entraînent des dommages dans la paroi cellulaire des agents pathogènes fongiques **(Nabti, 2020)**.

Les HE peuvent également désintégrer la membrane mitochondriale en interférant avec le système de transport d'électrons. Plusieurs HE ont montré des activités antivirales contre de nombreux virus à ARN et à ADN, tels que le virus de l'herpès simplex de type 1 et de type 2 (HSV-1 et HSV-2), le virus de la dengue de type 2, le poliovirus, le virus Junin et le coxsackie virus B1 **(Nabti., 2020)**. Pour les bactéries, les HE déstabilisent principalement l'architecture cellulaire, entraînant une dégradation de l'intégrité de la membrane cytoplasmique, perturbant ainsi, de nombreuses activités cellulaires, notamment la production d'énergie et le transport membranaire **(Nabti, 2020)**

Les nombreuses propriétés naturelles des huiles essentielles en font des agents de conservation très prometteurs pour l'industrie alimentaire. Le recours aux huiles essentielles s'avère être un choix pertinent face à la nécessité de réduire ou de remplacer les agents de conservation chimiques ou synthétiques **(Laib et Barkat., 2011)**.

Une très petite quantité d'HE ont souvent les qualités de plusieurs tasses de tisane de la même plante. Par exemple, une goutte de l'HE de menthe poivrée est comparable à 26 à 28 tasses de thé à la menthe poivrée. Cela ne veut pas dire des HE Ils ne doivent pas être utilisés, mais ces huiles doivent être utilisées avec beaucoup de précaution et en toute sécurité, Les HE sont d'excellents remèdes lorsqu'il est utilisé de manière appropriée **(Hanif et al., 2019)**.

5-Application des huiles essentielles

-En industrie agro-alimentaire

Les huiles essentielles (HE) représentent une source de molécules bioactives et font l'objet de nombreuses études pour leur éventuelle utilisation comme alternative pour la protection des aliments contre l'oxydation **(Ismaili et Houbairi., 2017)**.

L'intégration des huiles essentielles comme agent de conservation des aliments s'avère être un choix pertinent car elle contribue à contrôler la flore microbienne et à préserver l'aliment des phénomènes d'oxydation (**Kennas et Boussalah., 2018**).

Les huiles essentielles sont utilisées dans la conservation des aliments et de nombreux produits alimentaires (**Irshad et al., 2020**).

-En parfumerie et cosmétique

Les huiles essentielles sont utilisées pour améliorer l'humeur et soulager la dépression, pour leur propriété parfumerie de la plante (**Irshad et al., 2020**).

L'utilisation des huiles essentielles comme base dans la fabrication de parfums constitue une pratique courante depuis des siècles dans la plupart des civilisations, cet usage à cours particulièrement en Europe et aux États-Unis. Ces régions ont d'ailleurs développé des industries importantes qui se démarquent par leur haut niveau d'exportations dans ce domaine (**Merzougui et Tadj., 2012**).

Dans le domaine de la cosmétique et des industries, les huiles essentielles sont rapidement utilisées et majoritairement utilisées dans les industries de la parfumerie qui se développent de plus en plus.

-En pharmacie

L'usage interne des huiles essentielles peut être proposé par voie orale, otique, rectale ou vaginale selon l'état ; cependant, les praticiens rapportent que l'application externe locale d'huiles est souvent plus acceptable et plus efficace que l'utilisation par voies internes (**Caroline et al., 1998**).

Les plantes qui sont utilisées pour l'obtention d'huiles essentielles dont une petite quantité peut avoir un intérêt médicamenteux (en particulier dans le domaine des antiseptiques externes) mais qui, majoritairement, sont surtout destinées à l'aromatisation des formes médicamenteuses destinées à la voie orale (**Merzougui et Tadj., 2012**).

6-Conservation des huiles essentielles

Il a été prouvé que les huiles essentielles subissent des altérations à long terme ce qui entraînent non seulement une déficience sensorielle, mais peuvent également compromettre le bien-être du consommateur. Bien qu'un suivi de la qualité et une connaissance approfondie des caractéristiques des huiles essentielles lors du stockage soient indispensables (**Claudia et al., 2013**).

7-Toxicité des huiles essentielles

Bien que les huiles essentielles sont des substances naturelles, mais cela ne signifie pas qu'elle est sans danger pour la santé humaine. Il est ainsi important de connaître le produit, le choisir selon des critères qualitatifs rigoureux, de respecter avec précision les doses et de choisir le mode d'administration adéquat, et pour éviter la survenue d'effets indésirables, et les interactions avec d'autres médicaments. Ainsi, les huiles essentielles peuvent s'avérer allergisants, photosensibilisants, cytotoxiques, irritants, néphrotoxiques, hépatotoxiques, neurotoxiques... **(Bencheikh, 2017)**.

Dans les cas extrêmes, l'huile essentielle archaïque et oxydée peut présenter des risques de toxicité **(Kaloustian et Hadji-Minaglo, 2012)**.

8- L'huile essentielle et terre diatomée.

Les huiles essentielles ont acquis une grande popularité, notamment en raison de leur large spectre d'activités biologiques éprouvées, notamment antifongiques, antibactériennes, insecticides, antivirales, antioxydants, entre autres **(Puškárová et al., 2017)**. Les principaux composants des huiles essentielles appartiennent aux classes des monoterpènes, diterpènes et sesquiterpènes, composés généralement sensibles à l'oxygène, à la lumière, à la chaleur et à l'humidité. Ces substances peuvent subir des modifications irréversibles au contact d'autres matériaux ou d'agents extérieurs, sans protection adéquate **(Baldim et al., 2019 ; Sherry et al., 2013)**.

Les HE présentent plusieurs limites, telles que la complexité chimique, la volatilité élevée, la sensibilité à la dégradation et à l'oxydation, l'insolubilité dans les systèmes aqueux et, en général, une faible biodisponibilité. Ces caractéristiques entravent leur utilisation directe dans des produits plus élaborés **(Baldim et al., 2019)**. De cette manière, l'encapsulation apparaît comme une solution efficace, car elles fournit une protection contre les problèmes d'instabilité, modifie la solubilité du produit, la libération des substances bioactives et peut améliorer l'activité biologique **(Baldim et al., 2019 ; Sherry et al., 2013)**.

L'encapsulation est un processus qui consiste en l'inclusion de l'agent actif dans un autre matériau de paroi de substance produisant des particules à l'échelle du nanomètre (nano-encapsulation), du micromètre (micro-encapsulation) ou du millimètre. L'encapsulation est applicable dans l'industrie agricole, alimentaire, pharmaceutique, biotechnologique et textile **(Ray et al., 2016)**.

Cette technologie permet, par exemple, la transformation de substances liquides et volatiles en solides, la modification de la solubilité du composé, la protection et la modulation de sa libération et de sa fonctionnalité (**Baldir et al., 2019**).

Bounouira et al (2022) étudié l'encapsulation de l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* par la terre diatomée obtenue à partir de diatomite fossilisées et agit par absorption des lipides de la cuticule des insectes et partiellement par abrasion.

Les diatomées ou Bacillariophycées font partie de l'embranchement des algues brunes (Chromophytes), elles sont très anciennes puisque les premières diatomées fossiles datent du Crétacé (120 millions d'années) (**Bounouira et al., 2020**).

Les diatomées sont des cellules eucaryotes enchâssées dans une paroi de silice hydratée (le frustule) qui se compose de deux unités imbriquées : l'épivalve et l'hypovalve. Ces deux valves sont reliées par des ceintures connectives, constituées de fines bandes siliceuses. L'accumulation d'un dépôt siliceux se constitue après dégradation de la matière organique ; les dépôts de silice de diatomées fossiles constituent une roche appelée diatomite (**Bounouira et al., 2020**).

La terre de diatomées (kieselguhr), composée principalement de silice amorphe, $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, est largement utilisée comme additif alimentaire, son innocuité pour le traitement des grains a été récemment revue. La terre de diatomée agit comme déshydratant, réduisant la disponibilité de l'eau dans l'environnement du grain stocké. L'effet a été considéré comme étant principalement dû à la forte accumulation de silice dans la prêle. L'ajout d'autres produits bio rationnels, tels que les huiles essentielles, est une méthode destinée à réduire le risque de développer une résistance aux dessiccants et à renforcer l'activité de la terre de diatomée (**Lupu et al., 2020**).

Les formulations commerciales de la terre de diatomée ont une faible toxicité pour les mammifères et peuvent être éliminées du grain pendant le processus de mouture. De nombreuses formulations de la terre de diatomée sont maintenant disponibles dans le commerce et sont généralement efficaces contre les ravageurs des grains entreposés (**Yang et al., 2010**).

De plus, il a été démontré que la terre de diatomée peut avoir des effets additifs lorsqu'elle est associée à d'autres substances à risque réduit, telles que des insecticides à faible toxicité, des plantes médicinales ainsi que des phéromones (**Yang et al., 2010**).

1-Généralité sur les plantes médicinales

Les plantes médicinales sont utilisées depuis l'antiquité comme médicaments pour la prise en charge des maladies humaines, malgré les grandes avancées de la science et de la médecine moderne au cours de ces dernières décennies, ces plantes continuent de contribuer de façon importante à l'amélioration de l'état de santé des populations, notamment celle des pays en développement (**Ouedraogo et al., 2021**).

Les plantes médicinales constituent un patrimoine précieux pour l'humanité et plus particulièrement pour la majorité des communautés démunies des pays en voie de développement qui en dépendent pour assurer leurs soins de santé primaires et leur subsistance (**Jdaidi et al., 2023**).

En Afrique, plus de 80% de la population utilise les plantes médicinales pour assurer leurs soins de santé. Ceci est lié au coût élevé des médicaments chimiques, à l'éloignement et à l'insuffisance des centres de santé, surtout en milieu rural, pour une prise en charge des problèmes de santé publique. Ces espèces sont une source importante de nouvelles molécules bioactives dotées d'un potentiel thérapeutique. De nombreuses études ont montré que les propriétés médicinales des plantes proviennent de la présence d'agents bioactifs dans leurs extraits. Les éléments les plus importants sont les alcaloïdes, les flavonoïdes, les vitamines, les tanins, les huiles essentielles, les acides, résines, huiles grasses, saponines et polysaccharides (**Jdaidi et al., 2023**).

2-Généralités sur *Ammoide verticillata*

Ammoide verticillata est une plante odorante qui appartient à la famille des Apiacées (figure 3), pousse spontanément dans le nord de l'Algérie, le Maroc, la Tunisie et le nord de l'Asie (**Souhail et al., 2017**). C'est une plante aromatique utilisée en préparations culinaires et aussi utilisée en thérapeutique pour les activités antioxydants et antimicrobiennes prouvées de son l'huile essentielle (**Abdelli et al., 2020**).

Ammoides pusilla est une plante annuelle grêle à souche filiforme et tige très ramifiée de 10 - 40 cm, sans rosette de feuilles basales. Ces feuilles inférieures sont pétiolées et comporte de nombreux segment multifides verticillés, les supérieures pennatifides à segments linéaires : le fruit est ovoïde de moins de 1 mm de long, le nombre de chromosomes diploïdes est $2n = 18$ (**Attou et al., 2017**). La floraison de cette espèce commence au mois de mai et s'étale jusqu'à juillet, les fleurs sont de couleur blanche et regroupées en ombelles composées de 8 à 15 rayons (**Bendjabeur, 2019; Daira et al., 2016**).

En Algérie, cette plante est abondante dans les champs, les pelouses ou dans les forêts et/ ou sur les altitudes montagneuses d'environ 1190m d'hauteur, on la trouve dans des régions caractérisées par des sols calcaires (**Boussouar et Teiri., 2022**).

Ajwain pousse à l'état sauvage en Europe méditerranéenne, en Afrique du Nord et en Égypte, ainsi qu'en Asie du Nord (Iran) et dans le sous-continent indo-pakistanaï. La plante est cultivée aussi en Egypte. Elle est utilisée comme épice dans certaines régions d'Asie (**Taibi et al., 2023; Bekhechi et al., 2010**).



Figure 3 : la plante *Ammoide verticillata* (photo origine)

3-Classification d'*Ammoide verticillata*

Ammoides verticillata est classé selon la clé de détermination botanique, d'après **lachgheur (2021)** dans le tableau 1

Tableau 1 : classification botanique de la plante *Ammoides verticillata*

Embranchement	Phanérogames ou spermaphytes
Sous- embranchement	Angiospermes
Classe	Eudicotylédones
Sous- classe	Dialypétales
Ordre	Apiales
Famille	Apiacées
Genre	<i>Ammoides</i>
Espèce	<i>Ammoides verticillata</i>

Le genre *Ammoide* de la famille des Apiaceae en Algérie comprend deux espèces: *Ammoide atlantica* Wolf, qui est endémique, et *Ammoide pusilla* (Brot.) Breistr. (syn. *A. verticillata* (Duby) Briq., *Ptychotisammoide* W. D. J. Koch, *carumammoide* (L.) Ball, *petroselinum ammoides* (L.) Rchb. f.). En Algérie, cette espèce est connue sous le nom de Noukha.

Dans les pays d'Afrique du Nord, la même espèce est connue comme Nabta, Ridjl El-Ghorab et Gazarech-Cheytan, et est connu pour ses propriétés digestives (**Taibi et al., 2023; Tefiani.,2016;El ouariachi et al., 2013;Laouer.,2003**).

4-Composition chimique d'*Ammoide verticillata*

Les résultats du screening phytochimique d'*Ammoide verticillata* confirment la richesse de cette plante en composés phénoliques (polyphénols, tanins, catechiques, flavonoïdes, flavones, leucoanthocyanes, coumarines, anthocyanes et quinones libres), en composés terpeniques (saponosides, stéroïdes, stérols, triterpènes), en composés azotés (alcaloïdes) et en caroténoïdes (**Daira et al., 2016**). La composition de l'huile essentielle c'est avérée riche en thymol qui est un composé phénolique (**Toubal et al., 2012**), responsable de ses propriétés pharmacologiques et il détermine également les caractères d'odeur et de saveur de l'huile (**Elouariachi., 2013; Bekhechi., 2010**).

Les résultats de **Tefiani (2015)** montrent que les monoterpènes prédominaient dans HE d'*A. pusilla* (57 %) bien qu'elles soient plus prononcées, Alcool de cumin (44%), p-cymène (18%), limonène (14 %), le thymol (11 %) et le γ terpinène (7 %) prédominaient dans l'huile d'*A. pusilla*. Divers facteurs déterminent la composition chimique variabilité des composants volatils et des huiles essentielles et qui incluent les variations physiologiques, les conditions environnementales, facteurs génétiques et évolution, géographie variantes, entre autre (**Tefiani., 2016**).

5-Les propriétés thérapeutiques

Ammoide verticillata est connue pour ses propriétés thérapeutiques et effets médicaux, elle présente des activités biologiques, telles que des propriétés antioxydants, antibactériennes, antifongiques et insecticides (**Taibi et al., 2023**), et est largement utilisé en médecine traditionnelle comme agent antispasmodique, antidiabétique et antipyrétique, ainsi qu'antiseptique (**Benyoucef et al., 2019**).

Les résultats de **Attou et al., (2019)** montrent que l'huile essentielle d'*Ammoide verticillata* a une très bonne activité antimicrobienne contre cinq souches bactériennes (*Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* et *Micrococcusluteus*) et la levure *Candida albicans*. Par ailleurs, l'huile essentielle peut piéger 50 % du radical libre DPPH à une concentration de 15,37 $\mu\text{g/ml}$. L'analyse CG/MS a révélé le thymol en tant que composant majeur (45,77 %), suivi de monoterpènes (p-cymène, limonène, le γ -terpinène : 44,31 %), cette composition confirme le pouvoir antioxydant et antimicrobien.

Les résultats de **Senouci et al., (2019)** affirment que l'huile essentielle inhibait de manière significative la croissance fongique et présentait une activité antifongique modérée à élever contre les champignons. En présence d'huile essentielle, les champignons testés ont montré une sensibilité importante à une concentration de 0,5 mL/L, des effets inhibiteurs sur la croissance d'*Alternaria alternata* (89 %), *Fusarium solani* (89 %), *Aspergillus niger* (68 %) et *Penicillium crustosum* (50 %) ont été observés.

6-Toxicité d'*Ammoide verticillata*

Aucun cas d'intoxication n'a été causé par *Ammoides pusilla*, et les tests de toxicité ne montrent aucun effet néfaste de cette plante (**Bendjabeur, 2019**).

1- Stress oxydatif, radicaux libres et antioxydants

Le stress oxydant est défini lorsque l'organisme est incapable de se défendre contre l'agression des espèces oxygénées activées, suite à un déséquilibre lié, soit à une production accrue des espèces oxygénées (EOA), soit à une diminution de la capacité de défense antioxydant (**Defraigne et Pincemail, 2008**).

Dans des conditions physiologiques, des radicaux libres sont produits en permanence en faible quantité comme les médiateurs tissulaires ou les résidus des réactions énergétiques ou de défense; la production des EOA est parfaitement maîtrisée par les systèmes de défense de l'organisme ; la balance antioxydants / pro-oxydants est en équilibre (figure 4) (**Favier, 2003**).

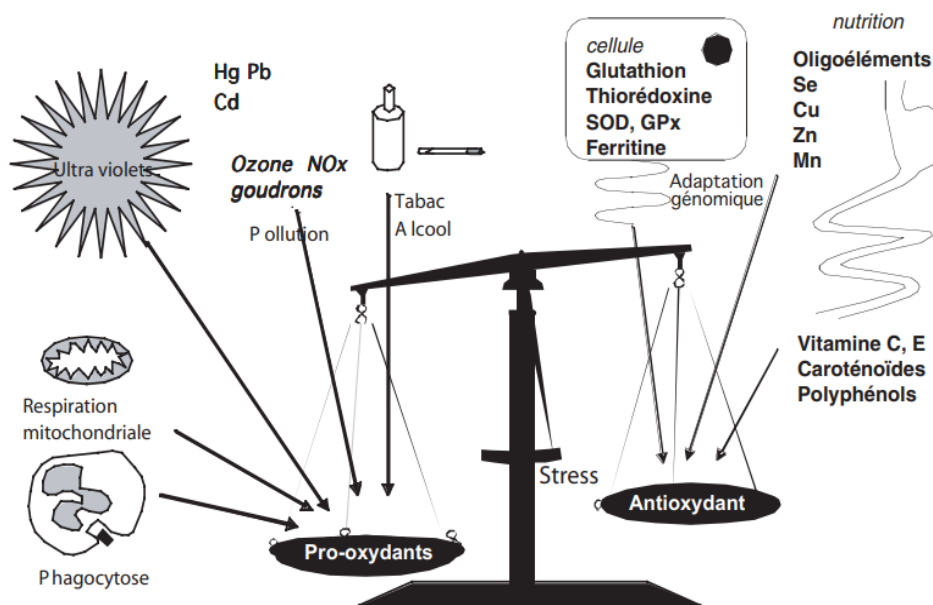


Figure 4 : La balance d'équilibre entre les systèmes pro et antioxydants (**Favier, 2006**).

Le stress oxydant résultera d'une situation où l'organisme ne contrôle plus la présence excessive de radicaux oxygénés. Il est potentiellement impliqué dans le développement du vieillissement ou de pathologies associées au vieillissement (maladies cardio-vasculaires et neuro-dégénératives, cancer, diabète, asthme, ...) (**Haleng et al., 2007**). Comme le montre le tableau 2, les sources de stress oxydant peuvent avoir diverses origines endogènes et exogènes (**Haleng et al., 2007**).

Tableau 2: Sources de stress oxydant endogènes et exogènes (**Haleng et al., 2007**).

Mode de vie	Tabagisme, Faible consommation en fruits et légumes, Alcool, Médicaments Exposition au soleil Exercice intense ou mal géré
Environnement	Pollution, Amiante, Radiations Contacts avec des substances cancérigènes
Mécanismes biochimiques	Xanthine-oxydase, Inflammation, Altération de la fonction endothéliale, Surcharge en fer, Oxydation de l'hémoglobine, Altérations mitochondriales Biosynthèse des prostaglandines

2-Radicaux libre

Les radicaux libres sont des atomes ou groupes d'atomes très instables possédant un nombre impair d'électrons sur la loge extérieure. Ils sont produits par divers mécanismes physiologiques, en raison de leur importance pour l'organisme à un niveau de base (**AGOUAZI, 2021**).

L'ensemble des radicaux libres et de leurs précurseurs est souvent appelé espèces réactives de l'oxygène (**Favier, 2003**). L'appellation « dérivés réactifs de l'oxygène » n'est pas restrictive, elle inclut les radicaux libres de l'oxygène proprement dit mais aussi certains dérivés oxygénés réactifs non radicalaires dont la toxicité est importante tel le peroxyde d'hydrogène H_2O_2 (**ZAIBET, 2016**). Les radicaux libres provoquent des transformations moléculaires et des mutations génétiques dans de nombreux types d'organismes (**Martinello et Mutinelli, 2021**).

Les radicaux libres sont produits dans l'organisme au cours du métabolisme normal. Plusieurs mécanismes et systèmes responsables de la production de radicaux libres ont été identifiés jusqu'à présent, parmi eux nous citons :

- des fuites d'électrons au niveau de la chaîne respiratoire de la mitochondrie
- des processus inflammatoires produits par les cellules phagocytaires activées
- du système xanthine déshydrogénase/ oxydase activé
- d'exposition à des agressions de l'environnement, comme les agents infectieux, la pollution, les UV, la fumée de cigarette et le rayonnement (**Zaibet, 2016**).

La formation des radicaux libres peut être programmée et répond à une nécessité biologique. Les cellules phagocytaires (macrophages, polynucléaires) sont équipées d'un dispositif spécial permettant la biosynthèse d' O_2^- , d' H_2O_2 et d'hypochlorite qui leur servent à détruire les bactéries, parasites ou composés chimiques étrangers présents dans les tissus (**Paul Borel., 1988**).

Dans d'autres cas, la formation de radicaux oxygénés est non spécifique, « indésirable », sans doute inévitable, au cours de toutes les réactions enzymatiques qui mettent en jeu des transports d'électrons (respiration cellulaire, fixation d'oxygène sur l'hémoglobine, fonctionnement des enzymes du groupe des oxygénases, interactions avec l'oxygène de molécules auto-oxydables comme l'adrénaline, la riboflavine, le tétrahydrofolate ou les protéines glyquées) (**Paul Borel., 1988**).

Les effets nocifs des radicaux libres oxygénés proviennent de leur capacité de réaction avec les acides gras polyinsaturés, les acides aminés, les protéines, les oses, les acides nucléiques, aboutissant à la dégradation de ces molécules avec libération éventuelle de substances toxiques. L'effet toxique sur les membranes plasmiques se marque par un accroissement de la perméabilité passive aux ions K^+ (**Paul Borel., 1988**).

3-Les types des radicaux libres

Parmi les espèces radicalaires susceptibles de se former dans les cellules, il convient de distinguer un ensemble restreint de composés radicalaires qui jouent un rôle particulier en physiologie et qui sont appelés radicaux primaires. Les radicaux primaires dérivent de l'oxygène par des réductions à un électron tels l'anion superoxyde $O_2^{\cdot-}$ et le radical hydroxyle $OH\cdot$, ou de l'azote tel le monoxyde d'azote $NO\cdot$ (Figure 5) (**Favier, 2003**).

D'autres espèces dérivées de l'oxygène dites espèces actives de l'oxygène, comme l'oxygène singulet 1O_2 , le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) ou le nitroperoxyde ($ONOOH$), ne sont pas des radicaux libres, mais sont aussi réactives et peuvent être des précurseurs de radicaux. L'ensemble des radicaux libres et de leurs précurseurs est souvent appelé espèces réactives de l'oxygène (**Favier, 2003**). Les radicaux secondaires, se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule (**Favier, 2003**).

Les métaux de transition, comme le Fe^{2+} et le Cu^{2+} agissent comme catalyseurs dans la formation du radical hydroxyle (**Haleng et al., 2007**).

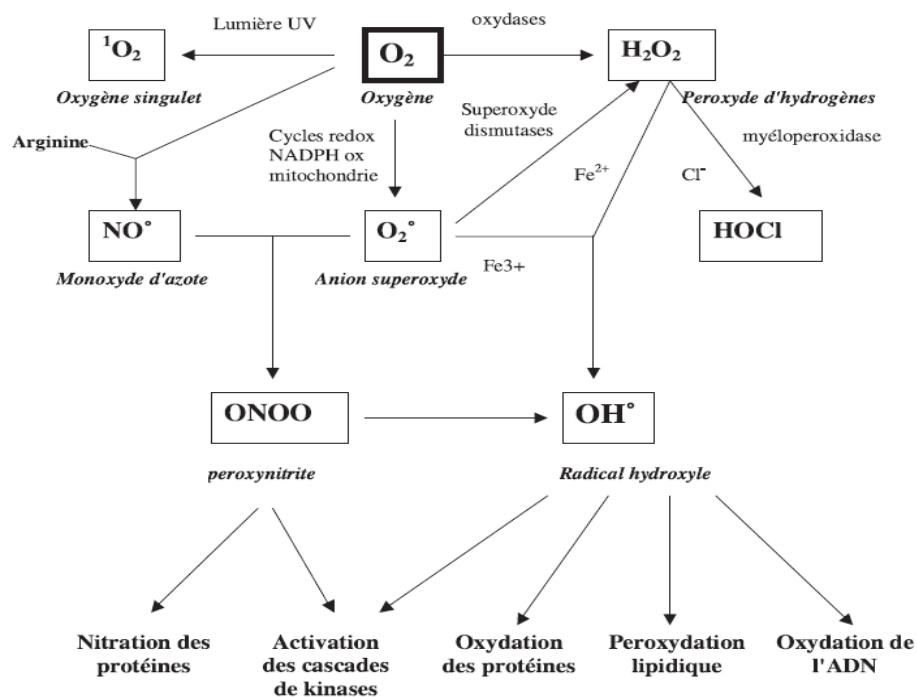


Figure 5 : Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène impliqué en biologie (Favier, 2003).

4-Les antioxydants : systèmes de défense contre les radicaux libres

L'oxygène est toxique et les organismes aérobies ne survivent à sa présence que parce qu'ils contiennent des défenses antioxydantes (Halliwell, 2007). Autour de cette ambiguïté entre nécessité et danger de l'oxygène et des radicaux libres, des antioxydants sont développés par la nature, ils permettent de contrôler et de se défendre le plus précisément possible (Leverve, 2009).

Le rôle des antioxydants est de neutraliser les radicaux libres dans les cellules biologiques, les radicaux ayant un impact négatif sur les organismes vivants (Munteanu and Apetrei., 2021). L'activité antioxydante une des propriétés les plus importantes est leur capacité antioxydante, qui contribue à la prévention de certaines maladies, en protégeant les cellules contre les dommages causés par les agents oxydants tels que les radicaux libres (Martinello et Mutinelli, 2021).

5-Classement ou les types des antioxydants

L'organisme dispose d'un vaste réseau d'antioxydants ou de défense qui ne se limite pas qu'aux seules vitamines C et E. D'une part, une multitude d'antioxydants proprement dits sont synthétisés par l'organisme ou le plus souvent apportés par l'alimentation (Defraigne et Pincemail, 2008).

5-1- Défenses antioxydantes endogènes

Plusieurs enzymes clés luttent contre les radicaux libres et autres espèces oxydantes, parmi ceux-ci, la superoxyde dismutase (SOD), la glutathion peroxydase (GPx) et la catalase (CAT) (figure 6) (Djenidi., 2019).

Les défenses enzymatiques et non enzymatiques inhibent l'attaque oxydative. Elles ont toutes un métal de transition, capable de prendre différentes valences lors du transfert d'électrons au cours du processus de détoxification (Graham et al 2004). D'autre part, des systèmes enzymatiques extrêmement complexes assurent la réparation des éventuels dommages oxydatifs au niveau des protéines ou de l'ADN, s'y ajoutent quelques oligoéléments (sélénium, cuivre et zinc) qui sont les cofacteurs de divers enzymes à activité antioxydant (Defraigne et Pincemail., 2008).

Deux iso-formes du superoxyde dismutase (SOD) convertissent l'O₂ en peroxyde d'hydrogène, la forme manganèse limitée aux mitochondries et la forme cuivre et zinc située dans le cytosol (Graham et al., 2004). Le peroxyde d'hydrogène est ensuite décomposé en eau par les actions de la catalase ou de la glutathion peroxydase, une séléno-protéine tétramérique. L'activité de la glutathion peroxydase dépend de la présence de glutathion réduit (GSH) comme un donneur d'hydrogène. Le glutathion est le principal tampon redox thiol cellulaire dans les cellules et est synthétisé dans le cytosol à partir de L-glutamate, de la L-cystéine et de la glycine. GSH participe à un grand nombre de réactions de détoxification formant du disulfure de glutathion, qui est reconverti en GSH par l'action du glutathion réductase au détriment du NADPH (Graham et al., 2004). Ce dernier est généré par la voie des pentoses phosphates, dont la glucose-6-phosphate déshydrogénase est la première enzyme. Cette enzyme est sujette à des polymorphismes courants, et une activité réduite peuvent compromettre les concentrations de GSH et conduire à embryopathie.

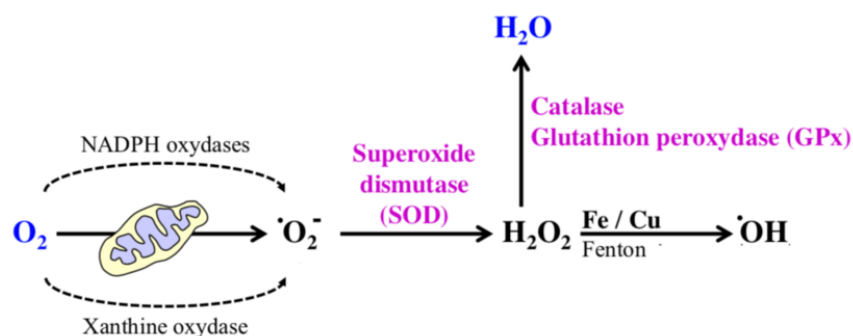


Figure 6: Principales défenses antioxydantes enzymatiques (Laouafa., 2018)

La céruloplasmine et la transferrine jouent également un rôle important en séquestrant les ions de fer libres et en inhibant ainsi la réaction de fenton et la production d'OH (Graham *et al.*, 2004).

5-2-Défenses antioxydants exogènes

D'autres mécanismes de lutte contre les radicaux libres entrent également en jeu. Il s'agit de nombreuses molécules exogènes, apportées par l'alimentation, capables d'éliminer ces composés oxydatifs, ou de stopper les réactions d'oxydations en chaîne, mais avec une spécificité moindre (Djenidi., 2019). Certains composés antioxydants comme les vitamines E (tocophérol), C (ascorbate) (figure 7), Q (ubiquinone), ou les caroténoïdes apportés par les aliments, agissent en piégeant les radicaux et en captant l'électron célibataire, les transformant en molécules ou ions stables (Haleng *et al.*, 2007 ; Favier, 2003). La vitamine piègeuse va devenir un radical, puis sera soit détruite, soit régénérée par un autre système. Ainsi, la vitamine E est régénérée par la vitamine C qui est elle-même régénérée par des enzymes, les ascorbates réductases (Favier, 2003).

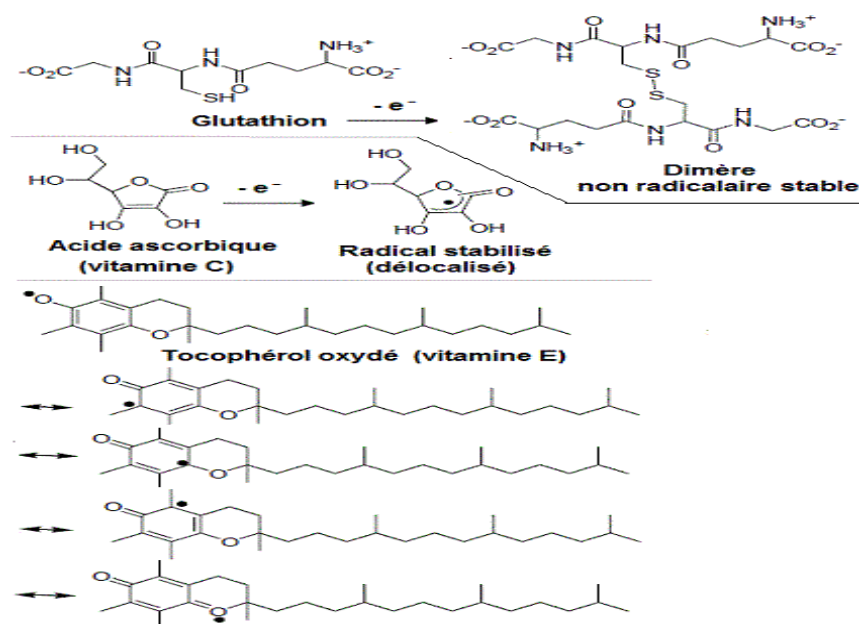


Figure 7: Antioxydants exogènes phénoliques (baaziz., 2023)

Les propriétés antioxydantes sont largement étudiées pour divers molécules, y compris les molécules naturelles, afin d'identifier de nouveaux composés à partir de sources naturelles (Zdenka *et al.*, 2020).

Les plantes médicinales jouent un rôle crucial dans la prévention des maladies chroniques telles que les cardiopathies, le cancer, le diabète, ... etc. Ces plantes contiennent une diversité de composés bioactifs ou composés phytochimiques comme les coumarines, les terpènes, les

polyphénols, les tanins, etc.) qui peuvent réduire le stress oxydatif et moduler les voies biologiques nocives (**BakrShori, 2020; El Moussaoui et al., 2019**).

Différents mécanismes sous-tendent la capacité antioxydant des phénols, tels que le piégeage des radicaux libres, le don d'hydrogène, la chélation des ions métalliques, l'extinction à l'oxygène unique et l'action en tant que substrat pour les radicaux super oxydes et hydroxyle (**Martinello et Mutinelli., 2021**).

Les antioxydants végétaux sont synthétisés par les plantes contre le stress biotique (espèces pathogènes, prédatrices, compétitives) et abiotiques (rayonnement UV, dessiccation, choc thermique) et favorisent l'attraction des pollinisateurs, la dispersion des graines et les phénomènes allopathiques (**Martinello et Mutinelli., 2021**).

Partie expérimental

1-Lieu de travail

L'expérimentation est réalisée au niveau du laboratoire de la faculté des Sciences et de la Technologie, université de Tissemsilt.

2-Objectif de travail

Le but de cette étude est de tester l'activité antioxydants d'huiles essentielle *d'Ammoïde Verticillata* encapsulée par la terre diatomée, la plante était choisie essentiellement en fonction de leur utilisation par la population algérienne en phytothérapie.

La plante sélectionnée pour cette étude été achetée chez un herboriste de la wilaya de Tissemsilt vendant les plantes médicinales, l'herboriste nous a informé que la plante été récolté de la région Bordj Bounaama, Tissemsilt et le séchage était effectué dans un endroit sombre, sec et aéré. La plante était conservée dans des boites en carton jusqu'au moment de l'extraction des huiles essentielles.

3-Extraction des huiles essentielles

Pour l'extraction de l'HE, différentes parties de la plante (tige, feuille, fleurs) sont utilisées. L'extraction de l'huile essentielle est réalisée par hydro-distillation. Cinq distillation de 50g chacune de matériel végétal séché (partie aérienne) avec 500 ml d'eau distillé dans un ballon de 01 litres surmonté d'une colonne de 60 cm de longueur reliée à un réfrigérant ; la distillation a été réalisée par ébullition, pendant 03 heures après l'apparition de la première goutte de distillat à la sortie du tube de condensation de la vapeur. Les vapeurs chargées d'huile; en traversant un réfrigérant se condensent dans une lampe à décanté.

Après décantation, l'huile essentielle est récupérée et conservée dans des flacons bruns bien fermés hermétiquement à l'abri de la lumière et à une température entre 4 et 6°C pour éviter tout risque de dégradation de l'huile essentielle.

L'extraction est répétée plusieurs fois pour obtenir une quantité suffisante de l'huile essentielle.

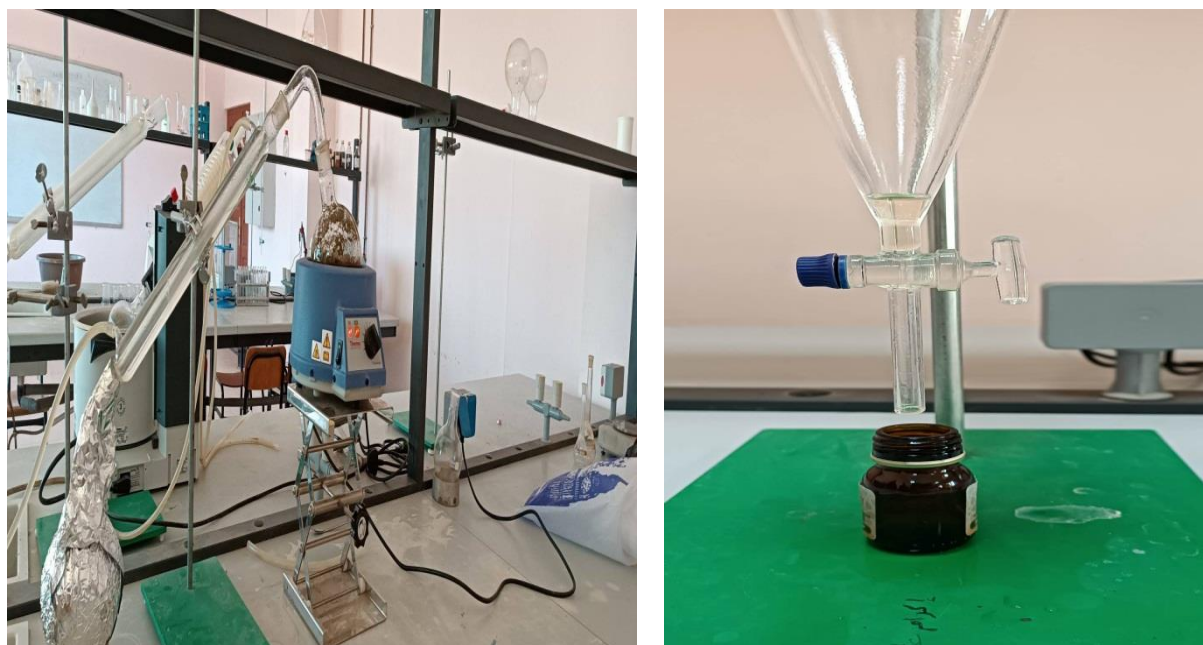


Figure 8: Dispositif d'hydro-distillation pour l'extraction de l'huile essentielle (**originale**)

4-Détermination du rendement en huiles essentielles

Le rendement des huiles essentielles (R_{mt}) est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue et la masse végétale sèche traitée (**Senouci, 2020**).

R_{mt} : rendement en huile essentielle exprimé en pourcentage (%) (p/p).

P_1 : poids en (g) d'HE.

P_0 : poids en (g) de la matière végétale sèche traitée.

$R_{mt} = P_1 * 100 / P_0$.

5-Activité antioxydant

Le pouvoir antioxydant des huiles essentielles d'*Ammoide verticillata* libre et HE fixée par la terre diatomée a été évalué par deux méthodes : le test de DPPH et le test de FRAP.

- Fixation de l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* par la terre diatomée

25 mg de la terre diatomée est mélangé avec l'HE à différentes concentrations utilisées pour l'évaluation de l'activité anti oxydante.

5-1-Test de DPPH

- Principe

Le DPPH possède un électron non apparié sur un atome du pont d'azote. La mesure de l'efficacité d'un antioxydant est établie en mesurant la diminution de la coloration violette mesurable par spectrophotométrie à 517 nm. La capacité de céder des hydrogènes par les

huiles essentielles est mise en évidence par une méthode spectrophotométrique en suivant la disparition de la couleur violette d'une solution méthanolique du radical libre **DPPH** provoquée par la réduction du radical par l'antioxydant (AH) (**Latreche., 2019**).

-Mode opératoire

L'activité antioxydant des huiles essentielles a été évaluée par la mesure du pouvoir de piégeage du radical DPPH selon la méthode décrite par BEKTAS et al, (2005),

Un volume de 100 µl de chacune des solutions méthanoliques d'huile essentielle libre et fixée par terre diatomée préparées à différentes concentrations (0.2, 0.1, 0.05, 0.025, 0.0125, 0.00625, 0.0031, 0.00152 mg/ml) est mélangé avec 2.9 ml d'une solution méthanolique de DPPH° à 0,004% (p/v). Après 30 min d'incubation à l'obscurité et à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 517 nm par spectrophotomètre JENWAY 7305 UV-Visible. Nous procédons de la même manière pour l'acide ascorbique (antioxydant de référence)

5.2-Détermination du pourcentage d'inhibition

L'activité anti radicalaire est exprimée en pourcentage de réduction de la solution de DPPH° (**Dongmo et al., 2010**). D'après **Dung et al., (2008)** et **Eyob et al., (2008)**, le pouvoir de réduction est déterminé en appliquant la formule suivante :

$$PR = (AC - AE) / AC \times 100$$

PR : Pouvoir de la réduction exprimé en pourcentage (%) ;

AE : Absorbance de la solution de DPPH° en présence de l'huile essentielle ou de l'acide ascorbique ;

AC : Absorbance du Blanc, la solution de DPPH° en absence de l'huile essentielle et de l'acide ascorbique.

5.3-Test de FRAP (ferrique reducing antioxydant power)

- Principe

La méthode est basée sur la réaction de réduction du (Fe^{3+}) présent dans le complexe ferrocyanure de potassium en (Fe^{2+}), la réaction est révélée par le virement de la couleur jaune du fer ferrique (Fe^{3+}) en couleur bleu vert du fer ferreux (Fe^{2+}), l'intensité de cette coloration est mesuré par spectrophotomètre à 700 nm (**Attou., 2017**). Une absorbance élevée indique que l'échantillon possède un grand pouvoir réducteur (**Gholivand et al., 2010**).

-Mode opératoire

Le pouvoir réducteur des huiles essentielles a été déterminé selon la méthode décrite par **Dris (2020)**. Pour ce faire, un volume de 1 ml de chacune des solutions méthanoliques d'huile

essentielle libre et fixée par terre diatomée préparées à différentes concentrations (0.2, 0.1, 0.05, 0.025, 0.0125, 0.00625, 0.0031, 0.00152 mg/ml), est mélangé avec 2.5 ml d'une solution tampon phosphate (0.2 M, pH 6.6) et 2.5 ml d'une solution de ferrocyanure de potassium $K_3Fe(CN)_6$ à 1%.

L'ensemble est incubé au bain-marie à 50°C pendant 20 min puis, refroidi à température ambiante avant d'ajouter 2.5 ml d'acide trichloracétique à 10% pour stopper la réaction.

Le mélange est centrifugé à 3000 tours/min pendant 10 min. Puis, 2.5 ml de surnageant est mélangé avec 2.5 ml d'eau distillée et 0.5 ml d'une solution aqueuse de trichlorure de fer $FeCl_3$ à 0.1%. La mesure de l'absorbance du milieu réactionnel se fait 10 min après incubation à 700 nm par spectrophotomètre JENWAY 7305 UV-Visible contre un blanc semblablement préparé, en remplaçant l'échantillon d'huile essentielle par de l'eau distillée. Une solution d'acide ascorbique préparée à différentes concentrations (comprise entre 400 et 5 mg/ml) et dans les mêmes conditions est utilisée comme contrôle positif.

6-Expression des résultats

Les résultats obtenus sont exprimés sous forme de graphe où l'abscisse est représentée par les différentes concentrations d'échantillon testées et l'ordonnée est représentée par les absorbances obtenues. L'augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des fractions testées.

Matériel végétal**1- Rendement de l'extraction d'huile essentielle (R)**

L'extraction de l'huile essentielle effectuée par hydro-distillation, le rendement en huile essentielle de la partie aérienne d'*Ammoides verticillata* est 2.88% (w/w) (tableau 3), ce rendement est similaires à celui obtenu par **Tadj et Merzougi (2012)**, où le rendement moyen de l'extraction est de 2.9 %.

Notre rendement est considéré comme élevé si on le compare à celui qu'a eu **Ouariachi et al (2011)** qui est de 2% à partir de la partie aérienne d'*A. verticillata* récoltées à Ahfir au Maroc.

Tableau 3 : rendements en (%) d'extraction de l'H.E d'*Ammoide verticillata*.

Extraction N°	poids végétal (g)	poids D'HE (g)	Rendement en HE%
	50	1.44	2.88

On peut estimer que des facteurs comme le temps de récolte, et des conditions de séchage mises en œuvre (séchage naturel à l'ombre ou au soleil) et la méthode d'extraction peuvent influencer le rendement de l'huile essentielle obtenue par extraction à partir de matériel végétal sec.

Bencheikh et al (2015) rapporte que le séchage de la plante, avant l'extraction par hydro distillation, a des effets très nets sur le rendement en huile essentielle. Le rendement en huile essentielle évolue durant le séchage du matériel végétal.

La plante, après sa récolte continue à vivre et son activité de biosynthèse des terpènes et dérivés s'accroît. Il paraît s'agir pour la plante d'un moyen de défense contre le stress hydrique. C'est ce qui expliquerait l'augmentation des rendements en huiles essentielles. Après la mort définitive de la plante, toute l'activité de biosynthèse s'arrête et les pertes d'huiles essentielles par évaporation ne sont plus compensées, d'où les baisses des rendements de distillation (**Bencheikh et al., 2015**).

Ammoides verticillata utilisée dans notre travail résiste au séchage, puis qu'en comparant nos résultats avec les données rapportées par **Souhail et al., (2017)** et **Tefiani et al., (2015)** qui ont réalisé l'extraction de l'huile des feuilles et les fleurs de plante récoltées puis séchées, les valeurs du rendement d'extraction sont respectivement de 2, 7 % et 2, 9% , et ils sont similaires à notre résultat. En général on peut déduire que le rendement des huiles essentielles est stable pendant plusieurs semaines.

2- Evaluation de l'effet antioxydant de l'huile essentielle

Pour l'étude des activités antioxydant, nous avons utilisé deux tests différents à savoir l'inhibition du **DPPH** et le Test de **FRAP** (ferrique reducing antioxydant power).

2-1- Test de DPPH

Le test d'inhibition du DPPH in vitro est représenté par le pourcentage d'inhibition de ce radical. Différentes concentrations de l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et de l'huile essentielle aussi extraite de cette plante mais fixée par la terre diatomée, sont testées par comparaison à l'acide gallique (polyphénol de référence). Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 9.

Les résultats montrent que le pourcentage d'inhibition du radical DPPH par l'huile essentielle d'*Ammoide verticillata* et de l'huile essentielle de la même plante fixée par la terre diatomée est proportionnel à la concentration des échantillons dans le milieu réactionnel.

Le pouvoir anti-radicalaire de l'acide gallique a été évalué afin de le comparer à notre l'huile essentielle. La réduction de l'absorbance du DPPH a été beaucoup plus importante avec l'acide gallique par rapport à huiles essentielles d'*A. verticillata*.

À la concentration de 100 µg/ml d'acide gallique, le PI avait déjà atteint les 90.95%, puis, le taux du PI a commencé à se stabiliser à partir de 150 µg/ml, aboutissant à une inhibition du radical DPPH de 98.1% pour la concentration 400 µg/ml (figure 10). L'acide gallique a donc provoqué une réduction presque totale du DPPH en sa forme non radicalaire DPPH-H.

Les résultats indiquent une augmentation du pouvoir d'inhibition (PI) du DPPH en fonction des concentrations des échantillons testés, à la concentration (0.00152 mg/ml), l'huile essentielle a présenté un PI de 74.13%, tandis qu'à la plus grande concentration (0.2 mg/ml), le PI a atteint 97.26%.

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle non fixée aux concentrations (0.1 et 0.2 mg/ml) présente un effet inhibiteur de DPPH proche de celui de l'acide gallique.

Une augmentation des pourcentages d'inhibition (PI) de DPPH en fonction des concentrations de l'huile essentielle fixée par la terre diatomite est observée, en fait, à faible concentration (0.00152 mg/ml), l'huile essentielle fixée par la terre diatomée a présenté un PI de 56.05%. Un taux d'inhibition (PI) de DPPH de 85.15% est obtenu à la concentration 0.2 mg/ml par l'HE fixée.

Les données obtenues avec l'huile essentielle fixée par la terre diatomée indiquent qu'elle présente une activité faible comparée à celle de l'acide gallique et de l'huile essentielle non fixée. Cette activité d'inhibition du DPPH varie avec la concentration.

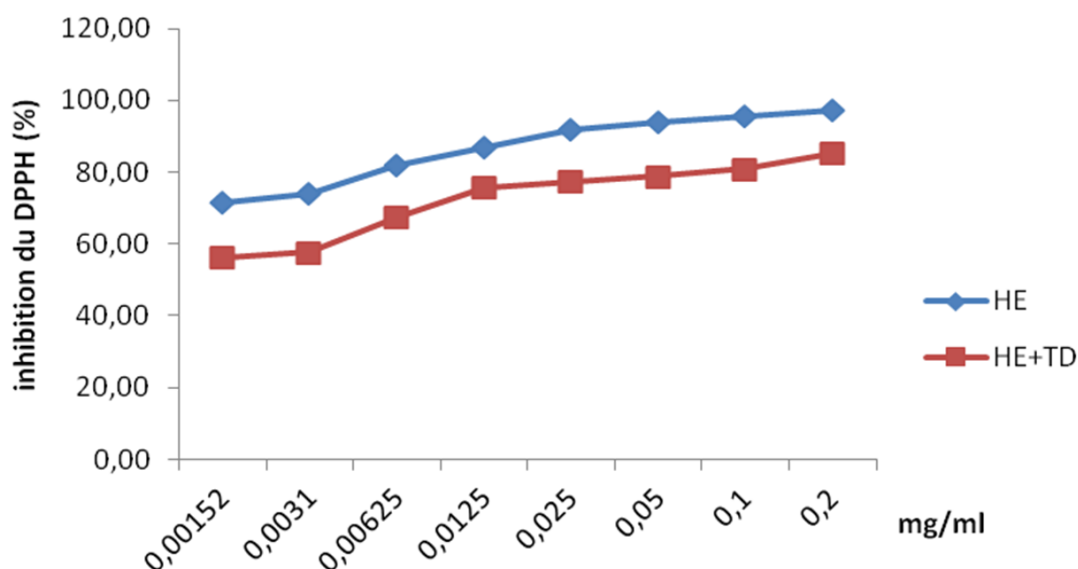


Figure 9 : Activité anti radicalaire des huiles essentielles d'*Ammoide verticillata* en utilisant le test du DPPH (HE : huile essentielle, HE+TD : huile essentielle + terre diatomée).

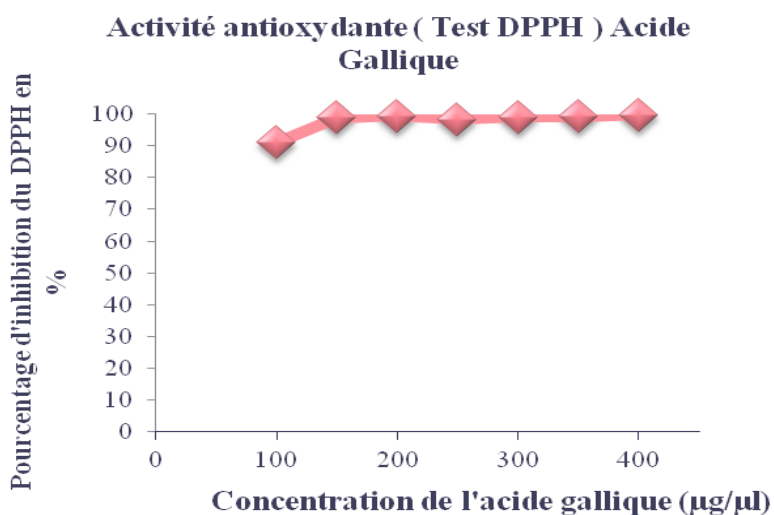


Figure 10: Activité anti radicalaire de l'acide gallique utilisant le test du DPPH

Selon les résultats de **Tefiani et al. (2015)**, l'huile essentielle d'Ajowan a exercé une excellente activité inhibitrice du radical vis-à-vis du DPPH en atteignant plus que 80% d'inhibition à une dose de 0,7mg/ml. Les résultats de **Senouci et al. (2020)** montrent que l'huile de d'*A. verticillata* avait une meilleure activité inhibitrice du radical DPPH avec un pourcentage de 98,2% d'inhibition, à une dose de 2,5mg/ml. Nos résultats sont en accord avec les résultats des deux études réalisées par **Senouci et al. (2020)** et **Tefiani et al. (2015)**.

2-2- Test FRAP “pouvoir réducteur du fer”

L'évaluation de la capacité antioxydante de l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* par la méthode de FRAP a été déterminée par rapport à l'acide ascorbique.

La figure 11 représente les résultats de l'activité réductrice le fer ferrique (Fe^{3+}) en fer ferreux (Fe^{2+}) de l'huile essentielle d'*Ammoide verticillata* et de l'huile essentielle de la plante mais fixée par la terre diatomée.

Les valeurs des D.O obtenues montrent une augmentation proportionnelle du pouvoir réducteur en fonction des concentrations de l'huile essentielle non fixée et aussi celle fixée par la terre diatomée.

Le taux de réduction de 86.5% a été obtenu à une concentration de 300 μ g/ml d'acide ascorbique, tandis que la réduction du fer par l'huiles essentielles d'*Ammoide verticillata* été plus importante que celle de l'acide ascorbique, étant donné que le taux de réduction est de 90.53% à la concentration de 0.2 mg/ml d'huile essentielle. Puis, à la concentration (0.0125mg/ml), l'huile essentielle a présenté un pouvoir de réduction de 81.74%, et l'acide ascorbique, à faible concentration qui est de 10 μ g/mg atteint 58.5%.

D'après les résultats de **Belkacem (2019)**, le pouvoir réducteur est dose dépendante, ainsi à la concentration de 7,5 mg/mL, les pouvoirs réducteurs de l'acide ascorbique et l'huile de *A. verticillata* sont largement supérieurs ($DO > 2,5$)

L'évaluation de la capacité antioxydant par la méthode de FRAP de l'huile essentielle fixée par la terre diatomée a été déterminée par rapport à l'acide ascorbique et l'huile essentielle non fixée.

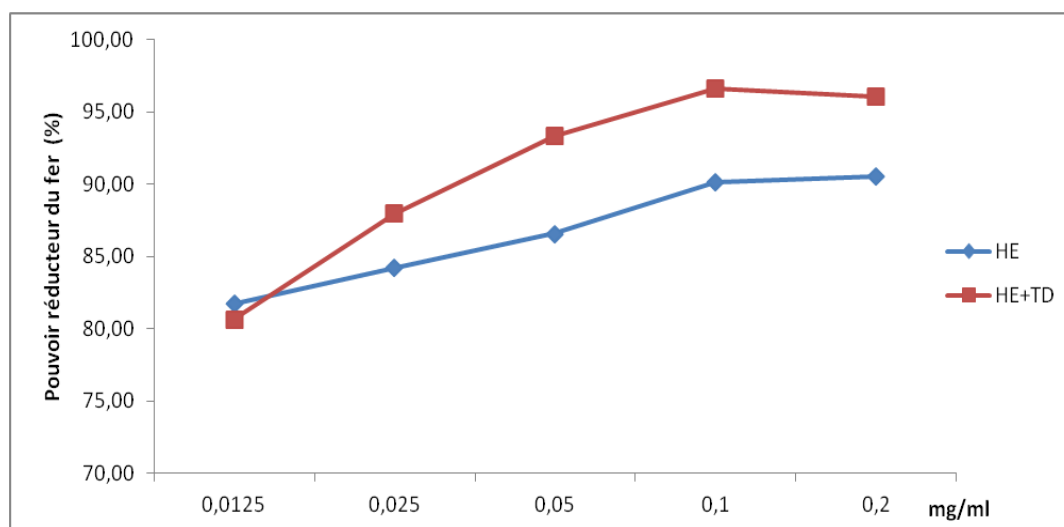


Figure11 : Activité anti-radicalaire de l'HE d'*Ammoide verticillata* libre en utilisant le test du FRAP (HE : huile essentielle, HE+TD : huile essentielle + terre diatomée)

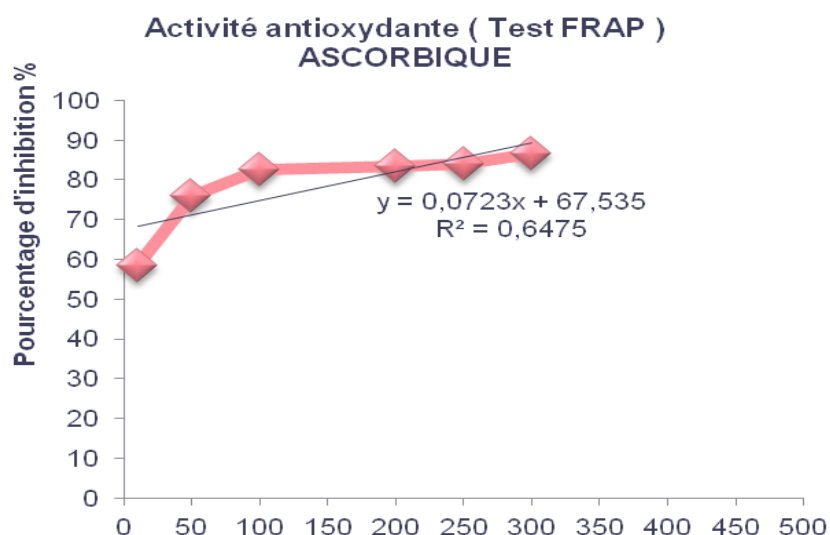


Figure 12 : Activité anti-radicalaire de l'acide ascorbique en utilisant le test du FRAP

Une augmentation des taux de réduction en fonction des concentrations de l'huile essentielle d'*A. verticillata* fixée par la terre diatomée indique une capacité réductrice de 96.06% à la concentration 0.2 mg/ml ; et même à faible concentration le pouvoir réducteur est important, il est de 80.66% à la concentration 0.0125 mg/ml.

L'huile essentielle d'*A. verticillata* fixée par la terre diatomée possède un pouvoir réducteur plus élevé que celui de l'huile essentielle non fixée et de l'acide ascorbique.

Ces résultats sont expliqués par un mécanisme basé sur le transfert d'électrons, comme ceux des activités de piégeage des radicaux DPPH. La capacité réductrice d'un composé peut servir comme indicateur de son activité antioxydant (**Tefiani, 2015**).

D'après les résultats de **Daira et al. (2016)**, le screening phytochimique d'*Ammoides verticillata* confirme la richesse de cette plante en composés phénoliques (polyphénols, tanins, catechiques, flavonoïdes, flavones, leucoanthocyanes, coumarines, anthocyanes et quinones libres), en composés terpeniques (saponosides, stéroïdes, stérols, triterpènes), en composés azotés (alcaloïdes) et en caroténoïdes.

La détermination de la composition chimique des huiles essentielles vient vraiment soutenir les résultats des activités biologiques, d'où on constate que l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* est la plus active sur le plan antioxydant, grâce à la présence de phénols qui en raison de leurs groupes hydroxyles sans oublier également le rôle de substituant alkyle incorporé dans quelques monoterpènes, ou bien pour les autres huiles essentielles grâce à la présence de fonctions oxygène dans les cétones (**Attou et al., 2017**).

D'après **Souhail et al. (2017)**, l'analyse de l'HE *Ammoides pusilla* a montré des composés volatils pour les feuilles et les fleurs et les parties aériennes représentant respectivement 99,5 % et 99,34 % de l'HE totale. Le thymol était le composé majoritaire dans l'HE des feuilles et des fleurs et des parties aériennes, représentant (39,26 % et 33,05 %) de l'huile, suivi du γ -terpinène (28,97 % et 28,19 %), du p-cymène (13,69 % et 15,31 %) et éther de méthyl-thymol (7,33 % et 8,91 %), respectivement. Il est important de souligner qu'il n'y a pas une grande différence dans la composition chimique des feuilles et des fleurs et des parties aériennes d'HE. Le thymol est considéré comme le composé antioxydant le plus efficace de tous les mono et sesquiterpènes et possède l'activité antioxydant la plus élevée (**Tefiani, 2015**).

Dans la présente étude, l'huile essentielle étudiée a montré une activité antioxydant en piégeant le radical DPPH• et la capacité de réduire les ions ferriques Fe^{3+} . Le potentiel antioxydant de notre HE étudiée peut être lié à sa composition phytochimique dominée par les composés phénoliques. Selon **Daira et al. (2016)**, l'huile essentielle d'*A. verticillata* riche en composé phénolique. Les composés phénoliques sont connus pour être l'un des antioxydants naturels les plus efficaces grâce à leur structure chimique appropriée pour piéger les radicaux libres et leur transformation en composés stables par les mécanismes de transfert du proton et de l'électron (**Taibi et al., 2023**).

L'analyse de la composition chimique de l'huile essentielle d'*A. verticillata* du Maroc réalisée par GC et GC-MS montre que l'huile contient des composés phénoliques (48,0 %) avec le carvacrol (44,6 %) et le thymol (3,4 %) comme composés principaux. Les composés phénoliques végétaux constituent l'un des principaux groupes de composants qui neutralisent les radicaux libres (**El Ouariachi et al., 2011**).

L'huile essentielle de *A. verticillata* s'est révélée être un antioxydant efficace par des essais in vitro, et peuvent donc être proposés comme de nouvelles sources potentielles d'additifs naturels pour les industries alimentaires et/ou pharmaceutiques. Selon les résultats d'**El Ouariachi et al., (2011)**, il existe une relation entre la teneur totale en phénols et le pouvoir antioxydant. L'activité antioxydante de l'huile essentielle pourrait être attribuée à sa teneur en composés phénoliques carvacrol et thymol (**El Ouariachi et al., 2011**).

L'huile essentielle d'*A. verticillata* fixée par la terre diatomée montre une capacité réductrice plus élevée que celle de l'huile essentielle non fixée et de l'acide ascorbique, cette capacité peut être due à l'encapsulation de l'huile par la terre diatomée. L'encapsulation est une technique qui consiste en l'inclusion de l'agent actif dans un système porteur, cette technologie permet, par exemple, la transformation de substances liquides et volatiles en

solides, la protection et la modulation de sa libération et de sa fonctionnalité, puisque l'huile essentielle présente plusieurs limites, telles que la complexité chimique, la volatilité élevée, la sensibilité à la dégradation et à l'oxydation, l'insolubilité dans les systèmes aqueux et, en général, la faible biodisponibilité, ces caractéristiques entravent leur utilisation directe dans des produits plus élaborés (**Baldim et al., 2019**).

L'étude **d'Oun et al. (2002)** sur l'activité antioxydante de terre diatomée-huile essentielle d'origan a été déterminée à l'aide des méthodes DPPH et ABTS. Les matériaux composites terre diatomée-huile essentielle d'origan ont présenté une forte activité antioxydant et ont augmenté avec l'augmentation de la concentration de matières actives.

Conclusion

Le présent travail porte essentiellement sur l'évaluation de la potentielle activité antioxydante de l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* fixée par la terre diatomée par comparaison à l'huile de la même plante non fixée. Nos résultats ont bien mis en évidence l'intérêt de la valorisation des huiles essentielles en vue de la mise en place d'alternatifs antioxydants naturels.

L'obtention de l'huile essentielle par hydro-distillation reste une méthode simple et efficace, et donne un rendement intéressant d'une valeur de 2,88%.

L'huile essentielle d'*Ammoide verticillata* est active à piéger le radical DPPH et réduire le fer, sa capacité antioxydante totale est très élevée. L'efficacité de l'huile essentielle sur le plan antioxydant dépend de sa richesse en composés bioactifs.

Cependant l'huile essentielle fixée par la terre diatomée représente un candidat intéressant pour la modulation des radicaux libres comme le DPPH, et à un taux de réduction de l'ion fer plus élevé par rapport à l'huile essentielle et l'acide ascorbique.

L'encapsulation de l'huile essentielle par la terre diatomée présente un moyen qui peut améliorer leurs activités biologiques et de protection contre la dégradation et l'oxydation. Cependant, des études sur la cytotoxicité de ces huiles encapsulées doit être envisagée en vue d'assurer la sécurité alimentaire.

Cette étude permet la mise en valeur de la flore algérienne qui constitue une réserve importante et intéressante. L'ensemble de nos résultats obtenus sur la mise en évidence de l'activité antioxydante par les méthodes DPPH et FRAP ne constitue qu'une première étape pour valoriser l'encapsulation des huiles essentielles.

Références bibliographiques

- Abdelli, I, Hassani, F, Bekkel B , Sohayb, et al.** In silico study the inhibition of angiotensin converting enzyme 2 receptor of COVID-19 by *Ammoides verticillata* components harvested from Western Algeria. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 2021, vol. 39, no 9, p. 3263-3276.
- Agouazi, O. (2021).** Etude phytochimique et évaluation de l'activité antioxydant et antimicrobienne des extraits de la vigne rouge (Doctoral dissertation, Université Mouloud MAMMERRI Tizi-Ouzou).
- Attou, A., Davenne, D., Benmansour, A., & Lazouni, H. A. (2017).** Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* de l'Ouest algérien. *Phytothérapie*, 1-7.
- Attou, A., Davenne, D., Benmansour, A., & Lazouni, H. A. (2019).** Chemical composition and biological activities of *Ammoides verticillata* essential oil from west Algeria. *Phytothérapie*, 17(1), 2-8.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008).** Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*, 46(2), 446-475.
- Baldir, I., Tonani, L., vonZeskaKress, M. R., & Oliveira, W. P. (2019).** Lippiasidoides essential oil en capsulated in lipid nano system as an anti-Candida agent. *Industrial Crops and Products*, 127, 73-81.
- Bedlovičová, Z., Strapáč, I., Baláž, M., & Salayová, A. (2020).** A brief overview on antioxidant activity determination of silver nano particles. *Molecules*, 25(14), 3191.
- Bekhechi, C., Boti, J. B., Bekkara, F. A., Abdelouahid, D. E., Casanova, J., & Tomi, F. (2010).** Isothymol in Ajowan essential oil. *Natural product communications*, 5(7), 1934578X1000500726.
- Bektas T, Dimitra D, Atalay S, Munevver S, Moschos P. 2005** ,Antimicrobial and antioxidant activities of essential oil and various extracts. *Food Chemistry*, 90 : 333-340. (PDF) *Activité antioxydant des composés phénoliques.*
- Belkacem, Z. (2021).** Etude de l'activité antioxydant et antifongique de l'huile essentielle de *Ammoïdes verticillata* en combinaison avec d'autres huiles essentielles aromatiques thérapeutiques (Doctoral dissertation).
- Bencheikh, S. E. (2017).** Etude de l'activité des huiles essentielles de la plante *Teucrium polium*ssp *Aurasianum Labiatae* (Doctoral dissertation).
- Bencheikh, S. E., Goudjil, M. B., Zighmi, S., & Ladjel, S. (2015).** Effet du séchage sur le rendement des huiles essentielles de la plante *Teucrium polium*ssp. *Aurasianum Labiatae*. *Annals of Science and Technology*, 7(1), 5-5.

Références bibliographiques

- Bendjabeur, S. (2019).** Etude phytochimique et activités biologique des huiles essentielles et des extraits éthanoliques de *teucrium polium subscapitatum thymus algeriensis* et *Ammoides verticillata* (Doctoral dissertation).
- Benyoucef, F., Dib, M. E., Tabti, B., Zoheir, A., Costa, J., & Muselli, A. (2020).** Synergistic effects of essential oils of *Ammoides verticillata* and *Saturejacandidissima* against many pathogenic microorganisms. *Anti-Infective Agents*, 18(1), 72-78.
- Benziane, M. Y., Bendahou, M., Benbelaïd, F., Khadir, A., Belhadef, H., Benaïssa, A., ... & Muselli, A. (2023).** Efficacy of endemic Algerian essential oils against single and mixed biofilms of *Candida albicans* and *Candida glabrata*. *Archives of Oral Biology*, 145, 105584.
- Boukhatem, M. N., Ferhat, A., & Kameli, A. (2019).** Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles: revue de littérature. *Une*, 3(4), 1653-1659.
- Bounab, S. (2020).** Biodiversité végétale de la région du Hodna (M'sila): étude phytochimique et activité biologique de quelques espèces médicinales (Doctoral dissertation).
- Bounouira, Y. (2020)** Activités biologiques de la diatomite sur les bio agresseurs des cultures en vue d'une lutte naturelle et biologique (Doctoral dissertation).
- Bounouira, Y., Gaouar Benyelles, N., Senouci, H., Benazzouz, F. Z., & Chaieb, I. (2022).** The insecticidal activity of a formulation of *Ammoides verticillata* essential oil and diatomaceous earth on *Sitophilus zeamais*. *International Journal of Tropical Insect Science*, 42(4), 2979-2985.
- Borel, J. P., Monboisse, J. C., & Bellon, G. (1988).** Inflammation, collagène et radicaux libres oxygénés.
- Boussouar, O., & Teiri, Z. (2022).** L'activité insecticide de l'huile essentielle de l'*Ammoides Verticillata* sur les larves du *Trogoderma* des grains (*Trogoderma granarium*) dans la région de Tissemsilt.
- Bouyahya, A., Bakri, Y., Et-Touys, A., Talbaoui, A., Khouchlaa, A., Charfi, S., ... & Dakka, N. (2018).** Résistance aux antibiotiques et mécanismes d'action des huiles essentielles contre les bactéries. *Phytothérapie*, 16(S1), S173-S183.
- Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C, 1995,** Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss. Technol*, 28(1), 25-30p
- Burton, G. J., & Jauniaux, E. (2011).** Oxidative stress. *Best practice & research Clinical obstetrics & gynaecology*, 25(3), 287-299.
- Chekoual, L. (2019).** Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles de *Lavandulastoechas L.* du Nord de l'Algérie extraites par Hydrodistillation et Ultrasons (Doctoral dissertation).

Références bibliographiques

- Couic-Marinier, F., & Lobstein, A. (2013).** Composition chimique des huiles essentielles. *Actualités pharmaceutiques*, 52(525), 22-25.
- Caroline.J., Stevensen. (1998).** Aromatherapy in Dermatology. 0738-081X/98/\$–see front matter PII S0738-081X(98)00058-3.
- Daira, N. E. H., Maazi, M. C., & Chefrou, A. (2016).** Contribution à l'étude phytochimique d'une plante médicinale (*Ammoides verticillata* Desf. Briq.) De l'Est Algérien. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 85(1), 276-290.
- Defraigne J , Pincemail J (2008).** Stress oxydant et antioxydants: mythes et réalités. *Revue médicale de Liège*, 63.
- Djenidi, H. (2020).** Activité antioxydant et anti radicalaire des aliments d'origine végétale consommés dans les régions de Biskra et Setif (Doctoral dissertation).
- Djousse, B. M. K., Ngoune, N. F., Djoukeng, H. G., Nono, L. W., Sogang, H. S., & Tangka, J. K. (2022).** Extraction et caractérisation des huiles essentielles de trois plantes aromatiques cultivées à l'Ouest-Cameroun: *Rosmarinus officinalis*, *Salvia officinalis* et *Cymbopogon citratus*. *Cameroon J Biological and Biochemical Sciences*, 30(2), 121-133.
- Dongmo P.M.J., Tchoumboungang F., Ndongson B., Agwanande W., Sandjon B., Zollo P.H.A., Menut C, 2010,** Chemical characterization, antiradical, antioxidant and anti inflammatory potential of the essential oils of *Canarium schweinfurthii* and *Aucoumea klaineana* (Burseraceae) growing in Cameroon. *Agric. Biol. J. N. Am*, 1(4), 606-611p
- Dris, I. (2020).** Caractérisation chimique des huiles essentielles de *Pistacia lentiscus* L. Evaluation du pouvoir antimicrobien et antioxydant.
- Dung N.T., Kim J.M., Kang S.C, 2008,** Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and the ethanol extract of *Cleistocalyx operculatus* (Roxb.) Merr and Perry buds. *Food and Chemical Toxicology*, 46(12), 3632-3639p
- El Moussaoui, A., Jawhari, F. Z., Almehdi, A. M., Elmsellem, H., Benbrahim, K. F., Bousta, D., & Bari, A. (2019).** Antibacterial, antifungal and antioxidant activity of total polyphenols of *Withania frutescens* L. *Bioorganic Chemistry*, 93, 103337.
- El Ouariachi E., Tomi P., Bouyanzer A., Hammouti B., Desjobert J –M., Costa J., Paolini J. (2011) :** Chemical composition and antioxidant activity of essential oils and solvent extracts of *Ptychotis verticillata* from Morocco. *Rev. Food and Chemical Toxicology* 49 (2011) 533-536.
- El Ouariachi, E., Bouyanzer, A., Salghi, R., Hammouti, B., Desjobert, J. M., Costa, J., ... & Majidi, L. (2015).** Inhibition of corrosion of mild steel in 1 M HCl by the essential oil or solvent extracts of *Ptychotis verticillata*. *Research on Chemical Intermediates*, 41, 935-946.

Références bibliographiques

- Eyob S., Martinsen B.K., Tsegaye A., Appelgren M., Skrede G, 2008**, Antioxidant and antimicrobial activities of extract and essential oil of korarima (*Aframomum corrorima* (Braun) P.C.M. Jansen). *African Journal of Biotechnology*, 7(15), 2585-2592p
- Favier, A. (2003)**. Le stress oxydant. *L'actualité chimique*, 108(10), 863-832.
- Favier, A. (2006, November)**. Stress oxydant et pathologies humaines. In *Annales pharmaceutiques françaises* (Vol. 64, No. 6, pp. 390-396). Elsevier Masson.
- Felidj, M., Bouazza, M., & Ferouani, T. (2013)**. *Ammoidesverticillata* (brot.) breistr. aromatic and medicinal plant endangered in the mountains of Tlemcen (western algeria).
- Gholivand M.B., Rahimi-Nasrabadi M., Batooli H., Ebrahimabadi A.H, 2010**, Chemical composition and antioxidant activities of the essential oil and methanol extracts of *Psammogeton canescens*. *Food Chem. Toxicol*, 48(1), 24-28p
- Haleng, J., Pincemail, J., Defraigne, J. O., Charlier, C., & Chapelle, J. P. (2007)**. Le stress oxydant. *Revue médicale de Liège*, 62(10).
- Halliwell, B. (2007)**. Biochemistry of oxidative stress. *Biochemical society transactions*, 35(5), 1147-1150.
- Hanif, M. A., Nisar, S., Khan, G. S., Mushtaq, Z., & Zubair, M. (2019)**. Essential oils. *Essential Oil Research: Trends in Biosynthesis, Analytics, Industrial Applications and Biotechnological Production*, 3-17.
- Irshad, M., Subhani, M. A., Ali, S., & Hussain, A. (2020)**. Biological importance of essential oils. *Essential Oils-Oils of Nature*, 1.
- Ismaili, R., Houbairi, S., Sanâa, L., Khadija, M., & Abdeslam, L. (2017)**. Etude de l'activité antioxydante des huiles essentielles de plantes aromatiques et médicinales marocaines. *European Scientific Journal*, 13(12), 323.
- Jdaidi, N., Selmi, H., Aloui, F., Jedidi, S., & Chaabane, A. (2023)**. Évaluation des facteurs de menace et de vulnérabilité potentielle des plantes médicinales et aromatiques au nord-ouest tunisien. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* • p-ISSN, 991X.
- Kadri, M., Yahia, A., Goubi, S., Mekhedmi, N. E., Selmane, M., & Chems, A. E. (2022)**. Chromatograph analysis, in vitro antioxidant and antibacterial activities of essential oil of *Artemisia herba-alba* Asso of Boussaâda, Algeria. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(9).
- Kaloustian, J., & Hadji-Minaglou, F. (2012)**. La connaissance des huiles essentielles: qualilogie et aromathérapie; Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée. Springer.

Références bibliographiques

- Kar, S., Gupta, P., & Gupta, J. (2018).** Essential oils: Biological activity beyond aromatherapy. *Natural Product Sciences*, 24(3), 139-147.
- KennasAbderrezak.,Boussalah Nouredine.2018.**Comparative study of two extraction methods of essential oils from orange peel: microwave- assisted-hydrodistillation and conventional hydrodistillation.8(2): 1058-1065.
- Lachgueur,(2021) M.** Efficacité fongicide de l'huile essentielle de *Ammoides verticillata* sur la mycoflore de l'orange citrus sinensis (Doctoral dissertation).
- Laib, I., &Barkat, M. (2011).** Composition chimique et activité antioxydante de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis*.
- Laouafa, S. (2018).** Rôle protecteur de l'estradiol contre les conséquences systémiques et cellulaires dans un modèle d'apnées obstructives du sommeil: implication des récepteurs nucléaires ERalpha et ERβ (Doctoral dissertation, Université de Lyon).
- Laouer, H., Zerroug, M. M., Sahli, F., Chaker, A. N., Valentini, G., Ferretti, G., ... & Anaya, J. (2003).** Composition and antimicrobial activity of *Ammoides pusilla* (Brot.) Breistr. essential oil. *Journal of Essential OilResearch*, 15(2), 135-138.
- Latreche Douar, S. (2019).** Effet de l'addition de thymol ou de carvacrol sur l'activité biologique des huiles essentielles de *Junipersus phoenicea* et d'*Ammoides atlantica* et de l'effet de l'irradiation gamma sur la composition chimique et l'activité antioxydante d'extraits de *Thymus algeriensis* (Doctoral dissertation).
- Leverve, X. (2009).** Stress oxydant et antioxydants?. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 44(5), 219-224.
- Lupu, C., Popescu, M., &Oancea, F. (2020, November).** Enhancement of diatomaceous earth grain protectant activity by essential oils. In *Proceedings* (Vol. 57, No. 1, p. 76). MDPI.
- Ma, L., & Yao, L. (2020).** Antiviral effects of plant-derived essential oils and their components: an up date dreview. *Molecules*, 25(11), 2627.
- Maataoui B.S., Hmyene A., Hilali S, 2006,** Activités anti-radicalairesd'extraits de jus de fruits du figuier de barbarie (*Opuntiaficusindica*). *Lebanese Science Journal*, 7(1), 3-8p
- Makhloufi, A. (2010).** Etude des activités antimicrobienne et antioxydante de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de bechar (*Matricariapubescens* (Desf.) et *Rosmarinusofficinalis* L) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru (Doctoral dissertation).
- Martinello, M., &Mutinelli, F. (2021).** Antioxidant activity in bee products: A review. *Antioxidants*, 10(1), 71.

Références bibliographiques

- Merzougui Imane Tadj Hanane, 2012** Etude de l'effet antibactérien et antioxydant d'*Ammoides verticillata* de la région de Tlemcen page 82
- Mouffouk, C. (2019).** Evaluation des activités biologiques et étude de la composition chimique de la plante *Scabiosastellata* L (Doctoral dissertation, Université de Batna 2).
- Munteanu, I. G., &Apetrei, C. (2021).** Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3380.
- Nabti, L. Z. (2020).** Sensibilité aux antibiotiques et aux huiles essentielles d'*origanum glandulosum* Desf.: des souches d'*Escherichia coli* isolées d'infection urinaire au CHU de Sétif (Doctoral dissertation).
- Ouedraogo, S., Yoda, J., Traore, T. K., Nitiema, M., Sombie, B. C., Diawara, H. Z., ... &Semde, R. (2021).** Production de matières premières et fabrication des médicaments à base de plantes médicinales. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(2), 750-772.
- Oun, A. A., Bae, A. Y., Shin, G. H., Park, M. K., & Kim, J. T. (2022).** Comparative study of oregano essential oil en capsulated in halloysite nanotubes and diatomaceous earth as antimicrobial and antioxidant composites. *Applied Clay Science*, 224, 106522.
- Pušárová, A., Bučková, M., Kraková, L., Pangallo, D., &Kozics, K. (2017).** The antibacterial and antifungal activity of six essential oils and theircyto/genotoxicity to human HEL 12469 cells. *Scientific reports*, 7(1), 8211.
- Šadibolová, M., Zárybnický, T., Smutný, T., Pávek, P., Šubrt, Z., Matoušková, P., ... &Boušová, I. (2019).**Sesquiterpenes are agonists of the pregnane x receptor but do not induce the expression of phase I drug-metabolizing enzymes in the humanliver. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(18), 4562.
- Senouci, H. (2020).**Etude des activités biologiques de l'huile essentielle de *Ammoides verticillata*, en combinaison avec les huiles essentielles de *Curcuma longa* et *Allium sativum* et Micro-encapsulation de l'HE de *Ammoides verticillata* en vue d'une lutte biologique (Doctoral dissertation).
- Senouci, H., Benyelles, N. G., Dib, M. E., Costa, J., &Muselli, A. (2020).** *Ammoides verticillata* essential oil as bio control agent of selected fungi and pest of olive tree. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*, 11(2), 182-188.
- Sherry, M., Charcosset, C., Fessi, H., &Greige-Gerges, H. (2013).** Essential oils en capsulated in liposomes: areview. *Journal of liposome research*, 23(4), 268-275.
- Shori, A. B. (2020).** Proteolytic activity, antioxidant, and α -Amylase inhibitory activity of yogurt enriched with coriander and cumin seeds. *LWT*, 133, 109912.

Références bibliographiques

- Sohini Ray., UtpalRaychaudhuri., RunuChakraborty. 2016.** An overview of encapsulation of active compounds used in foodproducts by drying technology. 76–83.
- Souhail, N., Sifaoui, I., Hassine, D. B., Bleton, J., Bonose, M., Moussa, F., ... & Abderrabba, M. (2017).** *Ammoides pusilla* (Apiaceae) essential oil: Activity against *Acanthamoeba castellanii* Neff. *Experimental parasitology*, 183, 99-103.
- Srividya, N., Lange, I., & Lange, B. M. (2016).** Generation and functional evaluation of designer monoterpene synthases. In *Methods in Enzymology* (Vol. 576, pp. 147-165). Academic Press.
- Stevensen, C. J. (1998).** Aromatherapy in dermatology. *Clinics in dermatology*, 16(6), 689-694.
- Taibi, M., Elbouzidi, A., Ou-Yahia, D., Dalli, M., Bellaouchi, R., Gseyra, N., ... & Chaabane, K.** Exploring the Antioxidant and Antimicrobial Potential of *Ptychotis Verticillata* Duby. Essential Oil from Eastern Morocco: A Combined in Silico and in Vitro Analysis. Essential Oil from Eastern Morocco: A Combined in Silico and in Vitro Analysis.
- Tefiani, C., Riazi, A., Belbachir, B., Lahmar, H., Aazza, S., Figueiredo, A. C., & Miguel, M. G. (2016).** *Ammoides pusilla* (Brot.) Breistr. from Algeria: Effect of harvesting place and plant part (leaves and flowers) on the essential oils chemical composition and antioxidant activity. *Open Chemistry*, 14(1), 343-350.
- Tefiani, C., Riazi, A., Youcefi, F., Aazza, S., Gago, C., Faleiro, M. L., ... & Miguel, M. G. (2015).** *Ammoides pusilla* (Apiaceae) and *Thymus munbyanus* (Lamiaceae) from Algeria essential oils: Chemical composition, antimicrobial, antioxidant and anti proliferative activities. *Journal of Essential Oil Research*, 27(2), 131-139
- Toubal, O., Djahoudi, A., Henchiri, C., & Bouazza, M. (2012).** Phytochemical screening and antimicrobial evaluation of the aqueous extracts of *Ammoides verticillata*, an endemic species. *Journal of Life Sciences*, 6(3), 243-247.
- Turek, C., & Stintzing, F. C. (2013).** Stability of essential oils: a review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 12(1), 40-53.
- Willem J.P. (2002)** Les huiles essentielles, Médecine d'Avenir. Editions du Dauphin, Paris.
- Yang, F. L., Liang, G. W., Xu, Y. J., Lu, Y. Y., & Zeng, L. (2010).** Diatomaceous earth enhances the toxicity of garlic, *Allium sativum*, essential oil against stored-product pests. *Journal of Stored Products Research*, 46(2), 118-123.
- Zaibet, W. (2018).** Composition chimique et activité biologique des huiles essentielles de *Daucus aureus* (Desf) et de *Reuter alutea* (Desf.) Maire, et leur application comme agents antimicrobiens dans le polyéthylène basse densité (PEBD) (Doctoral dissertation).

Références bibliographiques

Zeni, V., Benelli, G., Campolo, O., Giunti, G., Palmeri, V., Maggi, F., ... & Canale, A. (2021). Toxics or lures? Biological and behavioral effects of plant essential oils on tephritidae fruit flies. *Molecules*, 26(19), 5898.

Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des plantes médicinales algériennes connues pour leurs effets thérapeutiques, nous sommes intéressés à l'étude de l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* connue par sa richesse en matière active utilisée par la population locale dans différents thérapies. Le présent travail consiste à extraire l'huile essentielle, puis procéder à la fixation par la terre diatomée dont l'objectif visé est d'étudier les activités antioxydantes par deux tests ; piègeage du radical DPPH et pouvoir réducteur du fer.

Un rendement moyen de 2,88 %. Ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydante par DPPH montre que l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* a une forte activité d'inhibition du radical DPPH (97,26% à une dose de 0,2 mg/ml) par rapport à l'huile essentielle fixée par la terre diatomée (85,15%) à la même concentration. Le potentiel de réduction de fer le plus élevé est obtenu par l'huile essentielle fixée par la terre diatomée qui est de (96% à une dose de 0,2 mg/ml) contre un taux de (90%) à la même dose pour l'huile essentielle. Cette étude nous a permis de conclure qu'en plus de la composition des huiles essentielles lui confèrent une activité antioxydante importante, l'encapsulation ou la fixation augmente cette capacité.

Mots clés : *Ammoides verticillata*, l'huile essentielles, stress oxydant et antioxydants.

ملخص

هذا العمل هو جزء من تطوير النباتات الطبية الجزائرية المعروفة بآثارها العلاجية ، ونحن مهتمون بدراسة الزيت العطري من *Ammoides verticillata* المعروف بغناه بالمادة الفعالة التي يستخدمها السكان المحليون في العلاجات المختلفة. يتمثل العمل الحالي في استخراج الزيت العطري ، ثم إجراء التثبيت بواسطة التراب الدياتومي الذي يهدف إلى دراسة الأنشطة المضادة للأكسدة باختبارين ؛ إزالة جذور DPPH وتقليل قوة الحديد.

متوسط عائد 2.88%. بالإضافة إلى تقييم النشاط المضاد للأكسدة من قبل DPPH ، يوضح أن الزيت الأساسي لـ *Ammoides verticillata* له نشاط تثبيط قوي لـ DPPH الجذري (97.26% بجرعة 0.2 مجم / مل) مقارنة بالزيت الأساسي المثبت بواسطة التراب الدياتومي (85.15%) بنفس التركيز. يتم الحصول على أعلى إمكانية لخفض الحديد بواسطة الزيت العطري المثبت بواسطة التراب الدياتومي وهو (96% بجرعة 0.2 مجم / مل) مقابل معدل (90%) بنفس الجرعة للزيت العطري. سمحت لنا هذه الدراسة باستنتاج أنه بالإضافة إلى تكوين الزيوت الأساسية التي تمنحها نشاطاً كبيراً كمضاد للأكسدة، فإن التغليف أو التثبيت يزيد من هذه القدرة.

الكلمات المفتاحية : (نوخة) *Ammoides verticillata*، زيت عطري ، الإجهاد التأكسدي ومضادات الأكسدة.

Abstract

This work is part of the development of Algerian medicinal plants known for their therapeutic effects, we are interested in the study of the essential oil of *Ammoides verticillata* known by its richness in active matter used by the local population in different therapies. The present work consists in extracting the essential oil, then carrying out the fixing by the diatomaceous earth whose objective is to study the antioxidant activities by two tests; scavenging of the DPPH radical and reducing power of iron.

An average return of 2.88%. As well as the evaluation of the antioxidant activity by DPPH shows that the essential oil of *Ammoides verticillata* has a strong inhibition activity of the radical DPPH (97.26% at a dose of 0.2 mg / mL) compared has the essential oil fixed by diatomaceous earth (85.15%) at the same concentration. The highest iron reduction potential is obtained by the essential oil fixed by diatomaceous earth which is (96% at a dose of 0.2 mg/mL) against a rate of (90%) at the same dose. for the essential oil. This study allowed us to conclude that in addition to the composition of essential oils giving it significant antioxidant activity, encapsulation or fixation increases this capacity.

Keywords: *Ammoides verticillata*, essential oil, oxidative stress and antioxidants.