



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**



Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département de biochimie et microbiologie

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention de diplôme

MASTER

Filière : Biotechnologie

Option : Biotechnologie et Valorisation des plantes

Par :

M^{lle} ZOREIK Kamelia

et

M^{lle} ISSOLAH Yasmine

Thème

**Synthèse bibliographique sur
l'évaluation de l'activité antioxydante de
Mentha pulegium et *Salvia officinalis***

Soutenu le 23/12/2020, devant le jury composé de :

Mr LEFSIH

MCA

UMMTO

President

Mme KHALED KHODJA

MCB

UMMTO

Promotrice

Mme METNA-DJOUAHER

MAA

UMMTO

Examinatrice

Promotion : 2019/2020

Remerciements

*Je remercie Dieu, le tout puissant de ma avoir accordé santé
et courage pour
Accomplir ce modeste travail.*

*Je tiens particulièrement à remercier notre promotrice, Mme
Khaled khodja nabyla
Pour avoir accepté de nous encadrer, pour l'orientation et ces
conseils qu'elle nous
a prodigué tout au long de ce travail.*

*Je remercie les membres de jury Mme Metna et Mr Lefsih
d'avoir bien voulu accepter de juger ce travail.*

*Je remercie également, toute personne ayant contribué de
près ou de loin àLa réalisation de ce travail.*

Dédicaces

A l'aide de dieu tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie, j'ai pu réaliser ce travail que je dédie :

À mes très chers parents pour leurs innombrables sacrifices

À mes sœurs : Selma et Sousou

À mon unique frère : Rayane

À toute ma famille

À mes chères amies Wissam et Wissam

A tous ceux qui me connaissent de près et de loin

À ceux qui m'ont toujours encouragé pour que je réussisse

À ma binôme Yasmine et à toute sa famille

KAMEIJA

Dédicaces

*C'est avec l'aide et la grâce du Dieu que j'ai achevé ce
modeste travail que je dédie :*

À mes chers grands parents

À mes chers parents

À mes sœurs : Amel, Hanan, Lydia, Chames

À tous les membres de ma famille, petits et grands

À tous les enseignants qui ont contribué à ma formation

À mes amis et mes collègues

*À ceux qui m'ont toujours encouragé pour que je réussisse
dans mes études*

À ma binôme : Kamelia

YASMINE

Sommaire

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale..... 1

Chapitre I : Généralité sur *Mentha pulegium* et *Salvia officinalis*

1. Généralité sur les lamiacées	4
1.1. Description botanique	4
1.2. Systématique des lamiacées	4
1.3. Répartition géographique	5
2. Présentation des espèces étudiées	6
2.1. <i>Mentha pulegium</i> L	6
2.1.1. Nomenclature	6
2.1.2. Description botanique.....	6
2.1.3. Répartition géographique	7
2.1.4. Composition chimique.....	7
2.1.5. Usage médicinale.....	8
2.1.6. Usage culinaire	8
2.2. <i>Salvia officinalis</i> L.....	9
2.2.1. Nomenclature	9

Sommaire

2.2.2. Description botanique.....	9
2.2.3. La répartition géographique	10
2.2.4. Composition chimique.....	10
2.2.5. Usage médicinale.....	11
2.2.6. Usage culinaire	11

Chapitre II : Généralités sur l'activité antioxydante

1. Généralités sur l'activité antioxydante	14
1.1. Oxydants	14
1.1.1. Stress oxydatif	14
1.1.2. Radicaux libres	15
1.2. Antioxydants	16
1.2.1. Définition.....	16
1.2.2. Classification des antioxydants	17
1.3. Mécanismes d'action des antioxydants.....	20
1.3.1. Piégeage des espèces oxydantes	20
1.3.2. Chélateurs de métaux	20
1.4. Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante	21

Chapitre III : Les substances bioactives des plantes

1. Généralités sur les métabolites secondaires	23
1.1. Les composés phénoliques.....	23
1.1.1. Définition.....	23
1.1.2. Classification	23

Sommaire

1.1.3. La biosynthèse	26
1.1.4. Propriétés biologiques des composés phénoliques.....	27
1.1.5. Rôles composés phénoliques chez les plantes.....	28
I.2. Les huiles essentielles.....	29
I.2.1. Définition	29
I.2.2. Composition chimique des huiles essentielles	29
I.2.3. Biosynthèse des huiles essentielles	30
I.2.4. Propriétés des huiles essentielles	31
I.2.5. Rôle des huiles essentielles chez les plantes	32

Chapitre IV : Travaux antérieurs sur les antioxydants et l'activité antioxydante des espèces étudiées

1. Les antioxydants.....	34
1.1. Les polyphénols	34
1.1.1. <i>Mentha pulegium</i>	34
1.1.2. <i>Salvia officinalis</i>	35
1.2. Les huiles essentielles.....	35
1.2.1. <i>Mentha pulegium</i>	35
1.2.2. <i>Salvia officinalis</i>	36
2. L'activité antioxydante.....	40
2.1. Activité antioxydante de <i>Mentha pulegium</i>	40
2.1. 1. Activité antiradicalaire (DPPH)	40
2.1.2. Pouvoir réducteur	41
2.2. Activité antioxydante de <i>Salvia officinalis</i>	41

Sommaire

2.2.1. Activité antiradicalaire (DPPH)	41
2.2.2. Pouvoir réducteur	42
2.3. Corrélations : les polyphénols, les huiles essentielles et l'activité antioxydante.....	46
Conclusion.....	47
Références bibliographiques	

Liste des abréviations

ABTS	L'acide 2,2'-azino-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique)
Acétyl-coA	L'acétyl-coenzyme A
ADN	Acide désoxyribonucléique
BHA	Butyl hydroxyanizole
BHT	Butyl hydroxytoluène
CG/SM	Chromatographie en phase gazeuse couplé à la spectroscopie de masse
Cu/Zn-SOD	Superoxyde dismutase
DMADP	Diméthylallyle diphosphate
DPPH	1,1-diphényle-2-picrylhydrazyl
ERO	espèces réactives oxygénées
Fe³⁺- TPTZ	Tripyridyltriazyll ferrique
FDP	Farnasyl diphosphate
FRAP	Pouvoir antioxydant réducteur du fer
GDP	Geranyl diphosphate
GGDP	Geranylgeranyl diphosphate
GPx	glutathion peroxydases
GSH	Glutathion
IC₅₀	concentration d'inhibition de 50% de radical
IDP	Isopentenyl diphosphate
LC -MS/MS	chromatographe en phase liquide-spectromètre de masse
NO[•]	Oxyde nitrique

Liste des abréviations

O₂⁻	anion superoxyde
¹O₂	Oxygène singulet
OH•	Radical hydroxyle
ONOO⁻	Anion Peroxynitrite
PEP	phosphoenolpyruvate
PG	gallate propylée
ROOH	Peroxydeorganique
ROS	Reactive oxygen species
RNS	Reactive nitrogene species
SOD	Superoxyde dismutase
TBA	acide thiobarbiturique
TBHQ	tetra-butyl hydroquinone
VIH	Virus de l'Immunodéficience Humaine

Glossaire

Alcaloïdes : substances azotées basiques très actives, mais souvent trop toxiques pour être utilisées en phytothérapie.

Androcée : ensemble des étamines (pièces mâles) d'une fleur.

Annuelle : adjectif désignant une plante qui ne vit qu'une saison

Antiflatulent : le soulagement ou la prévention des gaz intestinaux excessifs

Anti-inflammatoire : qui fait dégonfler et diminuer l'inflammation.

Antiseptique : désinfectant à usage corporel ; c'est une substance qui tue ou prévient la croissance des bactéries, champignons et des virus (micro-organismes) sur les surfaces externes du corps.

Antispasmodique : remède contre les spasmes (contractions involontaires d'un ou plusieurs muscles), crampes, convulsions, et les douleurs aiguës névralgiques ou autres.

Antisudorale : effet qui diminue la transpiration

Arborescente : plante qui prend la forme ramifiée, l'aspect d'un arbre.

Astringent : substance exerce un resserrement sur les tissus vivants, diminue la sécrétion des glandes et des muqueuses, élimine les impuretés, évite la prolifération des germes.

Bractée : feuille fréquemment colorée qui accompagne une fleur ou une inflorescence. Les bractées se trouvent souvent à la base du pédoncule.

Carminatif : effet qui provoque l'expulsion des gaz intestinaux.

Diurétique : substance qui augmente le volume urinaire et l'élimination des chlorures, du sodium, du potassium, de l'urée et de l'acide urique dans les urines.

Dyspepsie : un ensemble de symptômes de douleur ou de malaise épigastrique.

Emménagogue : effet qui provoque, facilite ou augmente les règles.

Expectorant : substance qui favorise l'élimination des sécrétions bronchiques

Fébrifuge : prévient les accès de fièvre et permet de combattre celle-ci.

Glossaire

Herbacé : le terme de plantes herbacées désignant pour sa part des plantes non ligneuses dont la partie aérienne meurt après la fructification.

Mucilage : substance glucidique qui se gonfle au contact de l'eau en donnant une solution visqueuse.

Oxydant : entité chimique capable de capter (ou de gagner) un ou plusieurs électrons.

Saponine : substance hétérosidique moussante agissant sur la perméabilité des membranes.

Vivace : une plante vivace, ou plante pérenne, est une plante pouvant vivre plusieurs années.

Bilabiée : se dit d'un calice ou d'une corolle dont les éléments forment deux lèvres. La plupart des lamiacées ont un calice et/ou une corolle bilabiée.

Zygomorphe : se dit des fleurs symétriques par rapport à un plan

Liste des figures

Figure 1 : Carte de répartition géographique de la famille des Lamiacées	6
Figure 2 : A: photo de <i>Mentha pulegium</i> B: schéma représente les caractéristiques botaniques de <i>Mentha pulegium</i>	7
Figure 3 : A : photo de <i>Salvia officinalis</i> B : schéma représente les caractéristiques botaniques de <i>Salvia officinalis</i>	10
Figure 4 : Déséquilibre antioxydant /oxydant	14
Figure 5 : Action de l'antioxydant au cours du métabolisme des dérivés réactifs de l'oxygène	18
Figure 6 : Mécanismes d'action des antioxydants	21
Figure 7 : Réduction de DPPH par un antioxydant	21
Figure 8 : Réduction de tripyridyltriazyl ferrique (Fe^{3+} -TPTZ) au tripyridyltriazyl ferreux (Fe^{2+} -TPTZ)	22

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification botanique des lamiacées.....	5
Tableau 2 : Les principales classes de composés phénoliques	24
Tableau 3 : Données bibliographiques sur les substances antioxydantes de <i>M. pulegium</i> et <i>S. officinalis</i>	38
Tableau 4 : Données bibliographiques sur l'activité antioxydante (tests DPPH et FRAP) de <i>M. pulegium</i> et <i>S. officinalis</i>	44

Introduction générale

Introduction générale

Dans toute les pays du monde, l'homme utilise les plantes depuis des milliers d'années dans la composition des parfums, dans les préparations culinaires et dans le but de traiter et soigner toutes sortes de maladies ce qui montre que les plantes ont toujours occupé une place importante en médecine. Le monde végétal est à l'origine d'un grand nombre de médicaments (**Lahrech, 2010**). L'Algérie est considérée comme un pays riche en plantes aromatiques et médicinales susceptibles d'être utilisées dans différents domaines (pharmacie, parfumerie, cosmétique, agroalimentaire) pour leurs propriétés thérapeutiques, organoleptiques et odorantes (**Quézel et Santa, 1963**).

Un grand nombre d'espèces appartenant à la famille des *Lamiaceae* représentent une source d'une grande variété de métabolites secondaires, tels que les huiles essentielles, les acides phénoliques, les flavonoïdes et les terpènes phénoliques. Ces composés sont largement reconnus pour leurs activités biologiques (**Trivellini et al., 2016**). La famille des *Lamiaceae* est importante dans la flore Méditerranéenne et Algérienne, comprend environ 4000 espèces et près de 220 genres. Plusieurs genres sont utilisés traditionnellement en tant que remèdes contre diverses pathologies et infections (les troubles digestifs, la grippe, les maux de tête, les maladies inflammatoires...etc) et les radicaux libres sont à l'origine de ces pathologies (**Sharififar et al., 2009 ; Ehivet et al., 2011**). De plus, les extraits et les huiles essentielles des espèces de la famille des *Lamiaceae* se sont avérées posséder une large variété de propriétés pharmacologiques, représentées essentiellement par l'activité antioxydante (**Yazdanparast et Ardestani, 2009 ; Tepe et al., 2011**). Cette dernière a été attribuée aux composés antioxydants présents dans les extraits et les huiles essentielles. De nombreux auteurs ont considéré les composés phénoliques et les huiles essentielles comme antioxydants puissant des *Lamiaceae* (**Ben khedher et al., 2017 ; Gülçin et al., 2019**).

Dans ce contexte le présent travail s'intéresse à l'étude de l'activité antioxydante des extraits et des huiles essentielles de deux espèces de la famille des *Lamiaceae* : *M. pulegium* et *S. officinalis*, qui sont largement étudiées.

La présente étude est répartie en quatre chapitres :

- Le premier chapitre sur l'étude botanique de la famille des *Lamiaceae* et présentation des plantes étudiées.

Introduction générale

- Le second est consacré à l'étude de l'activité antioxydante, ceci est suivi par un rappel de quelques méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante in vitro (piégeage du radical DPPH, pouvoir réducteur et FRAP).
- Le troisième chapitre portera sur les substances bioactifs (les composés phénoliques et les huiles essentielles).
- Le dernier chapitre représente les résultats obtenus à partir des articles analysés sur les antioxydants et l'activité antioxydante des espèces étudiées.

Chapitre I

Généralités sur *Mentha
pulegium* et *Salvia officinalis*

1. Généralités sur les lamiacées

1.1. Description botanique

La famille des Lamiacées est l'une des familles les plus grandes et les plus distinctives de plantes à fleurs, avec environ 220 genres et près de 4000 espèces dans le monde. Elle est connue également sous le nom des Labiées (**Naghbi et al., 2005**). C'est une famille d'une grande importance aussi bien pour son utilisation en industrie alimentaire et en parfumerie qu'en thérapeutique. Les labiées sont utilisées comme source mondiale d'épices et d'extraits à fort pouvoir antibactérien, antifongique, anti-inflammatoire et antioxydant (**Hilan et al., 2006**). Les espèces de cette famille sont des angiospermes dicotylédones appartenant à l'ordre des Lamiales (**Spichiger et al., 2004**). Ce sont des plantes herbacées ou arborescentes très parfumées, annuelles ou vivaces (**Silvant, 2014 et Martin, 2014**). C'est une famille homogène à tiges souvent quadrangulaires (section carrée) généralement ligneuses à leur base et très ramifiées (**Dupond et Guignard, 2012**), Feuilles généralement opposées, souvent composées, pétiolées dépourvues de stipules, parfois odoriférantes. Les fleurs sont fortement zygomorphes souvent bilabiées et présentent des réductions et des inégalités au niveau de l'androcée. Les bractées inflorescentielles sont souvent colorées. (**Spichiger et al., 2004 ; Dupond et Guignard, 2012**).

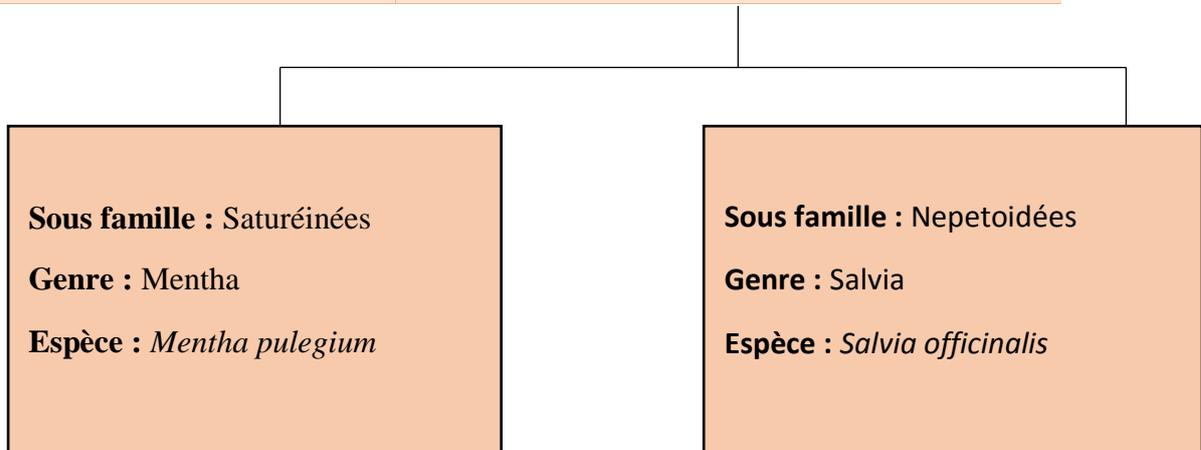
1.2. Systématique des lamiacées

En 1789, de Jussieu a donné le nom de *Lamiaceae* à la famille, la majorité des sous-familles ont été établies par Bentham en 1876, elles sont révisées par Briquet dans la période de 1895 à 1897, la classification de Briquet est la plus utilisée (**Pedersen, 2000**). Les *Lamiaceae* représentent une famille de 220 genres, parmi eux : *Mentha* (*Mentha pulegium*) qui a été classé dans la sous-famille Saturéinées (**Lahrech, 2010**). Et le genre *Salvia* (*Salvia officinalis*) appartient à la sous-famille Nepetoïdées (**Quezel et Santa, 1963**). La classification botanique des *Lamiaceae* est donnée dans le tableau 1 :

Chapitre I Généralité *Mentha pulegium* sur et *Salvia officinalis*

Tableau 1: Classification botanique des lamiacées (Quezel et santa, 1963 ; Lahrech, 2010).

Règne	Végétal
Embranchement	Phanérogames
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Eudicotylédones
Sous-classe	Gamopétales
Super-ordre	Tubiflorales
Ordre	Lamiales (Labiales)
Famille	<i>Lamiaceae</i> (Labiées)



1-3- Répartition géographique

Les Lamiacées sont présentes dans quasiment toutes les parties du monde (figure 1). Elles se trouvent dans les régions tempérées à tropicales. Mais une profusion d'espèces sont regroupées dans le bassin méditerranéen (Guignard et Dupont., 2004). Donc principalement en milieu ouvert, avec de rares espèces en forêt tropicale humide (Martin, 2014).

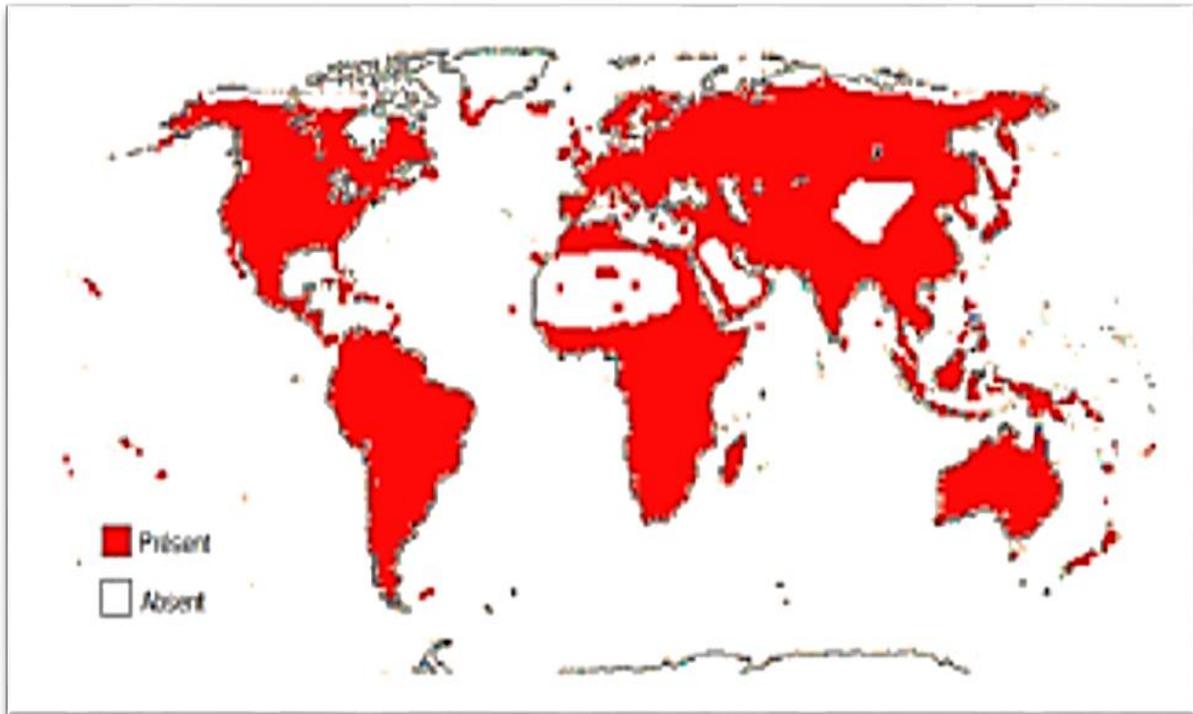


Figure 1 : Carte de répartition géographique des Lamiacées (Adjoudi, 2019)

2. Présentation des espèces étudiées

2.1. *Mentha pulegium* L.

2.1.1. Nomenclature

Le nom de pulegium vient de latin de pulex, la puce car la plante à la propriété d'éloigner les puces (Bekhechi, 2008), et également connue dans le monde sous les noms vernaculaires suivants :

- **En français :** Menthe pouliot (Bekhechi, 2008)
- **En arabe:** Fliou (Lemordant *et al.*, 1977)
- **En Kabyle:** Afligou, Félgou (Dellille, 2007)

2.1.2. Description botanique

Mentha est un genre de la famille *Labiatae*, comprend plus de vingt espèces dans le monde entier (Erhan *et al.*, 2012). *M. pulegium* est une plante vivace, aromatique, populaire et herbacée, qui peut atteindre jusqu'à un demi-mètre de hauteur (Gulçin *et al.*, 2019). C'est une plante à tiges dressées à section carrée, verdâtres ou grisâtres, très ramifiées. Les fleurs, qui apparaissent durant l'été, de Mai à fin Septembre, sont rose lilas, parfois blanches, et sont

groupées à l'aisselle des feuilles en glomérules largement espacés le long de la tige. Les feuilles, opposées et petites, sont ovales ou oblongues presque entières (légèrement dentelées ou crénelées) et munies d'un court pétiole. (Figure 2) (Quezel et Sauta, 1963).



Figure 2 :A: photo de *M. pulegium* (<https://www.google.com>) B: schéma représente les caractéristiques botaniques de *M. pulegium* (Sutour, 2010).

2.1.3. Répartition géographique

M. pulegium est une espèce spontanée dans toute l'Europe, à l'ouest de l'Asie et au nord d'Afrique (Franke et Schilcher, 2005). En Algérie, elle est très abondante et pousse spontanément (Quézel et Santa, 1963). Elle se rencontre dans les zones humides et généralement marécageuses, près des routes, et elle est plus abondante dans les pâturages de montagnes (Chalchat *et al.*, 2000).

2.1.4. Composition chimique

2.1.4.1. Huiles essentielles

L'huile de *M. pulegium* est bien connue en médecine populaire comme abortif, en raison de sa caractéristique en tant que stimulant de la musculature utérine (Gerenutti *et al.*, 2014).

Les rapports précédents sur la composition de son huile essentielle ont montré que la pulegone était le constituant principal, et son pourcentage variait de 25% à 92%. (Lorenzo *et al.*, 2002). Beghidji *et al.* (2007) ont trouvé dans différentes provenances d'Algérie, un

chénotype de *M. pulegium* caractérisé par sa richesse en monoterpènes (α et β -pinènes, camphène, sabinène, α -terpinène et myrcène).

2.1.4.2. Composés phénoliques et autres composantes

La recherche de nouvelles molécules bioactives s'est orientée vers la lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles antioxydantes pouvant constituer une solution alternative aux produits chimiques. Parmi ces substances naturelles figurent les métabolites secondaires tels que les polyphénols et les flavonoïdes (**Ghazghazi et al., 2013**).

L'analyse phytochimique de *M. pulegium* a montré la présence des polyphénols, les flavonoïdes et les tanins (**Khanouf et al. 2013 ; Brahmi et al., 2014**). Des quinones libres, des alcaloïdes et des saponosides. L'espèce contient également d'autres composantes comme les sucres, les matières résineuses, pectiques, cellulosiques (**Favier, 2003**).

2.1.5. Usage médicinale

Les espèces de genre mentha sont généralement utilisées comme poudres, décoctions et infusions. *M. pulegium* est traditionnellement utilisée pour soigner les rhumes, les maux de gorge, la toux, les bronchites, les infections pulmonaires (**Hmamouchi, 2001**). En outre, elle a des effets curatifs contre certaines maladies gastro-intestinales telles que la dyspepsie, les vomissements, les maux d'estomac, les nausées la diarrhée et les ballonnements (**Khonche et al., 2017**), effets antiseptiques, et utilisée aussi comme antifatulent, carminatif, expectorant, diurétique (**Boukhebti et al., 2011**). Plusieurs travaux ont étudié l'activité antifongique antimicrobienne (**Ghazghazi et al., 2013**) et antioxydante de cette espèce (**Khaled Khodja et al., 2014**). Ces propriétés curatives pour la santé sont notamment dues à leur riche contenu en métabolites secondaires, notamment les phénoliques, les huiles essentielles et les flavonoïdes (**Kasrati et al., 2015**).

2.1.6. Usage culinaire

La menthe pouliot était largement utilisé comme ingrédient conservateur dans l'industrie alimentaire (**Rodrigues et al., 2013**). Les feuilles confites ou séchées sont particulièrement appropriées pour parfumer et décorer les plats, les sauces et les soupes. Elle est aussi utilisée pour préparer les tisanes (**Boukenna et Bouzidi, 2007**) En Algérie on l'apprécie beaucoup, si bien qu'on s'en sert pour préparer un plat traditionnel: le ragout de pomme de terre au pouliot « batatafliou » (**Baba Aissa, 1999**).

2.2. *Salvia officinalis* L.

2.2.1. Nomenclature

Le nom *Salvia* vient du latin *salvare* qui signifie « sauver » et « Guérir » et *officinalis* signifie « médicinale » (Pujuguet, 2006), les noms vernaculaires sont :

- **En français** : Grande sauge, thé d'Europe, herbe sacrée (Teusher *et al.*, 2005)
- **En arabe** : Souak en nebi, salmia et maramia (Baba Aissa, 2000)
- **En kabyle** : Tazourt (Beloued, 2001).

2.2.2. Description botanique

S. officinalis est l'une des espèces les plus importantes du genre du *Salvia*, elle représente l'un des plus grands genres dans la famille des Lamiacées (Lakušić *et al.*, 2013).

La Saugé pousse sous la forme d'un sous-arbuste pérenne croisé atteignant 60 cm de haut. Les feuilles sont opposées et simples avec des poils blancs sur la face inférieure des feuilles et verdâtres ou gris verdâtre sur la face supérieure, ces feuilles sont allongées et pétiolées avec une marge dentelée. Les tiges sont dressées ou couchées avec d'abondantes branches velues vert foncé. Les fleurs mesurent 2–4 mm de long à partir du pédicelle, et elles sont de couleur bleu violet. Elles fleurissent de mars à juillet selon l'habitat et les conditions climatiques (Jakovljević *et al.*, 2019). Les racines de la saugé sont brunâtres et fibreuses. Le type de fruit est Tétrakène (Figure 3) (Fruleux, 2009).

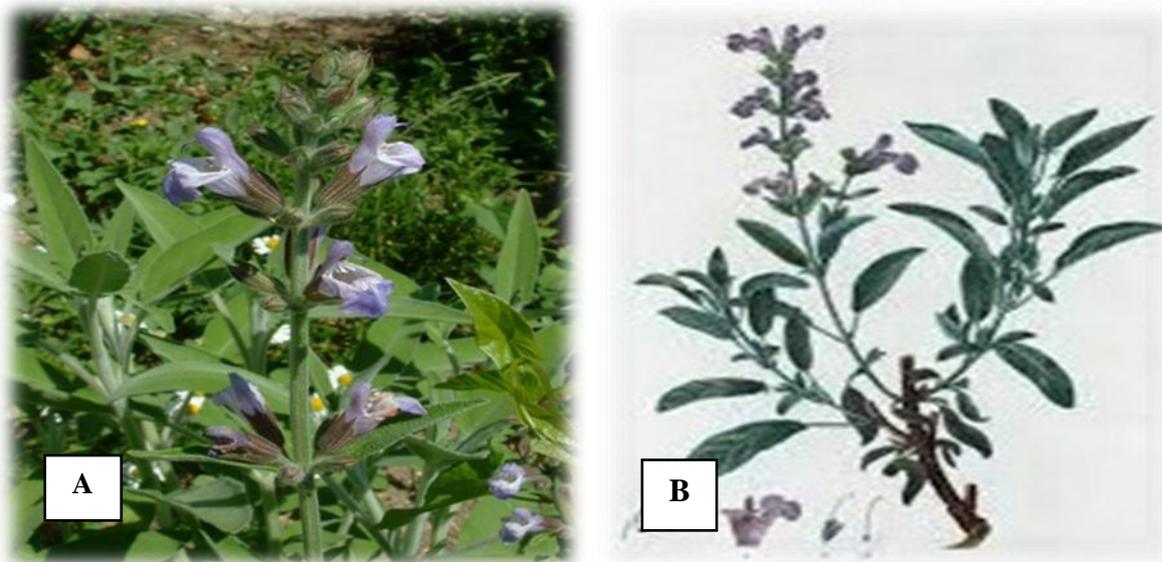


Figure 3 : A : photo de *S. officinalis* (<https://www.google.com>). B : schéma représente les caractéristiques botaniques de *S. officinalis* (www.wikimedia.org).

2.2.3. La répartition géographique

La sauge est une espèce généralement cultivée, elle pousse spontanément à l'état sauvage dans différentes aires géographiques. Elle est rencontrée dans les clairières, les forêts, les broussailles, les pâturages, les steppes, les plaines, les hauts plateaux et les montagnes jusqu'à 2500 m d'altitude. La sauge se caractérise par une aire de répartition très répandue elle se trouve essentiellement dans France, Italie, Inde, Espagne, Turquie, Maroc, Grèce, dans les pays du pourtour méditerranéen tel que l'Afrique du Sud, l'Amérique du Sud, et l'Asie du Sud Est (Oana-Maria *et al.*, 2010). Cette plante est assez commune en Algérie (cultivée) (Baba-Aissa, 2000). Elle supporte des sols très variés, au pH allant de 5 à 9 (Gilly, 2005).

2.2.4. Composition chimique

2.2.4.1. Huiles essentielles

S. officinalis contient plus de 120 composants dans l'huile essentielle extraite à partir de parties aériennes, La plupart des composés phytochimiques signalés chez *S. officinalis* ont été isolés de son huile essentielle ; Le linalol est le composé phytochimique le plus présent dans la tige; dans les fleurs ont le plus haut niveau on trouve le pinène et de cinéole; l'acétate de bornyle, camphène, camphre, limonène et la thuyone sont les composés phytochimiques les plus présent dans les feuilles (Ghorbani et Esmailizadeh, 2017).

L'étude caractéristique effectuée par Taleb. (2015) sur l'huile essentielle de l'espèce *S. officinalis* d'origine Algérienne (Tizi-Ouzou), a montré que les constituants majoritaires sont : Azulène 30.6%, Camphène 4.14%, β -pinène 2.67% et α - pinène 2.05%.

2.2.4.2. Composés phénoliques et autres constituants

La sauge est également une source naturelle de flavonoïdes et de composés polyphénoliques (par exemple, l'acide carnosique, l'acide rosmarinique et l'acide caféique) possédant de fortes activités antioxydantes, anti-radicalaires et antibactériennes. La majorité des acides phénoliques des espèces de *Salvia* sont des dérivés de l'acide caféique, élément constitutif d'une variété des métabolites végétaux. L'acide caféique joue un rôle central dans la biochimie des plantes Lamiaceae et se présente principalement sous une forme dimère comme l'acide rosmarinique. L'acide carnosique et l'acide rosmarinique, qui sont présents à des concentrations élevées dans l'extrait des plantes de sauge, ont montré de fortes propriétés antioxydantes. L'acide ursolique, également un composant de la sauge, a de fortes propriétés

anti-inflammatoires et, dans les préparations de sauge, il est considéré comme une mesure de contrôle de qualité pour les effets anti-inflammatoires de différentes solutions. (Mohsen *et al.*, 2014).

La sauge contient les alcaloïdes, les glucides, les acides gras et les dérivés glycosidiques (des glycosides cardiaques, des saponines...) (Ghorbani et Esmailizadeh, 2017). Elle contient aussi 5% de tanins (un principe amer), 5,5% de résine, 6% de gomme du mucilage, des acides phosphoriques oxaliques, des nitrates et 9% de pentosane. Elle est également une excellente source de vitamine K, A et C. On y trouve en outre un peu de fibres, des folates, du magnésium, du potassium, du calcium et du manganèse (Fruleux, 2009).

2.2.5. Usage médicinale

L'appellation latine démontre bien l'importance de la sauge dans la pharmacopée traditionnelle, Cette plante aromatique et médicinale assez largement utilisée soit à l'état naturel, soit sous forme d'extrait ou d'huile essentielle (Fellah *et al.*, 2006).

Cependant en médecine populaire, elle était utilisée dans les ulcères, les rhumatismes, les vertiges, la diarrhée, l'hyperglycémie et la transpiration excessive (Ghorbani *et al.*, 2017). Cette plante est connue depuis la nuit des temps grâce à leur efficacité. Elle contient de l'acide ursolique, dont l'action astringente, la sauge a des propriétés antioxydantes et elle a un pouvoir antiseptique d'où son efficacité dans le développement des agents infectieux, cette espèce est utilisée en gargarisme comme un remède contre les maux de gorge (Iserin, 2001).

La sauge a une activité antispasmodique qui agit lors des troubles digestifs : digestion difficile, ballonnements. Elle a une action relaxante sur les muscles de l'estomac et des intestins (Bogrow, 2009). La sauge possède aussi à divers degrés des propriétés fébrifuges, antisudorales et emménagogues (Duke *et al.*, 2002). Elle est considérée comme un stimulant pour les gens anémiques, aussi pour les personnes stressées et déprimées. Pour usage externe, elle est appliquée contre les inflammations de la bouche, les abcès, et aussi pour le nettoyage et la cicatrisation des plaies (Djerroumi et Nacef, 2004).

2.2.6. Usage culinaire

S. officinalis est une espèce végétale bien connue largement utilisée dans la préparation de nombreux aliments, en raison de ses propriétés aromatisantes et assaisonnantes (Ghorbani *et al.*, 2017). Les feuilles de la Sauge sont un condiment courant, apprécié depuis

Chapitre I Généralité *Mentha pulegium* sur et *Salvia officinalis*

l'antiquité, elles peuvent être consommées fraîches, elles sont employées comme aromates en cuisine. Les fleurs sont utilisées dans l'industrie alimentaire pour la confection de confitures (**Fruleux, 2009**). Au Mexique et en Amérique latine, les graines de sauge sont intensivement employées comme source de nourriture et aussi pour préparer des boissons. La découverte des antioxydants a augmenté l'usage des extraits de sauge officinale connue par son activité antioxydante élevée (**Radulescu et al., 2004**). Afin de protéger les denrées alimentaires contre la détérioration oxydative (**Madsen et Bertelsen, 1995**).

Chapitre II

Généralités sur l'activité antioxydante

1. Généralités sur l'activité antioxydante

1.1. Oxydants

La notion de radicaux libres, stress oxydant ou d'antioxydants est de plus en plus souvent utilisée pour expliquer différentes atteintes pathologiques et leur approche thérapeutique. Ces différents vocables se rapportent à monde chimique ayant de grandes conséquences métaboliques : l'état d'oxydoréduction, dont dépend la formation de radicaux libres (Leverve, 2009)

1.1.1. Stress oxydatif

Le stress oxydatif se définit comme étant un déséquilibre de la balance «pro-oxydants–antioxydants » en faveur des oxydants tels que les espèces activées de l'oxygène (EAO). C'est le résultat de certain dommage des constituants cellulaires : des lipides, des protéines, des ADN (Sergent *et al.*, 2001). Il peut causer des maladies chroniques tell que diabète, athérosclérose et cancer (Sarmadi *et al.*, 2010). En effet, une production excessive des radicaux libres ou une insuffisance des mécanismes antioxydants peut déséquilibrer la balance oxydant/antioxydant (figure 4) (Favier, 2003).

ANTIOXYDANTS
SOD, GPx,
Catalase, GSH,
Vit E/C, °NO
Caroténoïdes



OXYDANTS
 $O_2^{\circ-}$, OH° , 1O_2 , H_2O_2
 $^{\circ}NO$, $ONOO^-$
HOCL
 LOO° , $LOOH$

Figure 4 : Déséquilibre antioxydant /oxydant (Morena *et al.*, 2002)

1.1.2. Radicaux libres

1.1.2. Radicaux libres

1.1.2.1. Définition

Un radical libre est une espèce chimique, molécule, ou simple atome, capable d'avoir une existence indépendante « libre » en contenant un ou plusieurs électrons célibataire (électron non apparié sur une orbitale). Cela lui confère une grande réactivité donc une demi-vie très courte. En effet, ce radical libre aura toujours tendance à remplir son orbitale en captant un électron pour devenir plus stable (**Goudable et Favier, 1997**).

Les radicaux libres peuvent être d'origine exogène : produits des radiations (rayons X et lumière UV), polluants de l'air (N, NO₂), solvant organique, pesticides, drogues. Lorsqu'ils sont d'origine endogène, ils sont produits en majorité au niveau des chaînes respiratoires mitochondriales des cellules des organismes aérobie (**Tessier et Marconnet, 1995**).

1.1.2.2. Types de radicaux libres

La classification des radicaux libre est basée sur le type de radicale en donnant deux groupes principales : les radicaux dérivés de l'oxygène (Reactive oxygen species : ROS) ou d'autre atomes comme l'azote (Reactive nitrogen species : RNS) (**Yan, 2014**).

1.1.2.2.1. L'espèce réactive d'oxygène (ERO)

- **L'anion superoxydes O₂⁻**

C'est la forme réduite de l'oxygène moléculaire par la réception d'un électron (**Harman, 2000**). L'anion superoxyde joue un rôle très important dans la génération des radicaux libres tels que le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), le radical hydroxyle (OH[•]), et l'oxygène singulet (¹O₂) (**Stief, 2003**).

- **Le peroxyde d'hydrogène ou eau oxygénée H₂O₂**

Il est produit en grande partie à partir du radical superoxyde en présence de superoxyde dismutase qui catalyse la réaction. Le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) est un produit plus stable que les radicaux superoxydes. C'est un oxydant très puissant capable d'accepter deux électrons supplémentaires (**Goudable et Favier, 1997**).

Chapitre II Généralités sur l'activité antioxydante

- **Le radical hydroxyle OH[•]**

Il est formé à partir du peroxyde d'hydrogène H₂O₂ par la réaction de Fenton. L'ion ferreux réagit avec le peroxyde d'hydrogène selon la réaction suivante :



Le radical hydroxyle formé est très oxydant, il peut initier une peroxydation lipidique (Goudable et Favier, 1997).

- **L'oxygène singulet ¹O₂**

Forme « excitée » de l'oxygène moléculaire, est souvent assimilé à un radical libre en raison de sa forte réactivité. Il est produit par transfert d'énergie lumineuse (Bisbal *et al.*, 2010).

1.2.2.2. L'espèce réactive d'azote (RNS)

- **L'oxyde nitrique NO**

L'oxyde nitrique (NO) est un radical libre synthétisé dans la cellule endothéliale à partir de l'arginine et l'O₂ grâce à l'action d'enzymes NO-synthase (NOS). Le NO peut endommager les protéines, les lipides et l'ADN soit directement soit après une réaction avec le superoxyde, conduisant à la formation de l'anion peroxydinitrite très réactif (ONOO⁻) (Rahal *et al.*, 2014).

- **L'anion peroxydinitrite ONOO⁻**

La génération simultanée de l'oxyde nitrique et de superoxyde favorise la production de l'anion peroxydinitrite, ce dernier est un puissant oxydant qui peut initier la peroxydation lipidique ainsi que l'oxydation des protéines et de l'ADN (Szabo, 2003).

1.2. Antioxydant

1.2.1. Définition

Un antioxydant est toute substance, présente à une concentration inférieure à celle du substrat oxydable, qui est capable de retarder ou de prévenir l'oxydation de ce substrat (Helliwell et Gutteridge, 1999).

Chapitre II Généralités sur l'activité antioxydante

Les antioxydants sont des composés naturels ou synthétiques, capables de piéger les radicaux libres et d'inhiber les processus d'oxydation (**Khizar *et al.*, 2010**).

1.2.2. Classification des antioxydants

Les antioxydants sont classés en antioxydants naturels enzymatiques et non enzymatiques (**Tessier et Marconnet, 1995**). Ils sont également classés en antioxydants de synthèse. (**Hudson, 1990 ; Yu *et al.*, 2000**).

1.2.2.1. Les antioxydants naturels

1.2.2.1.1. Antioxydants enzymatiques

Le système endogène est constitué d'enzymes ou d'agents réducteurs (superoxyde dismutase, catalase, glutathion peroxydase) dont l'action est de neutraliser les EOR par leur transformation en molécules stables et non réactives (figure 5) (**Koechlin-Ramonatxo, 2006**).

- **Le superoxyde dismutase SOD**

Il catalyse la dismutation de l'anion superoxyde en hydrogène peroxyde (H_2O_2) et en oxygène.

Dans l'organisme de l'être humain, il y a 3 isoformes des SOD à cofacteurs métallique (Cu, Zn-SOD, Mn-SOD). Les SOD jouent le rôle d'agents antioxydants dans les maladies rhumatismales telle que : l'arthrose (**Landis et Tower, 2005**).

- **La catalase**

Cette enzyme est localisée essentiellement dans les peroxysomes. Elle permet de convertir deux molécules de H_2O_2 en H_2O et O_2 (**Valko *et al.*, 2006**).

- **Le glutathion peroxydase GPx**

Une enzyme à cofacteur de sélénium. Elle a pour activité la dégradation des peroxydes organiques ($ROOH$) et du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) (**Valko *et al.*, 2006**).

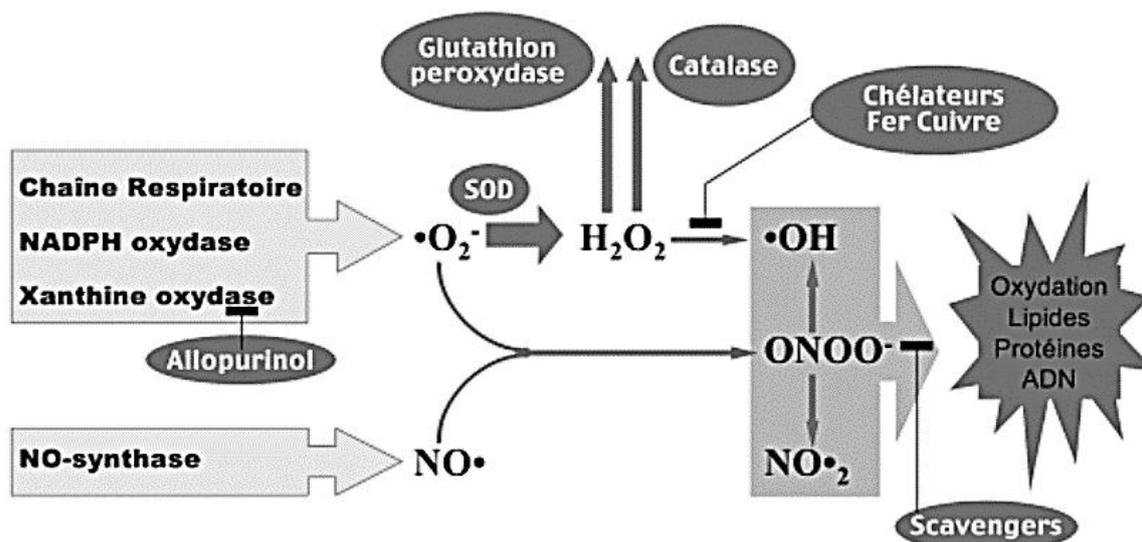


Figure 5 : Action de l'antioxydant au cours du métabolisme des dérivés réactifs de l'oxygène
(Leverve, 2009)

1.2.2.1.2. Les antioxydants non enzymatiques

Ce sont des antioxydants naturels capables de prévenir les dommages oxydatifs, ils peuvent se comporter comme des piègeurs des radicaux libres.

Le taux de ce système de défense dans l'organisme est essentiellement assuré par un apport alimentaire. Parmi les antioxydants naturels on peut citer les plus connus et les plus importants les polyphénols, les huiles essentielles, les caroténoïdes, les vitamines E et C et les oligoéléments (Ames *et al.*, 1993).

- **Les polyphénols**

Les polyphénols et en particulier les flavonoïdes apparaissent parmi les antioxydants végétaux les plus efficaces quant à leurs effets protecteurs dans l'organisme. La grande capacité des composés phénoliques à contrecarrer les radicaux libres et à chélater les ions des métaux de transition est directement reliée à leurs caractéristiques structurales. Il est prouvé que cette activité est due aux nombres et aux positions des groupements hydroxyles présents sur les cycles benzoïques (Rice-Evans *et al.*, 1996). En ce qui concerne le pouvoir antioxydant des flavonoïdes vis-à-vis des radicaux libres, il est dû à leur capacité antioxydant élevée. Elles peuvent agir de différentes façons dans les processus de régulation du stress oxydant (Li *et al.*, 2014). Les flavonoïdes inactivent et stabilisent les radicaux libres grâce à leur groupement hydroxyle ($\text{C}_3\text{-OH}$) fortement réactif (Rice-Evans *et al.*, 1996).

Chapitre II Généralités sur l'activité antioxydante

- **La vitamine E (α -tocophérol)**

La vitamine E ou α -tocophérol, est un antioxydant liposoluble, elle se localise entre les chaînes d'acides gras des phospholipides qui constituent les membranes et les lipoprotéines. Le rôle essentiel de la vitamine E est de capter les radicaux peroxydes lipidiques qui propagent les chaînes de peroxydation. De plus, l' α -tocophérol capte les radicaux superoxydes, les radicaux hydroxyles OH, ainsi que l'oxygène singulet $^1\text{O}_2$ (Gardès-Albert *et al.*, 2003).

- **Les caroténoïdes**

Les caroténoïdes sont des pigments issus des plantes et microorganismes, et sont regroupés en deux grandes familles : les carotènes et les xanthophylles. L'activité antioxydante de ceux-ci est liée à leur longue chaîne polyénique qui leur permet de réagir avec les radicaux libres par simple addition électrophile et transfert d'électron. Ils permettent, en particulier, de neutraliser l'oxygène singulet (Valko *et al.*, 2006).

- **La vitamine C (acide ascorbique)**

La vitamine C ou acide ascorbique est une molécule hydrosoluble présente dans la plupart des fruits et légumes. La vitamine C a notamment un rôle antioxydant au niveau des tissus oculaires où elle participe à la dégradation du H_2O_2 (Ohla *et al.*, 2005).

- **Les oligo-éléments**

Certains éléments minéraux exercent indirectement un rôle antioxydant en agissant comme des cofacteurs. Ainsi le cuivre, le zinc et le fer sont des cofacteurs pour le superoxyde dismutase, le fer est également un cofacteur pour la catalase et le sélénium est le cofacteur du glutathion- peroxydase (Delattre *et al.*, 2003).

- **Les huiles essentielles**

Les huiles essentielles se rencontrent quasiment que chez les végétaux supérieurs : cependant elles sont particulièrement abondantes chez certaines familles telles que les lamiacées (Bruneton, 1999). Elles sont très recherchées, car elles sont généralement dotées des propriétés biologiques intéressantes (Métali et Kerrass, 2016), telle que l'activité antioxydante ; car elles ont pu réduire le radical libre DPPH• (Ismaili *et al.*, 2017).

1.2.2.2. Les antioxydants de synthèse

Les antioxydants de synthèse les plus connus sont les composés phénoliques tels que : Le butyl hydroxyanisole (BHA), le butyl hydroxytoluène (BHT), la gallate propylée (PG) et le tetra-butyl hydroquinone (TBHQ) (Hudson, 1990). Ils sont largement utilisés dans l'industrie alimentaire parce qu'ils sont efficaces et moins chers que les antioxydants naturels (Yu *et al.*, 2000).

1.3. Mécanismes d'action des antioxydants

1.3.1. Piégeage des espèces oxydantes

Certains composés antioxydants comme la vitamine E, la vitamine C ou les caroténoïdes et les polyphénols apportés par l'alimentation, agissent en piégeant les radicaux et en captant leur électron célibataire et en les transformant en molécules ou ions stables. Ce type d'antioxydant est appelé piègeur ou éboueur (scavenger). Il existe de plus, des composés endogènes synthétisés par les cellules et jouant le même rôle ; le plus important est le glutathion réduit (GSH) qui protège non seulement contre les radicaux oxygénés, mais aussi contre le NO• (Favier, 2003).

1.3.2. Chélateurs de métaux

Les métaux de transition dans leur état réduit peuvent participer à la réaction de Fenton. Toute stratégie qui élimine ou masque le métal en question a une valeur potentiellement antioxydante. Les chélateurs de métaux emprisonnent un des acteurs indispensables à la réaction de Fenton, à savoir le métal, notamment Fe²⁺ ou Fe³⁺. Le complexe "chélateur-métal" peut encore servir d'intervenant dans la réaction de Fenton, mais lorsque la complexation est associée à une élimination du complexe hors de l'organisme (élimination urinaire ou digestive), il en résulte une diminution ou une disparition progressive du métal pouvant être complexé. Cette mesure conduit à réduire la contribution de la réaction de Fenton à la formation d'espèces hautement toxiques telles que le radical hydroxyle (figure 6) (Descamps *et al.*, 2006).

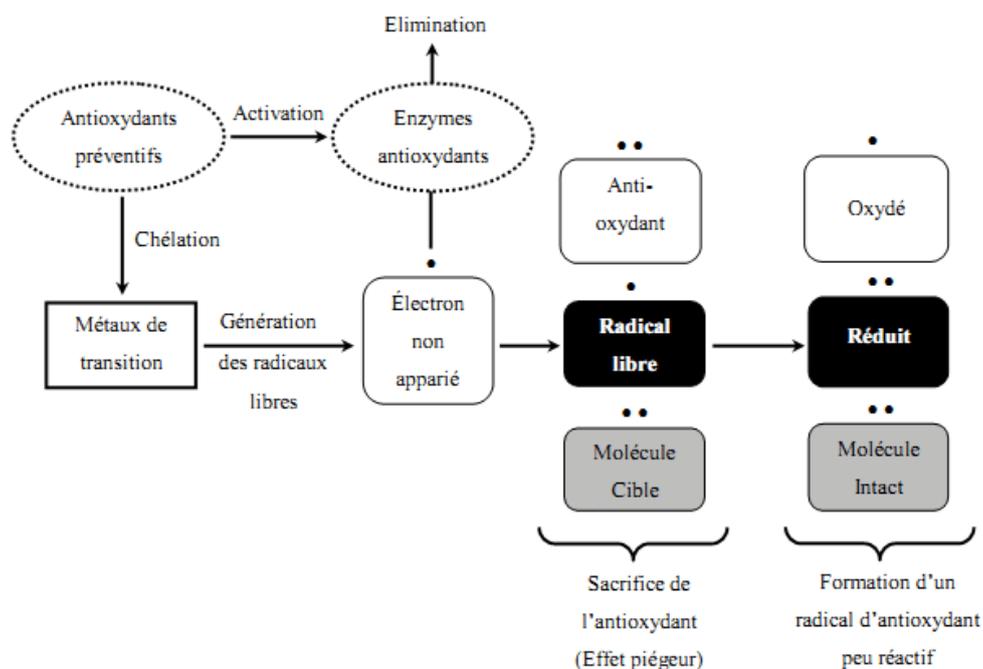


Figure 6 : Mécanismes d'action des antioxydants (<https://www.google.com>)

1.3. Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante

1.3.1. Méthode de piégeage de radical libre DPPH

Le DPPH (2,2 diphényl-1-picrylhydrazyl) est généralement le substrat le plus utilisé pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicale libre et la simplicité de l'analyse. Dans ce test, le DPPH de couleur violette se réduit en un composé jaune, le diphenylpicryl-hydrazine (DPPH, H), dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité réductrice des antioxydants présents dans le milieu (figure 7) (Amarti et al., 2011).

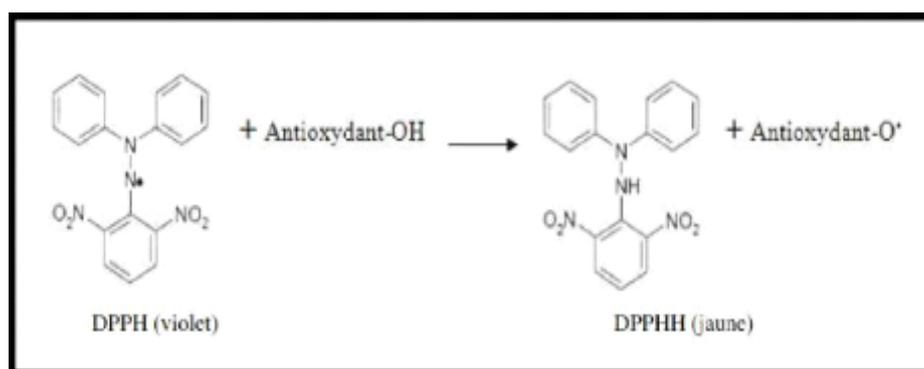


Figure 7 : Réduction de DPPH par un antioxydant (<https://www.google.com>)

1.3.2. Activité antioxydant par le test FRAP (Ferric reducing antioxydant power)

Le test FRAP, est présenté comme une nouvelle méthode pour évaluer le «pouvoir antioxydant». Ce test est peu coûteux, les résultats sont hautement reproductibles et la procédure est simple et rapide. Le Pouvoir réducteur ferrique (FRAP), est basé sur la réduction de tripyridyltriazaïl ferrique (Fe^{3+} -TPTZ) au tripyridyltriazaïl ferreux (Fe^{2+} -TPTZ) de coloré bleu en présence de l'antioxydant (figure 8) (Golfakrabi *et al.*, 2015).

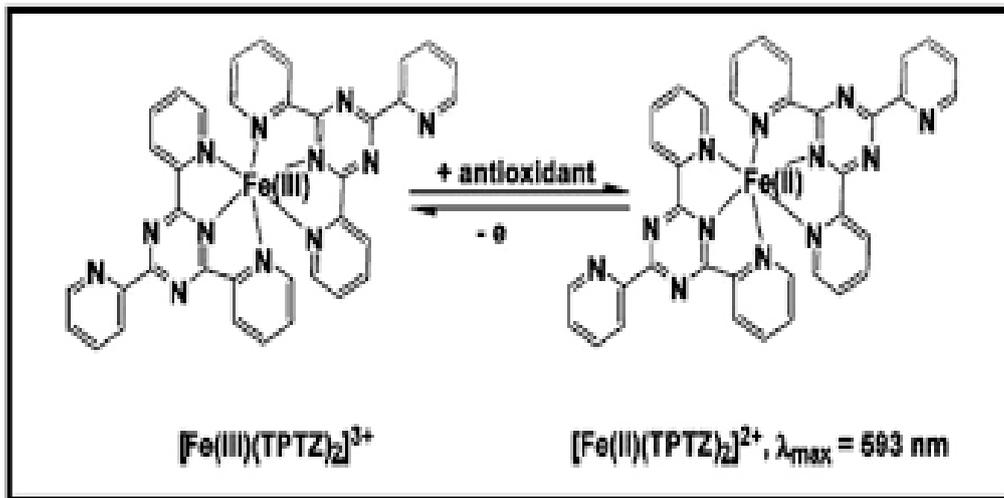


Figure 8 : Réduction de tripyridyltriazaïl ferrique (Fe^{3+} -TPTZ) au tripyridyltriazaïl ferreux (Fe^{2+} -TPTZ) (<https://www.google.com>)

Chapitre III

Les substances bioactives des plantes

1. Généralités sur les métabolites secondaires

Une des originalités majeures des végétaux réside dans leurs capacités à produire des substances naturelles très diversifiées. En effet, à côté des métabolites primaires classiques (glucides, protides, lipides, acides nucléiques), ils s'accumulent fréquemment des métabolites dits secondaires qui représentent une source importante de molécules utilisables par l'homme dans des domaines aussi différents que la pharmacologie ou l'agroalimentaire (**Macheix *et al.*, 2005**). Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes synthétisées et accumulées en petites quantités par les plantes autotrophes, ils sont divisés principalement en trois grandes familles : Les polyphénols, les terpènes et les alcaloïdes (**Lutge *et al.*, 2002**)

1.1. Les composés phénoliques

1.1.1. Définition

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec un glucide. Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois) et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la rhizogenèse, la germination des graines ou la maturation des fruits. Les plus représentés sont les anthocyanes, les flavonoïdes et les tannins (**Boizot et Charpentier, 2006**).

1.1.2. Classification

Sous la désignation de composés phénoliques on désigne un vaste ensemble de substances qui possèdent un cycle aromatique portant un ou plusieurs groupements hydroxyles. Plusieurs milliers d'entre eux ont été décrits et caractérisés chez les végétaux grâce aux progrès des techniques d'analyse (chromatographie, spectrométrie de masse ou Raman, électrophorèse capillaire ...). Ils peuvent être regroupés en plusieurs classes. Les premiers critères de distinction entre ces classes est le nombre d'atomes de carbone constitutifs et la structure de base du squelette carbone (Tableau 2) (**Macheix, 1996**), dont les principales classes sont récapitulés dans le tableau suivant.

Chapitre III Les substances bioactives des plantes

Tableau 2 : Les principales classes de composés phénoliques (Macheix *et al.*, 1990)

Squelette Carboné	Classe	Exemple
C ₆	Phénols simples	Catéchol
C ₆ – C ₁	Acides hydroxybenzoïques	p-Hydroxybenzoïques
C ₆ – C ₃	Acides hydroxycinnamiques Coumarines	Acides caféique, férulique Scopolétine, esculétine
C ₆ – C ₄	Naphtoquinones	Juglone
C ₆ – C ₂ – C ₆	Stilbènes	Resvératrol
C ₆ – C ₃ – C ₆	Flavonoïdes Flavonols Anthocyanes Flavanols Flavanones Isoflavonoïdes	Kaempférol, quercétine Cyanidine, pélargonidine Catéchine, épicatechine Naringénine Déidzéine
(C ₆ – C ₃) ²	Lingnanes	Pinorésinol
(C ₆ – C ₃) ⁿ	Lignines	
(C ₁₅) ⁿ	Tannins	

1.1.2.1. Phénols simples

Les phénols simples consistent en un cycle aromatique dans lequel un hydrogène est remplacé par un groupe hydroxyle. Leur distribution est répandue dans toutes les classes de plantes. Les phénols les plus simples sont des structures en C₆ consistant en un cycle aromatique avec des groupes hydroxyles attachés. Ceux-ci incluent le pyrogallol et l'hydroquinone (Pengelly, 2004).

1.1.2.2. Acides phénoliques

Cette classe est représentée par les acides hydroxybenzoïques et hydroxycinnamiques

- **Acide phénols dérivés de l'acide benzoïque** : les acides phénols en C₆-C₁, dérivés hydroxylés de l'acide benzoïque, sont très communs, aussi bien sous forme libre que combinés à l'état d'ester ou d'hétéroside. L'acide gallique et son dimère (l'acide hexahydroxydiphénique) sont les éléments constitutifs des tannins hydrolysables. D'autres aldéhydes correspondants à ces acides, comme la vanilline, est très utilisé dans le secteur pharmaceutique (**Bruneton, 1993**)
- **Acide phénols dérivés de l'acide cinnamique** : la plupart des acides phénols en C₆-C₃ (acides coumarique, caféique, férulique, sinapique) ont une distribution très large ; les autres (acides O-coumarique, O-férulique) sont peu fréquents (**Bruneton, 1993**). Les acides cinnamique et caféique sont des représentants communs du groupe de dérivés phénylpropaniques qui diffère par son degré d'hydroxylation et de méthylation (**Cowan, 1999**).

1.1.2.3. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés polyphénoliques comprenant 15 atomes de carbone formant une structure C₆-C₃-C₆, soit deux noyaux aromatiques reliés par pont de 3 carbones. Ce sont les composés les plus abondants parmi tous les composés phénoliques. Ils ont des rôles variés dans les plantes en tant que métabolites secondaires, étant impliqués dans les processus de défense contre les UV, la pigmentation, la stimulation des nodules de fixation de l'azote et la résistance aux maladies par exemple. Il existe plusieurs groupes de flavonoïdes, dont les principaux sont les flavones, les flavonols, les flavan-3-ols, les isoflavones, les flavanones et les anthocyanidines. La plupart des flavonoïdes existent sous forme de glycosides, la nature du sucre variant grandement selon les espèces (**Chira et al., 2008**)

1.1.2.4. Les Tannins

Les tannins représentent un groupe de polyphénols solubles dans l'eau, (**Xiuzhen et al., 2007**) à poids moléculaire élevé, et sont présents dans les écorces des fruits de quelques plantes (**Gulçin et al., 2010**). Ils sont subdivisés en tanins condensés et hydrolysables, et généralement trouvés complexes avec alcaloïdes, polysaccharides et protéines, en particulier ces derniers, Sur la base des caractéristiques structurelles il y a deux groupes, les gallotannins et les ellagitannins de tanins hydrolysables (**Xiuzhen et al., 2007**).

- **Les tannins condensés**

Ce sont des oligomères ou des polymères de flavane-3-ol dérivés de la catéchine ou de son nombreux isomère (Figure 2). Ils ont la propriété de coaguler les protéines du derme, d'où leur utilisation dans le tannage des peaux (**Cowan, 1999**).

- **Les tannins hydrolysables**

Ce sont des esters de glucose et d'acide gallique, qu'ils peuvent être dégradés par l'hydrolyse chimique, ils libèrent alors une partie non phénolique (souvent du glucose) et une partie phénolique qui peut être soit de l'acide gallique, soit un dimère de ce même acide-l'acide éllagique (**Cowan, 1999**).

1.1.2.5. Les stilbènes

Les stilbènes sont structurellement caractérisés par la présence d'un noyau de 1,2 diphényléthylène hydroxyles substitués sur les anneaux aromatiques, et existent sous forme de monomères ou d'oligomères (**Xiuzhen et al., 2007**).

1.1.2.6. Les lignanes

Les lignanes sont des polyphénols s'accumulant dans les tissus ligneux, les graines et les racines de nombreuses plantes. Ces molécules, vraisemblablement impliquées dans les mécanismes de défense chez la plante, sont également utiles pour l'homme. Le terme lignane a été introduit pour décrire un groupe de dimères de phénylpropanoïdes dans lesquels les unités phénylpropanes sont liées par le carbone central (C₈) de chaque chaîne propyle, Leur structure chimique se caractérise par le couplage de deux unités dérivées du 1-phénylpropane, provenant elles-mêmes du métabolisme de la phénylalanine et de précurseurs appelés monolignols, ce qui les rapproche des lignines qui entrent dans la composition de la paroi des cellules végétales. (**Frédéric et al., 2008**).

1.1.3. La biosynthèse

La plupart des molécules phénoliques sont formées à partir de deux acides aminés aromatiques, tyrosine et phénylalanine. Ces acides aminés sont formés de façons variables suivant les végétaux, à partir de la voie de l'acide shikimique. Macheix et al. (2005) et Richter (1993) ont décrit la biosynthèse des phénols naturels des plantes par deux voies majeures : la voie shikimate et la voie acétate ou leur combinaison.

1.1.3.1. La voie de Shikimate

C'est la voie de biosynthèse principale des composés aromatique dans les plantes et les micro-organisme, y compris les acides aminés aromatique : la phénylalanine, la tyrosine et le tryptophane (**Kening *et al.*, 1995**). Ce sont des métabolites primaires qui servent de précurseurs pour de nombreux de produits naturels (secondaire) tel que les flavonoïdes, les acide phénoliques, les coumarines, les alcaloïdes... (**Ghasemzadeh et Ghasemzadeh, 2001**).

1.1.3.2. La voie de l'acétate malonate

Ce mode de formation plus secondaire consiste à la cyclisation des chaines polycétonique, elles-mêmes obtenus par condensation de groupement acétates. La condensation des groupements acétates ne se fait qu'après carboxylation de l'acétyl CoA en malonylCoA. Chez les flavonoïdes, les anthocyanes (**Merghem, 2009**).

1.1.4. Propriétés biologiques des composés phénoliques

1.1.4.1. Propriété antioxydante

Les polyphénols sont très utilisées dans la médecine traditionnelle et moderne pour leurs activités antioxydantes (**Rice-Evans *et al.*, 1996**). Vue leurs propriétés redox les plus élevées, les polyphénols agissent comme des agents réducteurs, donneur d'hydrogène en piégeant les radicaux libres et en chélatant les ions (**Rice-Evans *et al.*, 1995 ; Valko *et al.*, 2006**). Ces substances pourraient permettre de prévenir de nombreuses pathologies en raison de leurs propriété antioxydante (**Middleton *et al.*, 2000**).

1.1.4.2. Propriété antibactérienne

Les flavonoïdes sont synthétisés par les plantes lors de l'invasion microbienne (**Dixon *et al.*, 1983**), il est par conséquent logique, qu'ils agissent comme substances antimicrobiennes efficaces in vitro contre les microorganismes (**Cowan, 1999**).

1.1.4.3. Propriété antifongique

De nombreux flavonoïdes possédant des activités antifongiques, le plus grand nombre appartient aux flavanones et aux flavanes. Une flavanone prénylée ainsi qu'une flavane sont actives contre *Candida albicans*. Alors que plusieurs flavones polyméthoxylées sont actives contre *Aspergillus flavus* (**Cushnie *et al.*, 2005**). Quel que soit la classe de flavonoïdes considérée, il apparait que le caractère lipophile des composés augmente l'activité, permettant aux molécules de pénétrer plus facilement à travers la membrane fongique (**Jimenez-**

Gonzalez *et al.*, 2008). De plus, la présence d'une chaîne isoprène apparaît comme importante pour l'activité mais pas essentielle (**Jimenez-Gonzalez *et al.*, 2008 ; Morel 2011**).

1.1.4.4. Propriété antivirale

L'activité antivirale des flavonoïdes contre HIV a été démontré, les flavonoïdes montraient également une activité antivirale contre le virus d'influenza. Quercétine, apigénine, catéchine et hespéridine sont parmi les flavonoïdes caractérisés par leurs propriétés antivirales contre onze types de virus. Les flavonoïdes aglycones pourvus d'un groupement hydroxyle libre en C₃ ont montré une bonne activité antivirale, les flavanes sont généralement plus efficaces que les flavones et les flavanones contre HIV (**Tapas *et al.*, 2008**).

1.1.5. Rôles composés phénoliques chez les plantes

Le rôle des composés phénoliques est reconnu dans différents aspects de la vie de la plante et dans l'utilisation que fait l'homme des végétaux (**Macheix *et al.*, 2005**) ils peuvent en effet intervenir :

- Dans certains aspects de la physiologie de la plante (lignification, régulation de la croissance, interaction moléculaire avec certains microorganismes symbiotiques ou parasites...).
- Dans les interactions des plantes avec leur environnement biologique et physique (relations avec les bactéries, les champignons, les insectes, résistances aux UV) soit directement dans la nature soit lors de la conservation après récolte de certains végétaux.
- Dans les critères de qualité (couleur, astringence, amertume, qualités nutritionnels...) qui orientent les choix de l'homme dans sa consommation des organes végétaux (fruits, légumes, tubercules...) et des produits qui en dérivent par transformation.
- Dans les variations de certaines caractéristiques de végétaux lors des traitements technologiques (préparation des jus de fruit, des boissons fermentées) pendant lesquelles apparaissent fréquemment des brunissements enzymatiques qui modifient la qualité du produit fini.

1.2. Les huiles essentielles

1.2.1. Définition

Le terme huile essentielle est le parfum des plantes aromatiques. Elle s'appelle aussi « essence » ou « huile volatile » (**Bruneton, 1999**). Elles sont présentes en petites quantités par rapport à la masse du végétal (**Bekhichi et Abdelouahid, 2010**). La majorité des huiles essentielles sont des liquides très peu colorés, volatils à température ambiante, les huiles essentielles dégagent une odeur caractéristique et sont en général plus légères que l'eau tout en possédant des caractéristiques hydrophobes (**franchomme, 1999**).

Les essences sont synthétisées par les végétaux supérieurs. Il y aurait environ 17500 espèces aromatiques réparties dans cinquante de famille dont les *Lamiaceae*, les *Asteraceae*, les *Rutaceae*, et les *Lauraceae*. Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : surtout dans les fleurs, les feuilles et les écorces mais aussi dans les racines, le bois, les rhizomes, les fruits et les graines (**Bruneton, 1999**).

1.2.2. Composition chimique des huiles essentielles

La composition chimique des essences est complexe et peut varier selon l'organe, les facteurs climatiques, la nature de sol, et le mode d'extraction (**Guignard, 2000**).

Une huile essentielle renferme majoritairement des terpènes volatils, issus de la condensation d'unités isopréniques, et des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (**Marinier et Lobstein, 2013**) ; Elles peuvent également renfermer divers produits issus du processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils (**Bruneton, 1999**).

1.2.2.1. Composés terpéniques

Les terpènes constituent une famille de composés largement répandus dans le règne végétal. Leur particularité structurale la plus importante est la présence dans leur squelette d'une unité isoprénique à 5 atomes de carbone (C_5H_8) reconnue par Wallach dès 1887 (**Lamarti et al., 1994**). Les terpènes sont subdivisés selon le nombre d'entités isoprènes en deux sous-groupes principales représentent la majorité des composés terpéniques : monoterpènes formés de deux isoprènes ($C_{10}H_{16}$) ; et sesquiterpènes, formés de trois isoprènes ($C_{15}H_{24}$) (**Bruneton, 1999**). Ces terpènes peuvent, aussi, être présents sous forme de diterpènes, triterpènes et tetraterpènes (C_{20} , C_{30} , et C_{40}), quand les terpènes contiennent des

groupements fonctionnels, généralement oxygénés, ils sont appelés "Terpénoïdes" (Cowan, 1999).

- **Les monoterpènes**

Ils représentent la classe la plus simple de la série des terpènes, les monoterpènes sont formés de deux isoprènes et ayant pour formule brute $C_{10}H_{16}$. Ils peuvent être linéaires ou cycliques et comptent de nombreux isomères. Ils sont volatils en raison de leur faible poids moléculaire, En tant que métabolites secondaires des plantes, les monoterpènes présentent une diversité chimique très importante, permettent à la plante de se défendre face aux facteurs de stress biotique et abiotique, constituent des signaux chimiques à travers lesquels la plante communique avec son environnement (plantes et autres organismes) (Marlet et Lognay, 2011).

- **Les sesquiterpènes**

Les sesquiterpènes sont une classe de terpènes, qui se composent de trois unités isoprène et ont souvent la formule moléculaire $C_{15}H_{24}$, on les trouve surtout chez les plantes supérieures. les sesquiterpènes peuvent être également, comme les monoterpènes, ils se trouvent dans de nombreuses catégories structurales, polycycliques, tricycliques, bicycliques, monocycliques, acycliques, ils renferment aussi des fonctions comme alcools, cétones, aldéhydes et esters (Bruneton, 1999).

1.2.2.2. Composés aromatiques

Les huiles essentielles renferment aussi des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (C_6-C_3), mais qui sont beaucoup moins fréquents que les terpènes (monoterpènes, sesquiterpènes), Cette classe comporte des composés odorants bien connus comme la vanilline, l'eugénol, l'anéthole, l'estragole ou comme l'athranilate de méthyle (Marinier et Lobstein, 2013).

1.2.2.3. Composés d'origines divers

Les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, entraînable lors de l'hydrodistillation tels que : les carbures (linéaires et ramifiés, saturés ou non), acides (acide géranique), alcools (menthol), aldéhydes, esters acycliques, lactones (Anouye et Abe, 2003).

1.2.3. Biosynthèse des huiles essentielles

La biosynthèse des huiles essentielles se fait suivant deux principales voies : la voie des terpénoïdes et celle des phénylpropanoïdes (**Helander et al., 1998**).

1.2.3.1. Voie des terpénoïdes

Les diverses voies métaboliques des terpénoïdes végétaux sont toutes enracinées dans la formation de seulement deux précurseurs isomères à cinq carbones (C₅), le diméthylallyl diphosphate (DMADP) et l'isopentényl diphosphate (IDP) (**Bohlmann et Keeling, 2008**).

L'isopentényl diphosphate (IDP) qui est synthétisé à partir de l'acétyl-coenzyme A (acétyl-coA), et son isomère diméthylallyl diphosphate (DMADP). Les deux intermédiaires réagissent l'un sur l'autre pour conduire à la formation de géranyl diphosphate (GDP), qui est un précurseur des monoterpènes (C₁₀), l'assemblage de deux, trois ou quatre unités de C₅ ou plus, donnent la formation d'autres composés comme farnésyl diphosphate (FDP) qui est un précurseur des sesquiterpènes (C₁₅), et le geranylgeranyl diphosphate (GGDP) qui est un précurseur des diterpènes (C₂₀) (**Rehman et al., 2016**).

1.2.3.2. Voie des phénylpropanoïdes

La synthèse des huiles essentielles par la voie des phénylpropanoïdes commence par un métabolite du fructose PEP (phosphoenolpyruvate). Elle aboutit à un très grand nombre de substances aromatiques via une série d'acides dont l'acide Shikimique (d'où son nom, voie shikimique) qui représente le principal mode d'accumulation des phénols dans les plantes.

Cette voie fait intervenir une série de réactions et représente le chemin biosynthétique des métabolites terminaux, importants en thérapeutique, sont les acides aromatiques suivants : acide salicyclique, les cinnamates, certains phénols (eugenol) ainsi que les coumarines. Quelques grandes familles chimiques de molécules non volatiles, comme les tannoïdes et les flavonoïdes, se trouvent incluses dans cette voie (**Faleiro et al., 2003**).

1.2.4. Propriétés des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont employées depuis les temps les plus reculés pour leurs effets thérapeutiques les plus diversifiés. La diversité moléculaire des composants qu'elles contiennent, leur confère des rôles et des propriétés biologiques très variés (**Valnet, 1984**).

1.2.4.1. Propriétés antioxydante

Chapitre III Les substances bioactives des plantes

Les huiles représentent un groupe très intéressant, doté de propriétés antioxydantes (Ismaili *et al.*, 2017), cette propriété est attribuée à certains alcools, éthers, cétones et aldéhydes monoterpéniques : le linalool, le 1,8-cinéole, le citronellal, et quelques monoterpènes : γ -terpinène et l' α -terpinolène (Edris, 2007).

1.2.4.2. Propriétés antifongiques

Les huiles essentielles de nombreuses plantes sont reconnues qu'elles possèdent une activité antifongique (Kalemba et Kunicka, 2003). Les huiles essentielles ou leurs composés actifs pourraient également être employés comme agents de protection contre les champignons phytopathogènes et les microorganismes envahissant la denrée alimentaire (Lis-Balchin, 2003). Le pouvoir antifongique est attribué à la présence de certaines fonctions chimiques dans la composition des huiles essentielles, En effet, les composés terpéniques des huiles essentielles et plus précisément leurs groupements fonctionnels tels que les phénols et les aldéhydes réagissent avec les enzymes membranaires et dégradent la membrane plasmique des levures (Knobloch *et al.*, 1989).

1.2.4.3. Propriétés antivirales

Les huiles essentielles présentent des actions antivirales, mais le degré d'efficacité varie selon la souche et la structure virale (Davidson *et al.*, 2005). Des chercheurs ont montré que certains composés spécifiques des huiles essentielles (l'acétate d'anéthole, carvone, limonène, linalol et linalyle) testés séparément possèdent une activité antivirale remarquable (Belaiche, 1979) contre certaines souches virales de la grippe, les souches de la fièvre glandulaire (Schnitzler *et al.*, 2001).

1.2.4.4. Propriétés antibactériennes

Les huiles essentielles ont un spectre d'action très large puisqu'elles inhibent bien la croissance des bactéries, Elles agissent en empêchant la multiplication des bactéries, leur sporulation et la synthèse de leurs toxines (Djeddi, 2012) cette propriété est attribuée à des molécules aromatiques les plus importantes sont les phénols, les terpènes ou terpénoïdes (Cowan, 1999).

1.2.5. Rôle des huiles essentielles chez les plantes

Les huiles essentielles jouent divers rôles fonctionnels dans la plante. Dans le domaine des interactions végétal-animal, les huiles essentielles ont un effet attractif favorisant la

Chapitre III Les substances bioactives des plantes

pollinisation et la dispersion des grains de pollen. Aussi, elles ont un effet répulsif pour la protection contre les herbivores. Toutefois, les terpènes peuvent avoir d'autres fonctions potentielles, comme dans la stabilisation et la protection des membranes de la plante contre les hautes températures (**Djeddi, 2012**). Elles protègent les cultures en inhibent la multiplication des bactéries et des champignons, elles empêchent la dessiccation de plante (perte d'eau) par évaporation excessive (**Sharkay et Sunsun, 2001**). D'autres auteurs affirment que les huiles essentielles jouent un rôle hormonal, régulateur et catalyseur dans le métabolisme végétal, assurer leur ultime défense et semblent aider la plante à s'adapter à son environnement. Par ailleurs leurs composés interviennent dans les réactions d'oxydo-réduction, comme donneurs d'hydrogène, par exemple l'isoprène réagit rapidement avec l'azote et les radicaux (**Sharkay et Sunsun, 2001**).

Chapitre IV

**Travaux antérieurs sur les
antioxydants et l'activité
antioxydant des espèces
étudiées**

1. Les antioxydants

La famille des *Lamiaceae* est très étudiée du point de vue biochimique, ce qui a permis d'isoler un grand nombre de substances connues pour leur activité antioxydante, telles que les huiles essentielles, les terpénoïdes, les composés phénoliques et les flavonoïdes (Naghibi *et al.*, 2005). L'objectif de cette partie est d'analyser plusieurs articles pour noter les substances antioxydantes (polyphénols et huiles essentielles) de *Mentha pulegium* et *Salvia officinalis*.

1.1. Les polyphénols

1.1.1. *Mentha pulegium*

Plusieurs études ont déterminé la teneur en polyphénols de l'espèce *M. pulegium* ;

Brahmi *et al.* (2014) ont étudié les extraits aqueux et éthanoliques de *M. pulegium* de deux régions différentes en Algérie : Tizi-Ouzou et Bejaia ; les teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes des extraits ont été déterminé en utilisant respectivement les méthodes Folin-Ciocalteu et chlorure d'aluminium ; les résultats obtenus montrent que la teneur en polyphénols totaux de l'extrait aqueux de l'espèce originaire de Tizi-Ouzou est plus élevée (55.78 ± 2.78 mg GAE/g DW). que celle de la région de Bejaia (11.08 ± 0.33 mg GAE/g DW); les teneurs en flavonoïdes sont également plus élevées dans les extraits éthanoliques et aqueux de Tizi Ouzou (2.17 ± 0.12 mg GAE/g DW et 2.04 ± 0.03 mg GAE/g DW respectivement).

Khennouf *et al.* (2013) ont étudié les extraits méthanolique, chloroforme, acétate d'éthyle et aqueux de *M. pulegium* ; l'extrait d'acétate d'éthyle de cette espèce a montré une quantité élevée de polyphénols totaux, tanins et flavonoïdes (191.99 ± 0.016 µg GAE/g ; 265.33 ± 0.030 µg TAE/gE et 110.37 ± 0.02 µg QE/Ge respectivement).

La teneur en polyphénol et en flavonoïdes de l'extrait méthanolique de *M. pulegium* originaire d'Arabie Saoudite a été également déterminée, les résultats obtenus ont montré que l'extrait présente une teneur très élevée en polyphénol et en flavonoïdes (157.99 ± 12.3 mg GAE/g DW et 16.96 ± 1.48 mg RTE/g DW respectivement) (Osman, 2013).

Gülçin *et al.* (2019) ont enregistré des teneurs en polyphénols des extraits méthanoliques et aqueux de cette plante originaire de Turquie, les valeurs sont de l'ordre de 53.81 et 59.62 mg / kg, respectivement ; les flavonoïdes dans l'extrait méthanoliques et aqueux de *M. pulegium* ont été enregistrés, les teneurs sont de l'ordre de 43.13 et de 48.21 mg / kg, respectivement.

1.1.2. *Salvia officinalis*

La teneur en polyphénols de *S. officinalis* a été donnée dans la bibliographie ;

Dif et al. (2015) ont noté que l'extrait méthanolique de *S. officinalis* d'origine Algérie est riche en polyphénols totaux, flavonoïdes et tannins avec des teneurs de (143.41; 19.37 et 8.5 mg équivalent / g d'extrait respectivement).

Mekhaldi et al. (2014) ont également enregistré la présence de polyphénols et flavonoïdes dans l'extrait méthanolique de *S. officinalis* d'origine Algérie avec des teneurs de (31.15±1.056 et 18.46±0.132mg GAE/100 g DW, respectivement).

Khiya et al. (2018) ont mis en évidence la présence de polyphénols et flavonoïdes dans l'extrait méthanolique de *S. officinalis* d'origine Maroc avec des concentrations de (51.044±0.044 mg GAE/g et 0.037±0.003 mg EQ/g, respectivement).

Ramdan et al. (2017) ont également enregistré la présence des polyphénols dans l'extrait éthanolique de *S. officinalis* d'origine Maroc avec une teneur de (163,37±0,73mg AG/g Ms)

Dans la recherche de Roby et al. (2013), les extraits de sauge ont été préparé avec des solvants de polarité variable (méthanol, éthanol, éther diéthylique et hexane) la teneur la plus importante en polyphénols totaux a été obtenu dans les extraits méthanolique et éthanolique (5.95±2.65 et 5.80±1.00 mg GAE/g DM, respectivement), tandis que la plus faible quantité a été trouvée dans l'extrait hexanique (4.25±1.00 mg GAE/g DM).

Dent et al. (2017) ont enregistré la présence de polyphénols totaux et flavonoïdes dans l'extrait aqueux des feuilles de *S. officinalis* originaire Dalmate avec des teneurs de l'ordre de 6384.00±21.21et de 1905±26.16mg RA/g dm, respectivement.

1.2. Les huiles essentielles

1.2.1. *Mentha pulegium*

Des recherches antérieures sur les huiles essentielles de genre mentha ont révélé l'existence d'un polymorphisme chimique important (**Lawrence, 1978**)

Boukhebt et al. (2011) ont montré que le principal composant de l'huile essentielle d'origine de nord-est de l'Algérie de *M.pulegium* est le pulegone (38.815%), les autres composants présents dans des teneurs appréciables : menthone (19.240%), pipériténone (16.528%), pipéritone (6.348%) et isomenthone (6.096%), limonène (4.293%), octaan3-ol (1.854%).

En Algérie Bouyahya et al. (2017) ont noté la présence de 21 composants de cette plante principalement représenté par des monoterpènes oxygénés (83.865%), dont la menthone (21.164) et la pulegone (40.98) sont les constituants majoritaires.

Aissaoui et al. (2018) ont identifiés 11 composants de l'huile essentiel originaire de Maroc, et les composés majoritaires sont la pulégone (67.63%) et l'eucarvone (13.8%).

Ait- Ouazzou et al. (2012) ont également déterminé la composition chimique des huiles essentielles de cette plante originaire de Maroc dont les plus abondants étaient, la pulégone (69.8%) suivie de pipériténone (3.1%) et isopulégone (1.8%).

Lorenzo et al. (2002) ont identifiés 21 composants de l'huile essentielle originaire d'Uruguay, le principal est la pulegone (73.4%) suivi de menthone (3.6%).

En Iran, Aghel et al. (2014) ont mise en évidence que pulegone, menthone, piperitenone étaient les constituants principales (37.8% ; 20.3 % et 6.8 % respectivement).

1.2.2. *Salvia officinalis*

Plusieurs études sur la composition chimique de l'huile essentielle de *S. officinalis* analysée par GC/MS, ont montré que les constituants majoritaires de l'huile et leur pourcentage sont variable en fonction de la région de récolte.

Miladinović et Miladinović. (2000) ont montré que les principaux constituants de l'huile de *S. officinalis* de Serbie sont l' α -thuyone (24.88%), le camphre (16.03%) et 1,8-cinéole (9.79%).

Abu-Darwish et al. (2013) ont noté que le 1,8-cinéole (39.5–50.3%) et le camphre (8.8-25%) sont les composés majoritaires d'huiles d'espèce originaire de Jordanie.

Fellah et al. (2006) ont confirmé que les principaux composés d'huiles de *S. officinalis* de Tunisie sont le camphre (2.10-40.14%), le 1,8-cinéole (8.58%-31.89%), l' α -thuyone (10.58%-26,49%).

Bouaziz et al. (2009) ont rapporté que les composants majoritaires de l'espèce originaire Tunisie sont : la β -thuyone (17.76%), le 1,8-cinéole (16.29%), camphre (14.19%), α -thuyone (7.41%), transcaryophyllène (5.45%), viridiflorol (4.63%), β -pinène (4.41%), α -humulène (4.37%) et camphène (4.07%).

Alizadeh et Shaabani. (2012) ont identifiés 42 composés de cette plante originaire d'Iran dont les principaux sont : l' α -thuyone (41.48%), le bornéol (8.33%), le 1,8 cinéole (7.94%), le β -thuyone (6.75%), le viridiflorol (5.85%), le camphène (3.46%), le α pinène (3.24%), le α -humulène (2.64%) et le β -pinène (2.25%) ; d'autres composants sont présents en quantités moins de 2%.

Delamare et al. (2007) ont rapporté que les principaux constituants de la plante originaire de Brésil sont : l' α -thuyone (24.8%), le 1,8-cinéole (14.8%), le camphre (10.9%), le β -pinène (9.87%), le δ -gurjunène (8.20%), le camphén (4.40%), le β -thuyone (3.97%), le α -pinène (3.07%) et le β -caryophyllène (2.89%).

En Algérie, Bordjiba et al. (2011) ont révélé la présence de dix-neuf composés terpéniques, dont le plus abondant est l' α -Thuyone (36.74 %), suivi du Cinéole (22.97 %), du Camphre avec une teneur moindre (11.34 %). La β - Thuyone vient en 4ème position avec uniquement un pourcentage de (8.81 %).

Dif et al. (2015) ont identifiés 29 composés, avec une prédominance du camphre (22.32%), 1-8 cinéole (10.55%) et α -thuyone (14.06%).

Selon la littérature, la variation de la teneur en composés phénoliques et en flavonoïdes des espèces des genres *Mentha* et *Salvia* dépend de certains paramètres notamment la température d'extraction, l'état minéral du sol, le climat, ainsi que la zone géographique (Algérie, Tunisie, Turquie, Dalmate...). Ces facteurs peuvent également contribuer à la variation de la production et à l'accumulation de phénols totaux dans la plante. De plus, on peut mentionner que les conditions opératoires et le différent solvant et méthodes d'extraction influent sur les teneurs (**Gülçin *et al.*, 2019 ; Tawaha *et al.*, 2013**)

La teneur en huiles essentielles des plantes étudiées est influencée par région d'origine (Algérie, Tunisie, Maroc...) et des conditions environnementaux (**Bouyahya *et al.*, 2017 ; Miladinović et Miladinović, 2000**)..

Le tableau 3 regroupe les teneurs des substances antioxydantes existant dans les plantes étudiées.

Tableau 3:Données bibliographiques sur les substances antioxydantes de *M. pulegium* et *S. officinalis*

Espèces	Substances antioxydantes		
	Polyphénols	Flavonoïdes	Huiles essentielles % (composés majoritaires)
<i>M. pulegium</i>	<p>-Extraits aqueux : (55.78±2.78 et 11.08±0.33 mg GAE/g DW (Brahmi et al., 2014))</p> <p>-Extrait d'acétate d'éthyle : 191.99±0.016 µg GAE/g(Khennouf et al., 2013)</p> <p>-Extrait méthanolique : 157.99 ± 12.3 mg GAE/g DW (Osman, 2013).</p> <p>-Extraits méthanoliques : 53.81 mg / kg ; aqueux : 59.62 mg / kg (Gülçin et al., 2019)</p>	<p>- Extraitséthanoliques : 2.17±0.12 mg GAE/g DW(Brahmi et al., 2014)</p> <p>-Extrait d'acétate d'éthyle : 191.99±0.016 µg GAE/g (Khennouf et al., 2013)</p> <p>-Extrait méthanolique : 16.96±1.48 mg RTE/g DW(Osman, 2013)</p> <p>-Extraits méthanoliques : 42.13 mg / kg ; aqueux 48.21 mg / kg (Gülçin et al., 2019)</p>	<p>-pulegone (38.815), menthone (19.240), pipériténone (16.528), pipéritone (6.348) (Boukhebti et al., 2011)</p> <p>-pulegone (40.98), menthone (21.164) (Bouyahya et al., 2017)</p> <p>-pulégone (67.63) et l'eucarvone (13.8) (Aissaoui et al., 2018)</p> <p>-pulégone (69.8), pipériténone (3.1) et isopulégone (1.8) (Ait- Ouazzou et al., 2012)</p> <p>-pulegone (73.4), Menthone (3.6) (Lorenzo et al., 2002)</p> <p>-pulegone (37.8), menthone (20.3), piperitenone (6.8) (Aghel et al., 2014)</p>

<i>S. officinalis</i>	<p>-Extrait méthanolique : 143.41 mg/g (Difet et al., 2015)</p> <p>-Extrait méthanolique : 31.15±1.056 mg GAE/100 g DW (Mekhaldi et al., 2014)</p> <p>-Extraits méthanolique : 51.044±0.044 mg GAE/g (Khiya et al., 2018)</p> <p>-Extraits méthanoliques : 5.95±2.65mg GAE/g DM, éthanolique : 5.80±1.00 mg GAE/g DM, hexanique : 4.254.25±1.00 mg GAE/g DM (Roby et al., 2013)</p> <p>-Extrait aqueux : 6384.00±21.21 mg RA/g dm (Dent et al., 2017)</p>	<p>-Extrait méthanolique : 19.37 mg/g (Difet et al., 2015)</p> <p>-Extrait méthanolique : 18.46±0.132 mg GAE/100 g DW (Mekhaldi et al., 2014)</p> <p>-Extrait méthanolique : 0.037±0.003 mg EQ/g (Khiya et al., 2018)</p> <p>-Extrait aqueux : 1905±26.16 mg RA/g dm (Dent et al., 2017)</p> <p>-Extraits éthanoliques : 163,37±0,73mg AG/g Ms (Ramdan et al., 2017)</p>	<p>α-thuyone (24.88), le camphre (16.03) et 1,8-cinéole (9.79) (Miladinović et Miladinović, 2000)</p> <p>-1,8-cinéole (39.5-50.3), le camphre (8.8–25.0) (Abu-Darwish et al., 2013)</p> <p>-camphre (2.10-40.14), le 1,8-cinéole (8.58-31.89), l'a-thuyone (10.58-26.49) (Fellah et al., 2006)</p> <p>-β-thuyone (17.76), 1,8-cinéole (16.29) et camphre (14.19), (Bouaziz et al., 2009)</p> <p>α-thuyone (41.48), bornéol (8.33), 1,8 cinéole (7.94) (Alizadeh et Shaabani, 2012)</p> <p>-α-thuyone (24.8), le 1,8-cinéole (14.8), le camphre (10.9) (Delamare et al., 2007)</p> <p>-α-Thuyone (36.74), Cinéole (22.97), et Camphre (11.34). (Bordjiba et al., 2011)</p> <p>camphre (22.32), 1-8 cinéole (10.55) et α-thuyone (14.06) (Difet et al., 2015)</p>
-----------------------	--	---	---

2. L'activité antioxydante

La complexité des processus d'oxydation et la nature diversifiée des antioxydants exigent l'évaluation de l'activité antioxydante. Plusieurs méthodes sont utilisées pour la détermination du pouvoir antioxydant des extraits de plantes par piégeage des radicaux différents, comme les ions ferriques par la méthode FRAP et ainsi que la méthode utilisant le radical libre DPPH• (Sharma et Bhat, 2009). Dans ce contexte, le présent travail est focalisé sur l'activité antioxydante des deux espèces *M. pulegium* et *S. officinalis*.

2. 1. Activité antioxydante de *Mentha pulegium*

2. 1. 1. Activité antiradicalaire (DPPH)

Selon la littérature, les extraits du genre *Mentha* exercent une activité antiradicalaire vis-à-vis le radical DPPH (tableau 5). En effet, Benabdallah et al. (2016) ont montré que les extraits méthanoliques de six *Mentha* (*M. aquatica*, *M. arvensis*, *M. piperita*, *M. pulegium*, *M. rotundifolia*, *M. villosa*) originaire d'Algérie présentent une activité antiradicalaire puissante, les valeurs IC_{50} varient selon l'espèce de 7.5 à 44.66 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (plus que la valeur est faible plus que l'activité est meilleure), les résultats indiquent que l'extrait de *M. aquatica* est le plus efficace avec $IC_{50} = 7.50 \mu\text{g} / \text{mL}$ suivi des extraits de *M. arvensis* et *M. piperita*, tandis que les extraits de *M. pulegium*, *M. rotundifolia* et *M. villosa* sont les moins efficaces.

La région de récolte et le solvant d'extraction affectent considérablement l'activité antiradicalaire des extraits de *M. pulegium*. Ainsi, Ghazghazi et al. (2013) ont montré que l'extrait méthanolique de *M. pulegium* de Tunisie exerce une activité antiradicalaire moins importante ($IC_{50} = 56 \mu\text{g} / \text{mL}$) que celle obtenue par Gülçin et al. (2019) pour l'extrait méthanolique ($IC_{50} = 18.52 \mu\text{g} / \text{mL}$) originaire de la Turquie. De plus, le résultat obtenu par Mata et al. (2007) sur l'activité antiradicalaire de l'extrait éthanolique de l'espèce originaire de Portugal ($IC_{50} = 24.9 \mu\text{g}/\text{mL}$) est moins important que le résultat de Nichavar et al. (2008) pour l'extrait d'espèce originaire Iran ($IC_{50} = 17.9 \mu\text{g}/\text{mL}$). Au Maroc, Ramdan et al. (2017) ont montré que les différents extraits (aqueux chaud, aqueux froid et éthanolique) de *M. pulegium* présentent une variable activité antioxydante avec des IC_{50} allant de 0.27 mg/mL, 0.094 mg/mL et 0.245 mg/mL, respectivement.

La capacité antiradicalaire des huiles essentielles de *M. pulegium* a été déterminée dans la littérature et les résultats varient d'une région à l'autre. En effet, l'activité

antiradicalaire de l'espèce originaire de Maroc ($IC_{50} = 58.27 \mu\text{g} / \text{mL}$) obtenue par Cherrat et al. (2013) est considérablement plus élevée que celle de l'espèce d'origine également de Maroc ($IC_{50} = 321.41 \mu\text{g}/\text{mL}$) obtenue par Bouyahya et al. (2017) et de l'espèce de la Turquie ($IC_{50} = 0.43 \text{ mg}/\text{mL}$) obtenue par Sarikurkcu et al. (2012). Cependant, l'activité des huiles essentielles de *M. pulegium* est considérablement plus faible que celle des extraits. Ainsi, Kamkar et al. (2010) en Iran ont enregistré une valeur $IC_{50} = 14736 \mu\text{g} / \text{mL}$ pour l'huile essentielle et pour les extraits aqueux et méthanolique des valeurs de $5.5 \mu\text{g} / \text{mL}$ et $6.1 \mu\text{g} / \text{mL}$, respectivement.

2.1.2. Pouvoir réducteur

Selon la littérature, les espèces du genre *Mentha* (*M. pulegium* ; *M. rotundifolia* ; *M. longifolia* et *M. spicata*) ont la capacité à réduire le Fe(III) en Fe(II) (tableau 5) (Ben Haj Yahia et al., 2018).

Plusieurs auteurs ont évalué le pouvoir réducteur des extraits de *M. pulegium* ; Brahmi et al. (2014) ont montré que les extraits éthanolique et aqueux exercent un pouvoir réducteur évalué par le test FRAP ($1.86 \mu\text{M}/\text{g}$, $2.03 \mu\text{M}/\text{g}$, respectivement). De même, Gülçin et al. (2019) ont enregistré le pouvoir réducteur des extraits aqueux et méthanolique ($1.433 \mu\text{g} / \text{mL}$ et $1.362 \mu\text{g}/\text{mL}$, respectivement). Aussi, Ramdan et al. (2017) ont montré que différents extraits (aqueux chaud, aqueux froid et éthanolique) exercent une capacité réductrice des ions Fe^{3+} en ions Fe^{2+} avec des valeurs IC_{50} de l'ordre $0.46 \text{ mg} / \text{mL}$; $0.36 \text{ mg} / \text{mL}$ et $0.35 \text{ mg} / \text{mL}$, respectivement.

L'activité antioxydante des huiles essentielles de mentha est peu déterminée. Ainsi, Osman (2013) a noté un pouvoir réducteur des huiles de *M. pulegium* avec une valeur qui variait de 3.125 à $200 \mu\text{g} / \text{mL}$.

2.2. Activité antioxydante de *Salvia officinalis*

2.2.1. Activité antiradicalaire (DPPH)

Selon la littérature, les extraits méthanoliques de huit espèces de *Salvia* (*S. aethiopsis*, *S. candidissima*, *S. limbata*, *S. microstegia*, *S. nemorosa*, *S. pachystachys*, *S. verticillata*, *S.* et *virgata*), ont présentés différents niveaux d'activité antiradicalaire (Tosun et al., 2009) (tableau 5). De plus Ben Farhat et al. (2013) ont montré que les extraits méthanoliques de

quatre espèces de *Salvia* (*S. verbenaca*, *S. aegyptiaca*, *S. argentea*, *S. officinalis*) originaire de Tunisie présentent une capacité anti radicalaire vis-à-vis le radical DPPH, les résultats obtenus ont montré que l'extrait méthanolique de *S. officinalis* exercent une capacité antiradicalaire avec une valeur $IC_{50} = 10.08 \mu\text{g/mL}$. De plus, Miliuskas et al. (2004) ont montré que les extraits méthanolique, acétate d'éthyle et acétonique de *S. officinalis* d'origine Lituanie exercent une activité antiradicalaire avec des valeurs $IC_{50} = 92.3 \mu\text{g / mL}$; $91.7 \mu\text{g / mL}$ et $92.6 \mu\text{g / mL}$, respectivement. Et- Touys et al. (2016) ont noté que l'extrait méthanolique de *S. officinalis* de Maroc a une capacité antiradicalaire ($IC_{50} = 65.655 \mu\text{g / mL}$). Alors que, Petrova et al. (2015) ont noté une valeur $IC_{50} = 22.18 \mu\text{g / mL}$ pour l'extrait méthanolique. Jedidi et al. (2019) ont donné une valeur $IC_{50} = 49.30 \mu\text{g / mL}$ pour l'extrait aqueux.

Les huiles essentielles des espèces du genre *Salvia* présentent un pouvoir antiradicalaire. Ainsi, Ghadermazi et al. (2017) ont montré que l'huile essentielle de *S. officinalis* originaire Iran possède un pouvoir antiradicalaire ($IC_{50} = 9.40 \mu\text{g / mL}$) plus important que celui obtenu par Mekhaldi et al. (2014) ($IC_{50} = 62.65 \mu\text{g / mL}$) en Algérie, et par Ben khedher et al. (2017) ($IC_{50} = 6.7 \text{ mg / mL}$) de Tunisie. Khiya et al. (2018) ont enregistré une faible activité antiradicalaire ($IC_{50} = 309.42 \text{ mg / mL}$) en Maroc.

2.2.2. Pouvoir réducteur

Plusieurs auteurs ont montré que les extraits du genre *Salvia* présentent une capacité réductrice de Fe(III) en Fe(II). Selon Asadi et al. (2010) et Generalic et al. (2011) les extraits méthanoliques de sept espèces (*S. hydrangea*, *S. lachnocaly*, *S. Macilenta*, *S. multicali*, *S. sclarea*, *S.xanthocheila* et *S. officinalis*) exercent un pouvoir réducteur, évalué par la méthode FRAP.

Le pouvoir réducteur des extraits de l'espèce *S. officinalis* est largement étudié (tableau5). En effet, Ben Farhat et al. (2009) ont montré que l'extrait méthanolique exerce un pouvoir réducteur, qui varie de 173.42 à 180.56 mM /mg. De plus, Ben Farhat et al. (2013) ont également enregistré d'autres valeurs qui varient de 178.65 à 197.33 mM /mg. De même, Lamien-Meda et al. (2010) et Wojdyło et al. (2007) ont constaté que l'extrait acétonique et en particulier l'acide rosmarinique de *S. officinalis* possède une capacité à réduire le Fe(III) en Fe(II) avec une valeur de 76 à 223mg /g, $167 \mu\text{M /g}$ respectivement. De même, Ramdan et al. (2017) ont montré que les différents extraits (aqueux chaud, aqueux froid et éthanolique) sont

capables de réduire le fer et leurs résultats sont exprimés en IC₅₀ (0.559 mg / mL ; 0.8668 mg / mL et 0.262 mg / mL, respectivement).

Le pouvoir réducteur des huiles essentielles de *S. officinalis* est faiblement étudié. Ben khedher et al. (2017) ont enregistré que les huiles essentielles ont montré une capacité réductrice avec une valeur IC₅₀ = 28.4 mg / mL.

Selon la littérature les variations de pouvoir antioxydant de plantes étudiées (*M. pulegium* et *S. officinalis*) sont affectées par des facteurs environnementaux, et elles peuvent être due aux différences des zones géographiques (Algerie, Turc, Arabie Saoudite, Maroc, Iran, Tunisie...) (**Adrar et al., 2015**). Ainsi, elles peuvent être dépend de la méthode et des solvants appropriés (méthanoliques, éthanoliques, acétoniques, aqueux) (**Mahmoudi et al., 2012**).

L'évaluation de l'activité antioxydante par les tests antioxydants est montré dans le tableau 4.

Tableau 4 : Données bibliographiques sur l'activité antioxydante (tests DPPH et FRAP) de *M. pulegium* et *S. officinalis*

Espèces	Activité antioxydante	
	DPPH (IC ₅₀)	FRAP (IC ₅₀)
<i>M. pulegium</i>	<p>- Extraits méthanoliques: 56 µg/mL, 18.52 µg/ mL, et 6.1 µg / mL (Ghazghazi et al., 2013, Gülçin et al., 2019, et Kamkar et al., 2010, respectivement)</p> <p>- Extraits éthanoliques: 24.9 µg/mL, 17.9 µg/mL, 0,245 mg/mL (Mata et al., 2007, Nichavar et al., 2008 et Ramdan et al., 2017,respectivement)</p> <p>- Entrait aqueux : 5.5 µg / mL (Kamkar et al., 2010)</p> <p>-Extraits aqueux chaud et froid : 0.27 mg/mL, 0.094 mg/mL (Ramdan et al., 2017)</p> <p>-Huiles essentielles : 14736 µg / mL, 58.27 µg/mL et 0.43 mg/mL (Kamkar et al., 2010, Cherrat et al., 2013 et Sarikurkcü et al., 2012,respectivement)</p>	<p>-Extrait méthanolique : 1.362 µg / mL (Gülçin et al., 2019)</p> <p>-Extraits éthanolique : 1.86 µM/g, 0.35 mg/mL (Brahmi et al., 2014, Ramdan et al., 2017, respectivement)</p> <p>-Extrait aqueux : 2.03 µM/g, 1.433 µg / mL (Brahmi et al., 2014, Gülçin et al., 2019, respectivement)</p> <p>-Extrait aqueux chaud et froid : 0.46 mg/mL, 0.36 mg/mL (Ramdan et al., 2017)</p> <p>-Huiles essentielles : 3.125 à 200 µg / mL (Osman, 2013)</p>

<i>S. officinalis</i>	<p>-Extraits méthanoliques: 10.08 µg / mL, 92.3 µg / mL, 65.655 µg / mL et 22.18 µg / mL (Ben Farhat et al., 2013, Miliauskas et al., 2004, Et- Touys et al., 2016 et Petrova et al., 2015, respectivement)</p> <p>-Extrait d'acétate d'éthyle : 91.7 µg / mL (Miliauskas et al., 2004)</p> <p>-Extrait acétonique : 92.6 µg / mL (Miliauskas et al., 2004)</p> <p>-Extrait aqueux : 49.30 µg / mL (Jedidi et al., 2019)</p> <p>-Huiles essentielles : 9.40 µg / mL, 62.65 µg / mL, 6.7 mg/mL et 309.42 mg/mL (Ghadermazi et al., 2017, Mekhaldi et al., 2014, Ben khedher et al., 2017 et Khiya et al., 2018, respectivement)</p>	<p>-Extraits méthanoliques : 173.42 à 180.56 mM/ mg, 178.65 à 197.33 mM /mg (Ben Farhat et al., 2009, Ben Farhat et al., 2013, respectivement)</p> <p>-Extraits acétonique : 76 à 223 mg/g, 167 µM/g (Lamien-Meda et al., 2010 et Wojdyło et al., 2007, respectivement)</p> <p>-Extraits éthanolique : 0.2625 mg/mL (Ramdan et al., 2017)</p> <p>-Extraits aqueux chaud et froid : 0.559 mg/mL, 0.8668 mg/mL (Ramdan et al., 2017)</p> <p>-Huiles essentielles : 28.4 mg/mL (Ben khedher et al., 2017)</p>
-----------------------	---	---

2.3. Corrélations : les polyphénols, les huiles essentielles et l'activité antioxydante

Il est important de souligner qu'il existe une corrélation positive entre l'activité antioxydante et la teneur en polyphénols des extraits de plantes. Rice-Evans et al. (1996) ont montré que les composés phénoliques et flavonoïdes sont responsables de l'activité antioxydante des plantes. Les espèces de la famille des Lamiaceae, particulièrement *M. pulegium* et *S. officinalis*, sont riches en composés phénoliques (Erhan et al., 2012 ; Tosun et al., 2009)

Plusieurs auteurs ont montré une corrélation significative ($r^2 = 1.00$; $p < 0.05$) entre la teneur en polyphénols totaux, en flavonoïdes et en tanins des extraits de *M. pulegium* et l'activité antioxydante évaluée par le test DPPH et le pouvoir réducteur parmi lesquels Brahmi et al. (2015). De plus, une corrélation significative ($r = 0.83$; $p < 0.001$) est enregistrée entre la teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes des extraits de *S. officinalis* et l'activité antioxydante mesurée par les tests DPPH et FRAP (Lamien-meda et al., 2010) Les huiles essentielles des Lamiacées sont également des composés actifs responsables de l'activité antioxydante (Karoui et al., 2016). En effet, les huiles essentielles de *M. pulegium* présentent une corrélation significative ($p < 0.001$) avec l'activité antiradicalaire (Cherrat et al., 2013) et le pouvoir réducteur (Bouyahya et al., 2017). Aussi, Ghadermazi et al. (2017) ont montré qu'il existe une corrélation significative entre les huiles essentielles de *S. officinalis* et l'activité antioxydante évaluée par les tests DPPH ($r^2 = 0.995$) et FRAP ($r^2 = 0.991$).

Il faut tenir compte du fait que les capacités antioxydantes peuvent être attribuées à la structure chimique des composés, ainsi qu'à l'effet synergique ou antagoniste des composés présents dans l'extrait.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les *Lamiaceae* constituent l'une des plus grandes familles du règne végétal avec plus de 4000 espèces différentes réparties sur toute la surface du globe, mais particulièrement retrouvées sur le pourtour méditerranéen, elles regroupent la plupart des plantes aromatiques et médicinales qui sont utilisées depuis des centaines d'années.

Dans le présent travail, une synthèse bibliographique a été réalisée sur les deux lamiacées : *M. pulegium* et *S. officinalis*, en déterminant leurs teneurs en antioxydants (polyphénols et huiles essentielles) et l'activité antioxydante de leurs extraits et huiles essentielles.

L'ensemble des résultats de la synthèse bibliographique sur la composition en antioxydants des extraits et huiles essentielles des deux espèces ont permis de trouver des teneurs en antioxydants importantes tels que les extraits méthanolique et aqueux qui montrent des concentrations en polyphénols et flavonoïdes pour *M. pulegium* de l'ordre $157.99 \pm 12.3 \mu\text{g} / \text{mL}$, $16.96 \pm 1.48 \mu\text{g} / \text{mL}$; $59.62 \text{ mg} / \text{kg}$, $48.21 \text{ mg} / \text{kg}$, respectivement, et pour *S. officinalis* de l'ordre 143.41 mg/g , 19.37 mg/g ; $6384 \pm 21.21 \text{ mg/g}$, $1905 \pm 26.16 \text{ mg/g}$, respectivement. L'huile essentielle de *M. pulegium* montre une forte abondance en pulégone allant de 37 jusqu'à 73%, menthone de 19.24 à 21.16 % et piperitenone de 3.1 à 16,52 %. Les composés majeurs de l'huile essentielle de *S. officinalis* sont : 1,8-cinéole qui varie de 7.94 à 50.3 %, α -thuyone de 24.88 à 41.48 % et camphre de 10.9 à 40.14%.

Les espèces étudiées contiennent de composés phénoliques et des huiles essentielles auxquelles on attribue un pouvoir antiradicalaire évalué par le test DPPH et un pouvoir réducteur évalué par le test FRAP. Les extraits (méthanolique, aqueux) et les huiles essentielles de *M. pulegium* montrent une activité antiradicalaire importante avec des valeurs IC_{50} : $6.1 \mu\text{g} / \text{mL}$, $5.5 \mu\text{g} / \text{mL}$ et 0.43 mg/mL , respectivement, et pour les extraits (méthanolique, aqueux) et les huiles essentielles de *S. officinalis* des valeurs IC_{50} : $10.08 \mu\text{g} / \text{mL}$, $49.30 \mu\text{g} / \text{mL}$ et 6.7 mg/mL , respectivement. L'activité antioxydant évalué par le test FRAP est également remarquable pour les extraits (méthanolique, aqueux) et les huiles essentielles de *M. pulegium* avec des valeurs IC_{50} : $1.362 \mu\text{g} / \text{mL}$, 0.46 mg/mL et $3.125 \mu\text{g} / \text{mL}$, respectivement, et pour les extraits (méthanolique, aqueux) et les huiles essentielles de *S. officinalis* avec IC_{50} de l'ordre $180.56 \text{ mM} / \text{mg}$, 0.559 mg/mL et 28.4 mg/mL , respectivement.

Sur la lumière des résultats obtenus, nous pouvons constater que les extrais étudiés sont doués des activités antioxydantes intéressantes, ces propriétés sont directement liées à la

Conclusion générale

composition chimique en antioxydants des extraits et peuvent leur donner la capacité d'être utilisées comme additifs alimentaires jouant le rôle d'agents antioxydants pour la prévention des maladies telles que le cancer, et les maladies cardiovasculaires.

Dans le but de compléter ce travail, il serait intéressant :

- De réaliser une extraction de composés phénoliques et des huiles essentielles de *M. pulegium* et *S. officinalis*
- De déterminer les teneurs en polyphénols et flavonoïdes des extraits.
- D'évaluer l'activité antioxydante des extraits et des huiles essentielles des deux espèces étudiées.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Abu-Darwish M.S., Cabral C., Ferreira I.V., Gonçalves M.J., Cavaleiro C., Cruz M.T., Al-bdour T.H., Salgueiro L. (2013). Essential Oil of Common Sage (*Salvia officinalis* L.) from Jordan: Assessment of Safety in Mammalian Cells and Its Antifungal and Anti-Inflammatory Potential. *BioMed Research International* 2013, Article ID 538940, 9.

Adjoudi A. (2019). Auto Ecologie et Biologie de la Conservation de *Phlomis crinita* (Lamiaceae) des Monts de Tessala, Algérie Occidentale. Thèse doctorat. Univ. Sidi Bel Abbes, 98 p.

Adrar N., Oukil N., Bedjou F. (2015). Antioxidant and antibacterial activities of *Thymus numidicus* and *Salvia officinalis* essential oils alone or in combination. *Industrial Crops and Products* 88: 112-119.

Aghel N., Yamini Y., Hadjiakhoondi A., Pourmortazavi S.M. (2004). Supercritical carbon dioxide extraction of *Mentha pulegium* L. essential oil. *Talanta* 62 : 407–411.

Aissaoui A.B., El Amrani A., Zantar A., Toukour L. (2018). Activité Acaricide Des Huiles Essentielles Du *Mentha Pulegium*, *Origanum Compactum* Et *Thymus Capitatus* Sur L'acarien Phytophage *Tetranychus Urticae* Koch (Acari : Tetranychidae). *European Scientific Journal* January 14(3) : ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.

Ait-Ouazzou A., Lorán S., Arakrak A., Laglaoui A., Rota C., Herrera A., Pagán R., Conchello P. (2012). Evaluation of the chemical composition and antimicrobial activity of *Mentha pulegium*, *Juniperus phoenicea*, and *Cyperus longus* essential oils from Morocco. *Food Research International* 45: 313–319.

Alizadeh A., Shaabani M. (2012). Essential Oil Composition, Phenolic Content, Antioxidant and Antimicrobial Activity in *Salvia officinalis* L. Cultivated in Iran. *Advances in Environmental Biology* 6(1): 221-226.

Amarti F., Satrani B., Ghanmi M., Aafi A., Farah A., Aarab L., Chaouch A. (2011). Activité antioxydante et composition chimique des huiles essentielles de quatre espèces de thym du Maroc. *Acta Botanica Gallica* 158(4): 513-523.

Ames B. N., Shigenaga K., Hagen T.M. (1993). Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 90(17): 7915-7922.

Références bibliographiques

Asadi S., Ahmadiani A., Esmaeili M.A., Sonboli A., Ansari N., Khodaghali F. (2010). In vitro antioxidant activities and an investigation of neuroprotection by six *Salvia* species from Iran: A comparative study. *Food and Chemical Toxicology* 48(5):1341–1349.

Baba Aïssa F. (1999). Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb. Substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident", Librairie Moderne Rouiba, EDAS, Alger.368p.

Baba Aïssa F. (2000). Encyclopédie des plantes utiles. « Flore d'Algérie et du Maghreb ». Ed: Librairie moderne Rouiba. 252– 253.

Bekhechi C. (2008). Analyse des huiles essentielles de quelques espèces aromatiques de la région de Tlemcen par CPG, CPG-SM et RMN 13 C et étude de leur pouvoir antibactérien. Thèse Doctorat. Univ. Tlemcen, 205 p.

Bekhechi C., Abdelouahid D. (2010). Les huiles essentielles. Office des publications universitaires, 56.

Belaïche P. (1979). Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. Tome 1 : l'aromatogramme .éd. Maloine. Paris.

Beloued A.(2001). Plantes médicinales d'Algérie. Ed: Office des Publications Universitaires, 32- 34.

Ben Farhat M., Jordan M.J., Chaouech-Hamada R., Landoulsi A., Sotomayor J.A. (2009). Variations in Essential Oil, Phenolic Compounds, and Antioxidant Activity of Tunisian Cultivated *Salvia officinalis* L. *J. Agric. Food Chem* 57(21):10349–10356.

Ben Farhat M., Landoulsi A., Chaouch-Hamada R., Sotomayor J.A., Jordán M.J. (2013). Characterization and quantification of phenolic compound and antioxidant properties of *Salvia* species growing in different habitats. *Industrial Crops and Products* 49: 904– 914.

Ben Haj Yahia I., Bouslimi W., Messaoud C., Jaouadi R., Boussaid M., Zaouali Y. (2018). Comparative evaluation of Tunisian *Mentha* L. species essential oils: selection of potential antioxidant and antimicrobial agents. *Journal of Essential Oil Research* 31(3).

Références bibliographiques

Ben Khedher M.R., Ben Khedher S., Chaieb I., Tounsi S., Hammami M. (2017). Chemical composition and biological activities of the essential oil of *Salvia officinalis* from Tunisia. *Excli journal* 16: 160–173.

Benabdallah A., Rahmoune C., Boumendjel M., Aissi O., Messaoud C., (2016). Total phenolic content and antioxidant activity of six wild *Mentha* species (Lamiaceae) from northeast of Algeria. *Asian Pac J Trop Biomed* 6(9): 760–766.

Benabdallah A., Rahmoune C., Boumendjel M., Naghibi F., Mosaddegh M., Motamed M., Ghorbani A. (2005). Labiatae Family in folk Medicine in Iran: from Ethnobotany to Pharmacology. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research* 2: 63-79.

Benabdallah A., Rahmoune C., Boumendjel M., Oumayma A., Chokri M. (2016). Total phenolic content and antioxidant activity of six wild *Mentha* species (Lamiaceae) from northeast of Algeria. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 6(9): 760–766.

Bohlmann J., Keeling C. (2008). Terpenoid biomaterials. *The Plant Journal* 54(4): 656-669.

Boizot N., Charpentier P.(2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Méthodes et outils pour l'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques, Numéro spécial.

Bordjiba O., Benkherara S., Djahra A.B. (2011). Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de la Sauge officinale : *Salvia officinalis* L. sur quelques entérobactéries pathogènes. *Revue Synthèse* 23 :2352-9717.

Bouaziz M., Yangui T. H., Sayadi S., Dhouib A. (2009). Disinfectant properties of essential oils from *Salvia officinalis* L. cultivated in Tunisia. *Food and Chem. Toxicol* 47(11) : 2755-2760.

Bougrow S. (2009). Reconnaître les champignons les plante et baies sauvages. E/P/A, 410.

Boukenna M., Bouzidi M. (2007). Extraction et analyse de l'huile essentielle de *Mentha viridis* (menthe verte) et de la mentha pulegium (menthe pouliot). Thèse d'Ingénieur en Agronomie UMMTO.

Références bibliographiques

Boukhebti H., Chaker A.N., Belhadj H., Sahli F., Ramdhani M., Laouer H., Harzallah D. (2011). Chemical composition and antibacterial activity of *Mentha pulegium L.* and *Mentha spicata L.* essential oils. *Scholars Research Library* 3 (4): 267-275.

Boukhebti H., Chaker A.N., Belhadj H., Sahli F., Ramdhani M., Laouer H., Harzallah, D. (2011). Chemical composition and antibacterial activity of *Mentha pulegium L.* and *Mentha spicata L.* essential oils. *Scholars Research Library. Der Pharmacia Lettre* 3(4): 267-275.

Bouyahya A., Et-Touys A., Bakri Y., Talbaoui A., Fellah H., Abrini J., Dakka N.(2017). Chemical composition of *Mentha pulegium* and *Rosmarinus officinalis* essential oils and their antileishmanial, antibacterial and antioxidant activities. *Microbial Pathogenesis* 111: 41-49.

Brahmi F., Boukbatche-Makhlouf L., Yalaoui-Guellal D., Chibane D., Madani K. (2014). Comparative study on the antioxidant effect of aqueous and ethanolic extracts of *Mentha pulegium L.* grown at two different locations *PhytoChem & BioSub Journal* 8(3), ISSN 2170-1768

Brahmi F., Hauchard D., Guendouze N., MadaniK., Kiendrebeogo M., Kamagaju L., Stévigny C., ChibaneM., Duez P. (2015). Phenolic composition, in vitro antioxidant effects and tyrosinase inhibitory activity of three Algerian *Mentha* species: *M. spicata (L.)*, *M. pulegium (L.)* and *M. rotundifolia (L.)* Huds (Lamiaceae). *Cultures et produits industriels* 74 : 722-730.

Bruneton J. (1993). Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes médicinales. 2ème édition, Lavoisier Techniques & Documentation, Paris.

Bruneton J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 4ème édition, Lavoisier, Paris. 915.

Bruneton J. (1999). Pharmacognosie, Phytochimie. Plantes médicinales Edition technique et documentation, 3e édition Lavoisier, Paris, 1120.

Chalchat J.C., Gorunovic M.S., Maksimovic Z.A., Petrovic S.D. (2000). Essential oil of wild growing *Mentha pulegium L.* from Yugoslavia. *J. Essent. Oil Res* 12 (5): 598–600.

Références bibliographiques

Cherrat L., Espina L., Bakkali M., Pagán R., Laglaoui A. (2013). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of *Mentha pulegium*. Lavandula stoechas and Satureja calamintha Scheele essential oils and an evaluation of their bactericidal effect in combined processes. Innovative Food Science & Emerging Technologies 22 : 221-229.

Chira K., Suh J.H., Saucier C., Teissèdre, P.L. (2008). Les polyphénols du raisin. Phytothérapie (6): 75–82.

Cook N.C., Samman S. (1996). Flavonoids: chemistry, metabolism, cardioprotective effects and dietary sources. J.Nutr Biochem 7(2): 66-76.

Cowan M.M. (1999). Plant Products as Antimicrobial Agents. Clin. Microbiol R 12 (4): 564-582.

Cushnie T.P.T., Lamb A.J. (2005). Antimicrobial activity of flavonoids. International Journal of Antimicrobial Agents 26 (5): 343-356.

Davidson P.M., Sofos J.N., Branen A.L. (2005). Antimicrobials in Food. Third Edition. BocaRaton: CRC Press, 429.

Delamare A.P.L., Moschen-Pistorello I.T., Artico L., Atti-Serafini L., Echeverrigaray S. (2007). Antibacterial activity of the essential oils of *Salvia officinalis* L. and *Salvia triloba* L. cultivated in South Brazil. Food Chem 100 (2) : 603–608.

Delattre J., Durand G., Jardillier J.C. (2003). Biochimie pathologique aspects moléculaires et cellulaires. 2ème édition. Ed. Médecine-science Flammarion, Paris.

Dellille L. (2007). Les plantes médicinales d'algérie. Berti editions, Alger, 240.

Dent M., Kovačević D.B., Bosiljkov T., Dragović-Uzelac V. (2017). Polyphenolic Composition and Antioxidant Capacity of Indigenous Wild Dalmatian Sage (*Salvia officinalis* L.). Croat. Chem. Acta 90(3): 451–459.

Descamps E., Gelé P., Bordet R., Vamecq J. (2006). Modulation pharmacologique du stress oxydatif. La Lettre du Pharmacologue 20(4): 107-118.

Références bibliographiques

Dieng S.I.M., Fall A.D., Diatta-badji K., Sarr A., Sene M., Mbaye A., Diatta W., Bassene E.(2017).Evaluation de l'activité antioxydante des extraits hydro-ethanologiques des feuilles et écorces de *Piliostigma thonningii* Schumach. Int. J. Biol. Chem. Sci 11(2):768-776.

Dif S., Stella M., Abdul H., Saidi F., Khali M. (2015). Activité antimicrobienne des huiles essentielles et l'extrait méthanolique de *Salvia officinalis* L. Afrique Science 11(4).ISSN 1813-548.

Dixon R.A., Dey P.M., Lamb C.J.(1983). Phytoalexins: Enzymology and molecular biology. Adv. Enzymol. Relat. Areas Mol. Biol 55 : 1-136.

Djeddi S. (2012). Les huiles essentielles « des mystérieux métabolites secondaires ».Presses Académiques Francophones, 64.

Djerroumi A., Nacef M. (2004).100 plantes médicinales d'Algérie. Edition Palais du livre, 135-131.

Duke J. A.,Bogenschutz-godwin du cellier M.J., Duke P.A. K. (2002). Medicinal Herbs. Edition CRC Press LLC, 201.

Dupond F., Guignard J.L. (2012).Botanique: Les familles de plantes. Elsevier Masson (ed.). Paris. P300.

Edris A.E. (2007). Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: A review-Phytother. Res 21 (4): 308-323.

Ehivet F.E., Min B., Park M.K., Oh J.H. (2011). Characterization and antimicrobial activity of sweet potato starch-based edible film containing organum (*Thymus capitatus*) oil. J. Food Sci 76: 178-184.

Erhan M.K., Bolukbasi S.C., Urusan H. (2012). Activités biologiques du pennyroyal (*Mentha pulegium* L.) chez les poulets de chair Livest. Sci 146 : 189 – 192.

Et- Touys A., Fellah H., Mniouil M., Bouyahya A., Dakka N., Abdennebi E. H., Sadak,A., Bakri Y. (2016).Screening of the antioxidant, antibacterial and antileishmania activities of *Salvia officinalis* L. extracts from Morocco16 (5):1-10.

Références bibliographiques

Faleiro M.L., Miguel M.G., Ladeiro F., Venancio F., Tavares R., Brito J.C., Figueiredo A.C., Barroso J.G., Pedro L.G. (2003). Antimicrobial activity of essential oils isolated from portuguese endemic species of thymus, *Lett Appl Microbiol* 36(1): 35-40.

Favier A. (2003). Le stress oxydant. Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique* 108-115.

Fellah S., Romdhane M., Abderraba M. (2006). Extraction et étude des huiles essentielles de la *Salvia officinalis* cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie, *Journal de la Société Algérienne de Chimie* 16(2) :193-202.

Franchomme P. (1999). L'aromathérapie, thérapeutique de pointe en médecine naturelle. Volume I-1.première édition française. Sinceiro Entreprises Ltd, 231.

Franke R., Schilcher H. (2005). Medicinal and Aromatic Plants Industrial Profiles. CRC Press

Frédéric L., Christophe H., Ophélie F., François M., Marc-André F., Éric L. (2008). Intérêt des lignanes dans la prévention et le traitement de cancers. *MEDECINE/SCIENCES* 24 (5) :511- 520.

Fruleux L. (2009). L3 environnementaliste Monographie *Salvia officinalis*.

Gardès-Albert M., Bonnefont-Rousselot D., Abedinzadeh Z., Jore D., (2003). Espèces réactives de l'oxygène: Comment l'oxygène peut-il devenir toxique ? *L'actualité chimique*, 91-96.

Generalic I., Skroza D., Ljubenkovi, Katalinic A., BurculF., Katalinic V. (2011). Influence of the phenophase on the phenolic profile and antioxidant properties of Dalmatian sage. *Food Chemistry* 127 (2): 427–433.

Gerenutti M., Modesto L., Carrara V.A., Magalhães S.A., Freitas F.P.N., Silva M.G. (2014). Maternal exposure to aqueous extract of *Mentha pulegium L.* inducing toxicity to embryo development in rats. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology* 8 (22): 609-614

Ghadermazi R., KeramatJ.,GoliS.A.H.(2017).Antioxidant activity of clove (*Eugenia caryophyllata*Thunb), oregano (*Origanum vulgare L*) and sage (*Salvia officinalis L*)

Références bibliographiques

essential oils in various model systems. *International Food Research Journal* 24(4): 1628-1635.

Ghasemzadeh A., Ghasemzadeh N. (2001). Flavonoids and phenolic acids: rôle and biochemical activity in plants and human. *Journal of Medicine Plants Research* 5 (31): 6697–6703.

Ghazghazi H., Aouadhi C., Maaroufi A., Hasnaoui B. (2013). Comparaison des contenus en polyphénols et de l'activité antioxydante des extraits méthanoliques de quatre plantes collectées du nord de Tunisie. *Microbiol. Hyg. Alim* 25(73).

Ghorbani A., Esmailizadeh M. (2017). Pharmacological properties of *Salvia Officinalis* and its components. *Journal of traditional and complementary medicine* 7(4) :433-440.

Gilly G. (2005). Les plantes aromatiques et huiles essentielles à Grace. *Botanique-Culture-Chimie-Production et marché*. L'Harmattan. Sciences, 418.

Golfakhrabadi F., Yousefbeyk F., Mirnezami T., Laghaei P., Hajimahmoodi M., Khanavi M. (2015). Antioxidant and antiacetylcholinesterase activity of *Teucrium hyrcanicum*. *Pharmacognosy research* 7(5) :15-19.

Goudable J., Favier A. (1997). Radicaux libres oxygènes et antioxydants. *NutrClinMétabol* 11(2): 115-120.

Guignard J.L., Dupont F. (2004). *Botanique systématique moléculaire*, 13ed MASSON, Belgique, p234-237.

Guignard, J.L. 2000. *Biochimie végétale*. Masson, 2eme édition DUNOD Paris, p 166.

Gülçin I., Gören A.C., Taslimi P., Alwasel S.H., Kilic O., Bursal E. (2019). Anticholinergic, Antidiabetic and Antioxidant Activities of Anatolian Pennyroyal (*Mentha pulegium*)-Analysis of Its Polyphenol Contents by LC-MS/MS. *Biocatalysis and agricultural biotechnology* 23: 101- 441.

Gülçin I., Gören A.C., Taslimi P., Alwasel S.H., Kılıc O., Bursal E. (2019). Anticholinergic, Antidiabetic and Antioxidant Activities of Anatolian Pennyroyal (*Mentha pulegium*)-Analysis of Its Polyphenol Contents by LC-MS/MS. *Biocatalyse et biotechnologie agricole* 23 : 101-441.

Références bibliographiques

Gulçin I., Huyut Z.B., Elmastas M., Hassan Y., ET Aboul-Eein D. (2010). Radical scavenging and antioxydant activity of tannic acid. *Arabian Journal of chemistry* 3: 43-53.

Halliwell B., Gutteridge J.M.C. (1999). Free radicals in biology and medicine, Oxford, UK.

Hamamouchi M. (2001). Les plantes médicinales et aromatiques marocaines. 2ème Édition. Rabat.

Harman D. (2000). Aging: overview. *Ann N Y Acad Sci* 928,1–21.

Helander I.M., Alakomi H.L., Latva-Kala K., Mattila-Sandholm T., Pol I., Smid E.J., Gorris L.J.M., Wright A. (1998). Characterisation of the action of selected essential oil components on Gram-bacteria. *Journal of agriculture food chemistry* 46: 3590-3595.

Hilan C., Sfeir R., Jawish D., Aitour S. (2006). Huiles essentielles de certaines plantes médicinales libanaises de la famille des Lamiaceae. *Lebanese Science Journal* 7(2)

Hudson J.F. (1990). Food antioxidants. Elsevier Applied Science, London 171-191

Inouye S., Abe S. (2003) .comparative study of antimicrobial and cytotoxic effects of selected essential oils by gaseous and solution contacts *international journal of aromatherapy* 13(1): 33-41.

Iserin P. (2001) .Encyclopédie des plantes médicinales. Larousse, 335.

Ismaili R., Houbairi S., Lanouari S., Moustaid K., Lamiri A. (2017). Etude De L'Activité Antioxydante Des Huiles Essentielles De Plantes Aromatiques Et Médicinales Marocaines. *European Scientific Journal* 13(12) : 1857 – 7881.

Jakovljević M., Jokić S., Molnar M., Jašić M., Babić J., Jukić H., Banjari I. (2019). Profil bioactif de diverses préparations de *Salvia officinalis* L. *Plantes (pale)* 8 (3) : 55.

Jedidi S., Selmi H., Aloui F., Rtibi K., Jridi M., Chaâbane A., Sebai H. (2019). Comparative Studies of Phytochemical Screening, HPLC-PDA-ESI-MS/MS-LC/HR-ESI-MS Analysis, Antioxidant Capacity and *in Vitro* Fermentation of Officinal Sage (*Salvia officinalis* L.) Cultivated in Different Biotopes of Northwestern Tunisia *Chemistry & Biodiversity* 17 (1): 1-16.

Références bibliographiques

Jimenez-Gonzalez L., Alvarez-Corral M., Munoz-Dorado M., Rodriguez- Garcia I. (2008). Pterocarpan: interesting natural products with antifungal activity and other biological properties. *Phytochemistry Reviews* 7: 125-154.

Kalemba D., Kunicka U. (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oils "Review". *Curr. Med. Chem* 10(10): 813-829.

Kamkar A., Javan A. J., Asadi F., Kamalinejad M. (2010). The antioxidative effect of Iranian *Mentha pulegium* extracts and essential oil in sunflower oil. *Food and Chemical Toxicology* 48: 1796-1800.

Karoui I.J, Msaada K., Abderrabba M., Marzouk B. (2016). Bioactive Compounds and Antioxidant Activities of Thyme Enriched Refined Corn Oil. *J. Agr. Sci. tech* 18 : 79-91.

Kasmi H. (2016). Extraction et dosage de polyphénols et de flavonoïdes des extraits des plantes : *Marrubium vulgare*, *Satureja calamintha*, *Mentha pulegium* et *Salvia officinalis*. Mémoire master. Univ. Tlemcen, 60 p.

Kasrati A., Alaoui Jamali C., Bekkouche K., Spooner-Hart R., Leach D., Abbad A. (2015). Chemical characterization and insecticidal properties of essential oils from different wild populations of *Mentha suaveolens* subsp. *Timija* (Briq.) Harley, from Morocco. *Chem. Biodiver* 12 (5): 823-831.

Kening Y., Vincenzo D.L., Normand B. (1995). Création of a metabolic sink for tryptophan alters the phenylpropanoid pathway and the susceptibility of potato to phytophthora infestans. *The Plant Cell* 7 (11): 1787 – 1799.

Khenouf S., Benchiekh D., Djidel, S., Dahamna S., Smain A. (2013). Polyphenols and antioxidant properties of extracts from *Mentha pulegium L.* and *Matricaria chamomilla L.* *Pharmacognosy Communications* 3(2): 35-40.

Khiya Z., Hayani M., Gamar A., Kharchouf S., Amine S., Berrekhis F., Bouzoubae A., Zair T., Elhilali F. (2018). Valorization of the *Salvia officinalis L.* of the Morocco bioactive extracts: Phytochemistry, antioxidant and anticorrosive activities, *Journal of King Saud University – Science* 31(3): 322-335.

Références bibliographiques

Khizar H., Xiaoming Z., Umar F., Shabbar A., Shuqin X., Chengsheng J., Fang Z., Jing Z. (2010). Effect of microwave treatment on phenolic content and antioxidant activity of citrus mandarin pomace. *Food Chemistry* 123(2) :423–429.

Khled Khodja N., Boulekbache-Makhlouf L., Madani K. (2014). Phytochemical screening of antioxidant and antibacterial activities of methanolic extracts of some Lamiaceae. *Industrial Crops and Products* 61: 41-48.

Khonche A., Huseini H.F., Abdi H., Mohtashami R., Nabati F., Kianbakht S. (2017). Efficacy of *Mentha pulegium* extract in the treatment of functional dyspepsia: A randomized double-blind placebo controlled clinical trial. *J. Ethnopharmacol* 206: 267-273.

Knobloch K., Pauli A., Iberl B., Weigand H., Weis N. (1989). Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. *Journal of Essential Oil Research* 1(3) : 119-128.

Koehlin-Ramonatxo C. (2006). Oxygène, stress oxydant et suppléments antioxydants ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires. *Nutrition clinique et métabolisme* 20(4) : 165-177.

Lahrech K.(2010). Extraction et analyse des huiles essentielles de *menthe pulegium L.* et *saccocalyc satureioide*. Teste d'activité antibactérienne et antifongique. 121 p.

Lakušić B.S., Ristić M.S., Slavkovska V.N., Stojanović D.L.j., Lakušić D.V. (2013). Variations in essential oil yields and compositions of *Salvia officinalis* (Lamiaceae) at different developmental stages. *Original Scientific Paper* 37 (2) :127-139.

Lamarti A., Badoc A., Deffieux G., Cardej P. (1994). Biogénèse des monoterpènes I-localisation et sécrétion. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux* 133: 69-78.

Lamien- Meda A., Nell M., Lohwasser U., Borner A., Franz C., Novak J. (2010). Investigation of Antioxidant and Rosmarinic Acid Variation in the Sage Collection of the Genebank in Gatersleben. *J. Agric. Food Chem* 58(6): 3813–3819.

Landis G.N., Tower J. (2005). Superoxide dismutase evolution and life span regulation. *Mech. Ageing Dev* 126(3): 365–379.

Références bibliographiques

Lawrence B.M. (1978). A study of the monoterpene interrelation to the genus mentha with special reference to the origin of pulegone and menthofuran. PhD thesis, Rijksuniversiteit, Groningen.

Lemordant D., Boukef K., Bensalem M.(1977). Plantes utiles et toxiques de Tunisie, Fitoterapia 48, p : 191-214.

Leverve X. (2009). Stress oxydant et antioxydants ? .Cahiers de nutrition et de diététique 44(5) : 219-224.

Li A.N., Li S., Zhang Y.J., Xu X.R., Chen Y.M., Li H.B. (2014). Resources and biological activities of natural polyphenols. Nutrients 6(12): 6020-6047.

Lis-Balchin M. (2003). Lavender: the genus *Lavandula*, CRC press.

Lorenzo D., Paz D., Dellacassa E., Davies P., Vila R., Canigüeral S. (2002). Essential oils of *Menthapulegium* and *Mentha rotundifolia* from Uruguay. Braz. Arch. Biol. Technol 45 (4) : 519–524.

Lorenzo D., Paz D., Dellacassa E., Davies P., Vila R., Canigüeral S. (2002). Essential Oils of *mentha pulegium* and *mentha rotundifolia* from Uruguay. Brazilian archives of biology and technology 45(4): 519 – 524.

Lutge U., Kluge M., Bauer G.(2002). Botanique 3ème Ed : Technique et documentation. Lavoisier .Paris. 211.

Macheix J. J., Fleuriet A., Jay-Allemand C.(2005). Les composés phénoliques des végétaux : Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. 1ere Edition, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne. Bio ed. 54-65.

Macheix J.(1996). Les composés phénoliques des végétaux : quelles perspectives à la fin du XXème siècle ? ActaBotanicaGallica 143(6): 473-479.

Macheix J.J., Fleuriet, A., Billot J.(1990). Fruit phenolics, CRC press, Boca Roton. In : les polyphenols en agroalimentaire Sarni-Manchado P, Cheynier V.2006., Tec et Doc Lavoisier-Paris.

Références bibliographiques

Madsen H. L., Bertelsen G. (1995). Spices and antioxidant. Trends in food Science and technology 6(8): 271-277.

Mahmoudi S., Khali M., Mahmoudi N. (2012). Etude De L'extraction Des Composés Phénoliques De Différentes Parties De La Fleur D'artichaut (*cynara Scolymus L.*). Revue Nature et Technologie. 5(2) : 35-40.

Marinier C., Lobstein A. (2013). Composition chimique des huiles essentielles. Actualités pharmaceutiques 52(525) :22-25.

Marlet Ch., Lognay G. (2011). Les monoterpènes : sources et implications dans la qualité de l'air intérieur. Biotechnol. Agron. Soc. Environ 15(4) : 611-622.

Martin P. (2014). Les familles de plantes à fleurs d'Europe: Botanique systématique et utilitaire. Presses Universitaires de Namur (ed.). Belgique. P289.

Mata A.T., Proença C., Ferreira A.R., Serralheiro M.L.M., Nogueira J.M.F., Araújo M.E.M. (2007). Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of five plants used as Portuguese food spices. Food Chem 103 (3): 778-786.

Mekhaldi A., Bouznad A., Djibaoui R., Hamoum H. (2014). Phytochemical Study and Biological Activity of Sage (*Salvia officinalis L.*). International Journal of Bioengineering and Life Sciences 8(11): 1253-1257.

Merghem R. (2009). Eléments de biochimie végétale. Editions Bahaeddine Algérie. p 111, 123.

Métail M., KevvasK. (2016). Étude des activités antibactérienne et antioxydants des extraits d'*Ocimum basilicum* (basilic) dans la région de Ain Defla. Mémoire de master en analyses biologiques et biochimique univ. KhemisMeliana.

Middleton E., Kandaswami C., Theoharides T.C. (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease and cancer. Pharmacol Rev 52 (4): 673-751.

Miladinović D., Miladinović L.J(2000). Antimicrobial activity of essential oil of sage from serbia. Physics, Chemistry and Technology 2(2): 97 – 100.

Références bibliographiques

Miliauskas G., Venskutonis P.R., Van Beek T.A. (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry* 85(2):231–237.

Mohsen H., Rafie H., Soheila H., Mina S. (2014). Chemistry, Pharmacology, and Medicinal Property of Sage (*Salvia*) to Prevent and Cure Illnesses such as Obesity, Diabetes, Depression, Dementia, Lupus, Autism, Heart Disease, and Cancer. *Journal of Traditional and Complementary Medicine* 4(2): 82-88.

Morel S.(2011). Etude phytochimique et évaluation biologique de *Derris ferruginea* Benth. (Fabaceae). *Biochimie, Biologie Moléculaire*. Thèse de doctorat. Université d'Angers, Français.

Morena M., Martin-mateo M., Cristol J.P., Canoud B. (2002). Stress oxydant, hémoincompatibilité et complication de la dialyse au long cours. *Néphrologie*23(5): 201 – 208.

Naghibi F., Mosaddegh M., Motamed M., Ghorbani A. (2005). Labiatae Family in folk Medicine in Iran: from Ethnobotany to Pharmacology. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research* 2: 63-79.

Nickavar B., Alinaghi A., Kamalinejad M. (2008). Evaluation of the antioxidant properties of five *Mentha* species. *Iran J Pharm Res* 7(3): 203–209.

Oana-Maria I.B., Radu F., Popescu S., Boroza A. (2010). Regeneration, Micropropagation, Callus Cultures and Somatic Embryogenesis of Common Sage (*Salvia officinalis* L.). *Bulletin UASVM Horticulture* 67: 308-313.

Ohia S. E., Opere C. A., Leday A.M. (2005). Pharmacological consequences of oxidative stress in ocular tissues, *Mutation Research*579(2): 22 – 36.

Osman I.H. (2013). In Vitro Antioxidant activity of *Mentha pulegium* from Saudi Arabia. *Bioscience Research* 10(1): 33-37.

Pedersen J.A. (2000). Distribution and taxonomic implications of some phenolics in the family Lamiaceae determined by ESR spectroscopy. *Biochemical Systematic and Ecology* 28 (3): 229- 253.

Pengelly A. (2004). The constituents of medicinal plants an introduction to the chemistry and therapeutic of herbal medicines, Ed. Allen et Unwin, Australie, 172 p.

Références bibliographiques

Petrov M., Nikolova M., Dimitrova L., Zayova E. (2015). Micropropagation and evaluation of flavonoid content and antioxidant activity of *Salvia officinalis* L. *Genetics and plant physiology* 5(1): 48-60.

Pujuguet P. (2006). Entre capitelles et lavognes découvrez la flore de la garrigue, Sentier Botanique Vignerons, Bourg-Saint-Andéol Ardèche.

Quézel P., Santa S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Tome 2. CNRS. Ed. Paul Le chevalier, Paris. P603, 781-793.

Radulescu V., Silvia C., Eliza O. (2004). Capillary gas chromatography-mass Spectrometry of volatile and semi volatile compound of *Salvia officinalis*. *Journal of Chromatography A*. 1027 (2): 121-126.

Rahal A., Kumar A., Singh V., Yadav B., Tiwari R., Chakraborty S., Dhama K. (2014). Oxidative stress, prooxidants and antioxidants: the interplay. *BioMed Research International* V2014, 1-14.

Ramdan B., Amakran A., Bakrim N., Vannier B., Greche H., Nhiri M. (2017). Anti glycation and radical scavenging activities of hydro-alcohol and aqueous extracts of nine species from Lamiaceae family. *Journal of Medicinal Plants Studies* 5(1): 331-345.

Rehman R., Hanif M., Mushtaq Z., Al-Sadi A. (2016). Biosynthesis of essential oils in aromatic plants: A review. *Food Reviews International* 32(2): 117-160.

Rice-Evans C.A., Miller N.J., Bolwell P.G., Bramley P.M., Pridham J.B. (1995). The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free Radic Res* 22(4): 375-383.

Rice-Evans C.A., Miller N.J., Paganga G. (1996). Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biol. Med* 20(7): 933-956.

Richter G. (1993). Métabolisme des végétaux : Physiologie et biochimie. Edition Presses Polytechniques et Universitaires Romandes : 318-338.

Richter G. (1993). Métabolisme des végétaux : Physiologie et biochimie. Edition Presses Polytechniques et Universitaires Romandes 318-338.

Références bibliographiques

Roby M.H., Sarhan M.A., Selim K.A.H., Khael K.I. (2013). Evaluation of antioxidant activity, total polyphenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.) and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. *Ind. Crops Prod* 43 : 827–831.

Rodrigues L., Póvoa O., Teixeira G., Figueiredo A.C., Moldão M., Monteiro A. (2013). Micromorphologie des trichomes et variation des huiles essentielles à différents stades de développement des populations cultivées et sauvages de *Mentha pulegium* L. du Portugal *Ind. Cultures Prod* 43:692 – 700.

Sarikurkcu C., Eryigit F., Cengiz M., Tepe B., Caki, A., Mete E. (2012). Screening of the Antioxidant Activity of the Essential Oil and Methanol Extract of *Mentha pulegium* L. From Turkey. *Spectroscopy Letters* 45(5): 352–358.

Sarmadi B.H., Ismail A. (2010). Antioxidative peptides from food proteins: A review. *Peptides* 31(10):1949–1956.

Schnitzler P., Schon K., Reichling J. (2001). Antiviral activity of Australian eucalyptus oil and eucalyptus oil against herpes simplex virus in cell culture. *Pharmazie* 56(4) : 343–347.

Sergent O., Griffon B., Cillard P., Cillard J. (2001). Alcool et stress oxydatif. *Pathol. Biol* 49 (9): 689-695.

Sharififar F., Dehghn-Nudeh G., Mirtajaldini M. (2009). Major flavonoids with antioxidant activity from *Teucrium polium* L. *Food Chemistry* 112: 885-888.

Sharkay T.D., Sunsun Y. (2001). Isoprene emission des plants, *Ann.Rev. Plant physiol.plant Mol. Biol* 52: 407-436.

Sharma O.m.P., Bhat T.K. (2009). DPPH antioxidant assay revisited. *Food chemistry* 113 (4): 1202-1205.

Silvant C. (2014). L'aromathérapie la nature au service de l'humanité, Ed. Publibook, Paris.

Spichiger R.E., Vincent V.S., Figeat-Hug M., Jeanmonod D. (2004). Botanique systématique des plantes à fleurs « une approche polygénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales ». 3ème Ed. press polytechniques et universitaire romandes Lausanne, Suisse, p.328.

Références bibliographiques

Stief T.W. (2003). The physiology and pharmacology of singlet oxygen. *Med Hypoth* 60(4): 567–572.

Sutour S. (2010). Étude de la composition chimique d'huiles essentielles et d'extraits de menthe de corse et de kumquats. Thèse de doctorat, spécialité : Chimie Organique et Analytique.

Szabo C. (2003). Multiple pathways of peroxynitrite cytotoxicity. *Toxicology Letters* 140 (141) : 105-112.

Taleb T.K. (2015). Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien). Evaluation de leurs effets sur le bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Tapas A.R., Sakarkar D.M. Kakde R.B. (2008). Flavonoids as nutraceuticals. *Topical journal of pharmaceutical research* 7 (3): 1089-1099.

Tawaha A., Al-Karaki G., Massadeh A. (2013). Antioxidant activity, total phenols and variation of chemical composition from essential oil in sage (*Salvia officinalis* L.) grown under protected soilless condition and open field conditions. *Adv. Environ. Biol*7(5): 894– 901.

Tepe B., Degerli S., Arslan S., Malatyali E., Sarikurkcu C. (2011). Determination of chemical profile, antioxidant, DNA damage protection and antiamoebic activities of *Teucrium polium* and *Stachys iberica*. *Fitoterapia* 82 : 237-246.

Tessier F., Marconnet P. (1995). Radicaux libres, systèmes antioxydants et exercice. *Science et Sports* 10(1) : 1-13.

Teuscher E., Anton R., Lobstein A. (2005). Plantes aromatiques. Ed : Technique et Documentation. Lavoisier, 416- 444.

Tosun M., Erclisi S., Sengul M., Ozer H., Polat T.E., Ozturk E. (2009). Antioxidant properties and total phenolic content of eight species of Turkish salvia *Biol. Res*42(2):175-181.

Trivellini A., Lucchesini M., Maggini R., Mosadegh H., Villamarin T.S.S., Vernieri P., Mensuali-Sodi A., Pardossi A., 2016. Lamiaceae phenols as multifaceted compounds:

Références bibliographiques

bioactivity, industrial prospects and role of “positive-stress”, *Industrial Crops and Products* 83: 241–254.

Valko M., Rhodes C.J., Moncol J., Izakovic M., Mazur M. (2006). Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chem. Biol Interact* 160(1) : 1–40.

Valnet J. (1984). Aromathérapie : traitement des maladies par les essences des plantes. 10^{ème} édition. Maloine. S.A.

Wojdylo A., Oszmianski J., CzemerysR. (2007). Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chem* 105(3): 940–949.

Xiuzhen H., Tao S., Hongxiang L.(2007). Dietary Polyphenols and Their Biological Significance. *International Journal of Molecular Sciences* 8(9): 950-988.

Yan L.J. (2014). Positive oxidative stress in aging and aging-related disease tolerances. *Redox Biology* 2: 165-169.

Yazdanparast R., Ardestani A. (2009). Suppressive effect of ethyl acetate extract of *Teucrium polium* on cellular oxidative damages and apoptosis induced by 2- deoxy-D-ribose: role of de novo synthesis of glutathione. *Food Chemistry* 114: 1222-1230.

Yu R., Mandlekar S., Tony Kong A.N. (2000). Molecular mechanisms of butylated hydroxyanisole-induced toxicity: induction of apoptosis through direct release of cytochrome C. *Mol. Pharmacol* 58(2):431- 437.

Webographie

<https://www.google.com>

Résumé

Dans le présent travail, une synthèse bibliographique a été réalisée sur les deux lamiacées : *M. pulegium* et *S. officinalis*, en déterminant leurs teneurs en antioxydants (polyphénols et huiles essentielles) et l'activité antioxydante de leurs extraits et huiles essentielles.

D'après les résultats de la bibliographie sur la composition en antioxydants de deux espèces étudiées, les teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes des extraits sont importantes et variables selon la région de récolte et le type d'extrait (méthanolique, éthanolique, aqueux...) ; Les huiles essentielles sont également présentes dans les deux plantes et les composés majoritaires sont la pulegone pour la *M. pulegium*, 1,8-cinéole, thuyone et camphre pour *S. officinalis*.

Les résultats de la bibliographie sur l'activité antioxydante des plantes étudiées sont déterminés par les tests DPPH et FRAP. Les extraits (méthanolique, aqueux...) et les huiles essentielles de *M. pulegium* et de *S. officinalis* montrent une activité antiradicalaire importante et variable selon le type d'extrait. L'activité antioxydant, évalué par le test FRAP, est également remarquable pour les extraits (méthanolique, aqueux...) et les huiles essentielles de *M. pulegium* et de *S. officinalis*.

Mot clés : Lamiaceae, *M. pulegium*, *S. officinalis*, composés phénolique, huile essentielle, DPPH, FRAP, activité antioxydant.

Abstract

In the present work, a bibliographical review was carried out on the two lamiaceae: *M. pulegium* and *S. officinalis*, by determining their antioxidant content (polyphenols and essential oils) and the antioxidant activity of their extracts and essential oils.

According to the results of the bibliography on the antioxidant composition of two species studied, the contents of total polyphenols and flavonoids in the extracts are high and vary according to the region of harvest and the type of extract (methanolic, ethanolic, aqueous, etc.).); Essential oils are also present in both plants and the major compounds are pulegone for *M. pulegium*, 1,8-cineole, α -thujone and camphor for *S. officinalis*.

The results of the bibliography on the antioxidant activity of the plants studied are determined by the DPPH and FRAP tests. The extracts (methanolic, aqueous, etc.) and essential oils of *M. pulegium* and *S. officinalis* show significant anti-free radical activity, which varies according to the type of extract. The antioxidant activity, evaluated by the FRAP test, is also remarkable for extracts (methanolic, aqueous, etc.) and essential oils of *M. pulegium* and *S. officinalis*.

Keywords: Lamiaceae, *M. pulegium*, *S. officinalis*, phenolic compounds, essential oil, DPPH, FRAP, antioxidant activity.