

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2021

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

Domaine : SNV Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : microbiologie appliquée

Présenté par :

HAOUES Assia /ALIANE Abla

Thème

**Contribution à l'étude de l'activité antibactérienne et
antioxydante du romarin *Rosmarinus officinalis***

Soutenu le:

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
M. ARAB Ammar	MCB	Univ. de Bouira	Président
M. RAI Abdelwahab	MAA	Univ. de Bouira	examineur
Mme. BACHOUCHE Nassima	MCB	Univ. de Bouira	Promoteur

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciements

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على سيدنا محمد الصادق الوعد الأمين، اللهم لا علم لنا إلا ما

علمتنا إنك أنت العليم الحكيم، اللهم علمنا ما ينفعنا وانفعنا بما علمتنا وزدنا علما

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant de nous avoir donné la volonté, le courage et la patience pour achever ce travail.

Nous exprimons d'abord nos remerciements à notre encadreur, mm mesrane , pour nous avoir encadré

Mes remerciements vont aussi aux membres de jury m ARAB m RAI de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'évaluer ce travail.

A tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation et au bon déroulement de ce travail.

Enfin nous tenons à exprimer notre vive gratitude à tous les enseignants qui ont participé de près ou de loin à notre formation du primaire au cycle universitaire

Dédicace

Je dédie ce travail à ceux que j'ai tant aimés avec beaucoup d'affection, mes parents, tous les mots du monde ne peuvent exprimer l'amour et le respect que je porte à ma mère fatima et mon père lakhdar pour leur soutien et leurs sacrifices énormes.

A mes sœurs

A mes frères

Aux fils de mes frères

Et toute la famille ALIANE

A mes amies que j'ai vécu avec elles des beaux moments au cours de mon cursus à l'université : samah, nesrine , zahra , asia , maroua , farah

A tous ceux que j'aime et que je respecte et tous qui me connaissent de près ou de loin.

Et à toute la promotion microbiologie appliquée (2020/2021)

Dédicace

Je dédie ce travail à ceux que j'ai tant aimés avec beaucoup d'affection, mes parents, tous les mots du monde ne peuvent exprimer l'amour et le respect que je porte à ma mère AKILA et mon père KADDOUR pour leur soutien et leurs sacrifices énormes.

Et ma sœur lamia et mes frères FATEH et MOHAMMED et YAHIA. Je ne saurai oublier Ma grande mère khadra et massaouda qui m'a encouragé à reprendre mes études ainsi mon ami DJIHAD

Et toute la famille haoues

Remerciement

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction.....1

Chapitre I: la plante médicinale *Rosmarinus officinalis l.*

1. phytothérapie.....4

1.1. Types de phytothérapie.....4

1.2. La partie utilisée en phytothérapie.....5

2. Définition de la plante médicinale.....5

2.1. Définition du Principe actif.....5

2.2. Les avantages des plantes médicinales.....6

2.3. Conservation de plante.....7

2.4. Mode d'emploi des plantes médicinales.....7

3. présentation de *Rosmarinus officinalis l.*.....8

3.1. Etymologie et noms vernaculaire.....8

3.1.1 Etymologie.....8

3.1.2. Noms vernaculaire.....8

3.2. Description botanique.....8

3.3. Systématique.....9

3.4. Répartition géographique.....10

3.5. Composition biochimique10

3.6. Utilisation du romarin.....11

3.6.1. Alimentaire.....11

3.6.2. Parfumerie et cosmétique.....11

3.6.3. Thérapeutique.....11

3.6.4. Phytosanitaires.....12

3.6.5. Vétérinaires.....12

3.6.6. L'activité biologique du romarin.....12

3.7. Période de récolte.....	12
Chapitre II : métabolites secondaires	
Introduction.....	15
1. Définition.....	16
2. Les composés phénoliques.....	16
2.1. Les flavonoïdes.....	16
2.2. Les coumarines.....	18
2.3. Les tannins.....	19
2.3.1 Les tanins hydrolysables.....	19
2.3.2 Les tanins condensés.....	20
2.4 Les alcaloïdes.....	20
3. les huiles essentielles.....	21
3.2. Les propriétés des huiles essentielles.....	22
3.2.1. Propriétés antimicrobienne.....	22
3.2.2. Propriétés antioxydants.....	22
3. 2.3. Mécanisme d'action antimicrobienne	23
3.3. Propriétés physiques.....	23
3.4. Propriété d'huile essentielle de romarin.....	24
3.5. Localisation.....	25
3.6. Méthodes d'extraction.....	25
3.7. Hydro distillation.....	26
3.8. Composition chimique.....	27
Chapitre III : l'activité antibactérienne	
Introduction.....	29
1. Généralité sur les bactéries.....	30
1.1 Définition d'une bactérie.....	30
1.2 Définition de L'activité antibactérienne.....	30
1.3. Grandeurs de mesure.....	31
1.4. Exemples d'activités	31
1.4.1. Etude de l'activité sur <i>Escherichia coli</i>	32
1.4.2. Étude de l'activité sur <i>Staphiloccocus aureus</i>	33
2. Souches bactériennes.....	33
2.1. Quelques exemples.....	34

3. Composition chimique et activité	34
4. Mode d'action.....	35
5. Techniques de détermination de l'activité antimicrobienne.....	36
5.1. L'aromatogramme.....	36
5.2. Technique de diffusion en puits.....	37
6. Facteurs influençant l'activité antimicrobienne des huiles essentielles.....	37
7. Le rendement en huiles essentielles.....	38

Chapitre IV : l'activité antioxydant

Introduction.....	40
1. L'oxydation.....	41
2. Le stress oxydatif.....	41
3. Définition Un radical libre.....	42
4. Sources de production des radicaux libres.....	43
5. Cibles des radicaux libres.....	44
5.1. Dommages de l'ADN.....	44
5.2. Oxydation des protéines.....	45
5.3. Peroxydation lipidique.....	46
6. Implication du stress oxydant dans les pathologies.....	46
7. Systèmes de défense antioxydants.....	47
8. Classification des antioxydants.....	47
8.1. Les antioxydants synthétiques.....	47
8.2. Les antioxydants naturels.....	48
9. Activité antioxydant d'un extrait de Romarin.....	49
10. Activité antioxydant dans des modèles animaux.....	50
10.1. Acide rosmarinique.....	50
10.2. Huile essentielle.....	50
11. Activité antioxydant dans des modèles végétaux.....	51
11.1 Extrait de romarin.....	51

Chapitre V : Analyse d'article

Introduction.....	53
1. Présentation du matériel et méthodes des deux études.....	54
2. Résultats et discussions.....	55
Conclusion générale.....	59
Référence bibliographiques.....	62

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : <i>Romarinus officinalis.l</i>	9
Figure 02 : les fleurs et les feuilles de <i>Romarinus officinalis.l</i>	9
Figure 03 :schéma simplifié des flavonoïdes	17
Figure 04 : Structures de quelques flavonoïdes	18
Figure 05 : structure de base des coumarines	19
Figure 06 : structure de tanins hydrolysables.....	19
Figure 07 : Structure de tanins condensés.....	20
Figure 08 : Structure des alcaloïdes	21
Figure 09 : l'huile essentielle de romarin.....	24
Figure 10 : méthodes d'extraction par hydrodistillation.....	27
Figure 11 : morphologie et structure de la cellule bactérienne.....	30
Figure 12 : Illustration de la méthode d'aromatogramme.....	37
Figure 13 : Balance d'équilibre entre les systèmes pro et antioxydants.....	42
Figure 14 : Sites de production intracellulaire des radicaux libres.....	44
Figure 15 : Illustre les différents dommages de l'ADN.....	45
Figure 16 : Nature de quelques modifications des chaînes latérales d'acides aminés des protéines après attaque radicalaire.....	45
Figure 17 : Mécanisme en chaîne de la peroxydation des acides gras polyinsaturés et nature des produits terminaux formés.....	46

Liste des tableaux

Tableau I : classification botanique de romarin.....	9
Tableau II : Les principales espèces réactives de l'oxygène.....	43
Tableau III : Sensibilité des souches microbiennes en fonction des zones d'inhibition...	

Liste des abréviations

% : pourcentage

.NO° : monoxyde d'azote

µm: micromètre

1O2 : l'oxygène singulet

8-OH-dG : 8-hydroxy-2'-déoxyguanosine 8

8-OH-dG: 8-hydroxy-2'-déoxyguanosine 8

ADN : acide désoxyribonucléique

AGPI : acides gras polyinsaturés

AL: aluminium

ALAT : alanine aminotransférase

ARN : acide ribonucléique

ASAT : aspartate aminotransférase

BHT : butylhydroxytoluène

BLSE :bêtalactamases à spectre élargi

BMR : bactérie multi résistance

CAT : catalase

Cr: chrome

E. coli : Escherichia coli

ERO : Espèces réactives de l'oxygène

g : gramme

GPx : Glutathion peroxydase

GSH-P : glutathion peroxydase

H₂O₂ : peroxyde d'hydrogène

HPLC : chromatographie en phase liquide haute performance ou haute pression

K: potassium

Kg : kilogramme

km² : kilomètre carré

LHs : huiles essentielles.

m : mètre

MDA : malondialdéhyde

MDA : malondialdéhyde

mg : milligramme

Mg: Magnésium

MH : la masse d'huile essentielle

mm : millimètre

Mm : millimètre

Mmv : la masse de la matière végétale

N: nord

Na: sodium

NO^o: monoxyde d'azote

NOX : Nicotinamide adénine dinucléotides phosphate oxydase

O₂: dioxygène

-O₂^{•-}: radical anion superoxide

°C : Degrés Celsius

OH[•] : radical hydroxyle

OMS : Organisation mondiale de la santé

ONOO⁻ : peroxyinitrite

P: phosphore

PG : gallate propylée

RHE : Rendement en Huiles Essentielles

RL : Radicaux libres

S. aureus : *Staphylococcus aureus*

SAMR : *Staphylococcus aureus* résistant à la métiline

SO : stress oxydatif

SOD : superoxyde dismutase

Sr:strontium

TBHQ : tétrabutylhydroquinone

TG: triglycérides

VIH : virus de l'immunodéficience humaine

XO : xanthine oxydase

XO: xanthine oxydase

Introduction générale

Introduction générale

Les plantes médicinales sont toutes les plantes qui contiennent une ou plusieurs substances pouvant être utilisées à des fins thérapeutiques ou comme précurseurs pour la synthèse de médicaments utiles. Le groupe consultatif de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) qui a élaboré cette définition a également affirmé que cette description distingue les plantes médicinales dont les propriétés thérapeutiques et les ingrédients ont été scientifiquement déterminés des plantes considérées comme ayant une valeur médicinale (Sofowara, 2010).

Si la médecine par les plantes connaît un engouement extraordinaire à travers le monde, il est impossible de ne voir là qu'un phénomène de mode. Bien sûr, notre époque est profondément marquée par la recherche d'une vie plus saine, d'un retour à la nature, aux valeurs essentielles. Mais le succès de la Phytothérapie s'explique avant tout par le niveau de maîtrise technique et scientifique que l'on atteint désormais dans ce domaine. L'agronomie, la chimie et la pharmacologie permettent de développer des traitements et des préparations galéniques plus sûrs, plus adaptés et plus efficaces. En revanche, par une action douce et profonde, la phytothérapie semble être une réponse idéale aux "maladies du siècle", qui sont caractéristiques de notre société, comme le stress, le manque de sommeil, ou la prise de poids. Les herbes sont des "complexes" moléculaires dérivés d'une ou plusieurs plantes. De nombreuses formes galéniques sont désormais disponibles, certaines sont plus innovantes que d'autres, et l'infusion d'origine est plus ou moins dépassée. Cependant, ces changements de forme masquent parfois des modifications du métabolisme ou de la biodisponibilité des principes actifs (Heinrich, 2003).

Après le temps et l'évolution de la science, Thomas (2011) a remarqué que les plantes possédaient la capacité de synthétiser, par des voies métaboliques complexes des métabolites secondaires. Ces composés sont utilisés par les plantes pour plusieurs fonctions adaptatives notamment en réponse aux stress biotiques et abiotiques qu'ils peuvent subir.

Les bactéries sont responsables de plusieurs maladies. Leur résistance aux antibiotiques est de plus en plus prononcée. Pour arrêter ce processus de synthèse-résistance, il est nécessaire de chercher une autre approche afin de diminuer ou d'éliminer les affections sans l'utilisation des produits synthétiques, donc il est évident de trouver des solutions par l'utilisation des molécules bioactives qui sont à base de plantes (Vlietinck *et al.*, 1991).

Introduction générale

Le romarin *Romarinus officinalis* L. a fait l'objet de recherches récentes dans les industries pharmaceutiques et alimentaires. Il présente des propriétés anti-inflammatoires et antispasmodiques (Giancarlo *et al.*, 2007). Il a également des effets sur le système nerveux (Gonzalez *et al.*, 2007). Le romarin a d'excellentes propriétés antioxydantes et antibactériennes (Jones, 1998). Comme toutes les plantes aromatiques et médicinales, le romarin contient des composés aux propriétés antibactériennes. Par rapport aux produits synthétiques actuels, l'utilisation de ces molécules végétales présente de nombreux avantages (Boutabia *et al.*, 2016).

L'Algérie est caractérisée par une grande superficie étendant de la mer Méditerranée au nord à la profondeur du Sahara africain au sud, cette extension lui donne une diversité dans la situation climatique, ce qui produit une couverture végétale grande et variée. Selon Hanifi (1991), la flore algérienne est représentée par 3000 espèces et 1000 genres. Et devant cette grande diversité de plantes. Nous avons choisi le romarin qui est répandu dans les régions du nord dont le climat est tempéré et semi-aride. Ce choix est venu du fait de sa large diffusion et de sa grande utilisation par la population en médecine traditionnelle en raison de ses diverses propriétés thérapeutiques et efficaces.

Ce travail est développé en cinq chapitres. Le premier chapitre est consacré à une étude bibliographique qui regroupe deux parties : La première partie représente des généralités sur les plantes médicinales. La seconde partie englobe une présentation de la plante médicinale *R. officinalis*. Le deuxième chapitre porte sur les métabolites secondaires (les composés phénoliques et les huiles essentielles). Le troisième et le quatrième chapitre sont des synthèses bibliographiques sur les activités biologiques de romarin (activité antibactérienne et antioxydant). Dans le cinquième chapitre nous avons analysé deux articles scientifiques qui portent sur l'étude de l'activité antibactérienne du romarin issu de différentes régions de l'Algérie.

CHAPITRE I

LA PLANTE MEDICINALE ROSMARINUS OFFICINALIS L

1. La phytothérapie

La phytothérapie vient du grec et signifie « soigner par les plantes ». Elle repose en partie sur une pratique traditionnelle, fondée sur l'utilisation ancestrale et locale des plantes. Les plantes médicinales renferment de nombreux actifs (plus de 250) qui ont des activités thérapeutiques complémentaires ou synergiques. Ces actifs ont été étudiés et reproduits chimiquement pour être incorporés de nos jours dans de nombreux médicaments. Depuis, plusieurs années, de nombreux produits de phytothérapie sont mis sur le marché, et sous différentes galéniques : comprimés, gélules (formes solides), fluides sous forme d'ampoules ou en flacon, etc. rendant le choix difficile. La qualité de la plante utilisée : plante fraîche, plante sèche, issue de l'Agriculture Biologique ou non conditionne sa teneur et sa richesse en actifs.

De plus, un produit à base de plante, doit, pour avoir une efficacité optimale, restituer toute la complexité moléculaire du végétal qui est à l'origine de son activité thérapeutique. Une attention particulière doit donc être portée au procédé utilisé pour l'extraction des composés (Wichtl et *al.*, 2003).

1.1. Types de Phytothérapie

L'aromathérapie : C'est une thérapie qui utilise des extraits de plantes, ou huiles essentielles, et des substances aromatiques sécrétées par de nombreuses familles de plantes. Ces huiles sont des produits complexes et sont souvent utilisées à travers la peau.

Gemmothérapie : Basée sur l'utilisation d'extraits alcooliques de tissus de plantules (comme les bourgeons et les petites racines).

Herboristerie : Correspond à la méthode de phytothérapie la plus classique et la plus ancienne. L'herboristerie utilise des plantes fraîches ou séchées, elle utilise des plantes entières ou des parties de celles-ci (écorce, fruits, fleurs). La préparation est basée sur des méthodes simples, les plus courantes étant les méthodes à base d'eau : décoction, infusion, macération. Ces préparations se présentent également sous forme de gélules de poudre sèche végétale plus modernes, que le sujet peut avaler.

Homéopathie : utilise principalement des plantes ; mais pas exclusivement.

Les trois quarts des souches sont d'origine végétale, le reste étant d'origine animale et minérale.

Phytothérapie pharmaceutique : utilise des produits d'origines végétales obtenus par extraction et qui sont dilués dans de l'alcool éthylique ou un autre solvant. Ces extraits sont dosés en quantités suffisantes pour avoir une action soutenue et rapide. Ils sont présentés sous forme de sirop, de gouttes, de gélules, de lyophilisats... (Strang, 2006).

1.2. La partie utilisée en phytothérapie

Il Ya deux aspects à l'utilisation des plantes médicinales ;

- ✓ Soit l'utilisation de la plante comme médicament ou phytothérapie.
- ✓ Soit l'utilisation de substances actives extraites de végétaux (Boudjemaa, 2010).

2. Définition de la plante médicinale

Ce sont des plantes utilisées en médecine traditionnelle dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses. Leur action provient de leurs composés chimiques (métabolites primaires ou secondaires) ou de la synergie entre les différents composés présents (Sanago, 2006).

Les plantes médicinales sont utilisées pour leurs propriétés particulières bénéfiques pour la santé humaine. En effet, elles sont utilisées de différentes manières, décoction, macération et infusion. Une ou plusieurs de leurs parties peuvent être utilisées, racine, feuille, fleur (Dutertre, 2011).

Selon Debuigne (1974) une plante médicinale est une plante dont un des organes, par exemple la feuille ou l'écorce, possède des vertus curatives lorsqu'il est utilisé à un certain dosage et d'une manière précise. Ces plantes médicinales peuvent également avoir des usages alimentaires, condimentaires ou hygiéniques.

2.1. Définition du Principe actif

C'est une molécule à signification thérapeutique curative ou préventive pour l'homme ou l'animal. Le principe actif est contenu dans une drogue végétale ou une préparation à base de drogue végétale.

Le médicament à base de plantes lui-même ou la forme de préparation est considéré comme principe actif global, que les ingrédients aient ou non des effets thérapeutiques (Pelt, 1980).

Trouver des principes actifs extraits de plantes est d'une grande importance car cela favorise le développement de médicaments essentiels (Iserin, 2001).

2.2. Les avantages des plantes médicinales

Les ethnopharmacologies observent avec attention le succès grandissant des pharmacopées anciennes, au titre d'une « vague verte » qui, un peu partout dans le monde, apparaît comme une alternative à la médecine chimique.

Qu'il s'agisse de préparations prenant place dans un système médical traditionnel ou de ressources pour une production industrielle, à côté des aspects scientifiques, médicaux et sociaux (Chominot, 2000).

Dans les années 2000, les traitements à base de plantes reviennent au premier plan, car l'efficacité des médicaments tels que les antibiotiques (considérés comme la solution quasi universelle aux infections graves) décroît (Iserin *et al.*, 2001).

Certaines plantes sont capables de rivaliser avec un antimigraineux, un somnifère, ou des antidépresseurs", commente le Dr Bertrand Graz, médecin généraliste spécialiste en santé publique.

Le millepertuis, par exemple, apparaît comme équivalent en efficacité avec les traitements de référence contre la dépression. Mais son grand intérêt par rapport à un antidépresseur classique est de provoquer moins d'effets secondaires (Marie, 2016).

Traitement d'infections chroniques ou récurrentes (bronchites, cystites), d'allergies, d'affections liées à une mauvaise circulation, de troubles hormonaux et gynécologiques (ménopause, règles irrégulières), d'affections gastro-intestinales, de problèmes dermatologiques ou d'affections légères du système nerveux (stress, insomnie et spasmophilie), La phytothérapie soigne aussi les maladies articulaires comme l'arthrose (Iserin *et al.*, 2001).

Les plantes médicinales sont utilisées dans de nombreuses activités qui font l'objet d'échanges commerciaux pour la fabrication de médicaments car elles représentent la partie importante et essentielle de matières premières.

Qui sous-tendent l'industrie pharmaceutique, sont utilisées comme arômes pour amélioration de goût ou colorants naturels, utilisées dans la fabrication de produits cosmétique par l'utilisation des huiles volatiles, dans les boissons à base de plantes et exportées à l'étranger comme le thé, le café, la camomille et la menthe (Mebarki *et al.*, 2012).

2.3. Conservation de plante

De nombreuses plantes médicinales ne sont certainement pas destinées à un usage immédiat. Au lieu de cela, nous voulons les conserver jusqu'à ce que la maladie survienne. Dans certains cas, le stockage n'est possible que lorsque certaines procédures sont d'abord effectuées sur les plantes récoltées. L'une des procédures les plus courantes est le séchage des plantes (Hans, 2007).

La plupart des produits utilisés pour le séchage doivent être traités dès que possible après la récolte. Choisissez une pièce chaude, ombragée et bien aérée.

Accrochez la plante entière à l'envers sur la poutre (pas dix plantes par bouquet) et étalez les feuilles. Coupez les tiges et les racines sur de la gaze ou du papier absorbant.

Au mieux, de la gaze ou du papier est placé sur la grille pour que l'air puisse également circuler par le bas. Le temps de séchage dépend de la température de l'eau et de l'épaisseur des différentes parties de la plante. En conséquence, on contrôle régulièrement les plantes étalées et enlever immédiatement les parties pourries. Il est aussi conseillé de retourner de temps en temps les plus grands tronçons (Hans, 2007).

On peut également faire sécher les plantes au four à environ 50°C ou au four à micro-ondes mais les arômes et les propriétés thérapeutiques ne resteront alors pas toujours totalement intactes. On peut commencer à stocker les plantes séchées lorsqu'elles sont devenues très légèrement cassantes. Pour conserver vos plantes utilisez des récipients en verre ou en porcelaine ou bien des sachets en papier ou des pochons en tissu. Dans de très nombreux cas, il est également possible de congeler les plantes, les substances actives et nutritives ainsi que les arômes seront alors conservés pour la grande majorité des espèces (Hans, 2007).

2.4. Mode d'emploi des plantes médicinales

Afin de garantir les effets des médicaments, les plantes doivent être traitées et transformées.

Utilisé pour extraire des substances avec des actions spécifiques. Au vu de la diversité des ingrédients qui composent chaque principe actif, il est nécessaire de développer différentes méthodes pour les extraire selon les objectifs attendus (Bekhachi *et al.*, 2014).

Décoction

La décoction convient généralement aux racines, écorces, bois, branches de fruits... (Bekhachi et *al.*, 2014).

Le processus d'extraction par décoction consiste à faire bouillir une partie ou la totalité des plantes dans de l'eau pendant une période de temps spécifiée (10 à 30 minutes), puis à faire macérée pendant une période de temps et enfin à filtrer avec du papier spécial ou un tamis fin (Bekhachi et *al.*, 2014).

I 'infusion

L'infusion est la forme de préparation la plus simple ; généralement utilisée pour les organes délicats des plantes ; fleurs, feuilles odorantes, sommités... cette forme assure la meilleure diffusion des substances volatiles ; arômes, résines, huiles... (Bekhachi et *al.*, 2014).

La macération

Les macérations font généralement intervenir des plantes dont les substances actives sont susceptibles de disparaître ou de se dégrader sous l'action de la chaleur (par ébullition). Ils peuvent être définis comme une infusion froide à long terme (jours) (Bekhachi et *al.*, 2014).

3. présentation de *Rosmarinus officinalis* L.

3.1. Etymologie et noms vernaculaire

3.1.1 Etymologie

Le nom « romarin » vient du latin « *rosmarinus* » (rosée de mer) (Auguste, 1862), ou bien du grec « *rhopomyrinos* » (buisson aromatique) (Helmut, 1996), ou encore du latin « *rhusmarinus* » (sumac de mer) (Rameau, 2008).

On l'appelle également « herbe-aux-couronnes » (Huguette, 2008).

3.1.2. Noms vernaculaire

- Tamazight : Azir, Assir. أزير، يزير
- Arabe : Iklil Al Jabal, hassaelben. إكليل الجبل، حصا اللبان
- Français : Romarin.
- Anglais : Rosemary (El Rhaffari, 2008).

3.2. Description botanique

Le nom de «romarin» est dérivé du mot latin "rosmarinus", signifiant "la rosée de la mer". *Rosmarinus officinalis* L.

Chapitre I : La plante médicinale *Rosmarinus officinalis* L.

Est un arbrisseau de la famille des *Lamiaceae*, c'est une plante vivace, très ramifiée et abondamment touffue, avec une odeur aromatique caractéristique.

Les feuilles sont simples, dures, linéaires avec des marges révolutes, verdâtres et plissées sur le dessus et tomenteuses dessous, 2-4 mm large. Les fleurs sont groupées en petites grappes axillaires terminales avec des bractées. Le romarin est un chamaephyte pérenne qui pousse le plus souvent dans les garrigues et les forêts de pin, de cèdre ou de genévrier. (figure 01 et 02) (Iucn, 2005).

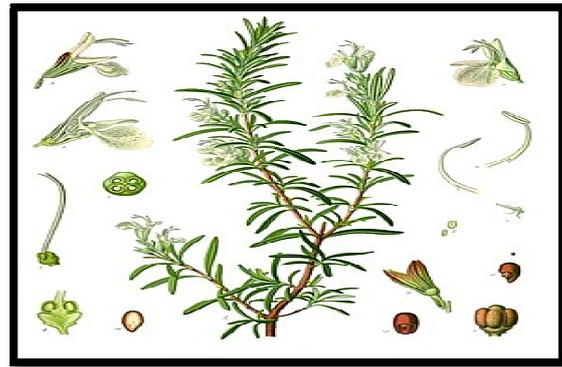


Figure 01 : les fleurs de *Rosmarinus officinalis* **Figure 02** : *Rosmarinus officinalis*.

officinalis.l (site web, 2020).

(Pixabay, 2014).

3.3. Systématique

Sa classification est la suivante selon Goetz (2007).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Embranchement	Magnoliophyta
Sous-embranchement	Magnoliophytina
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Espèce	<i>Rosmarinus officinalis</i> L

3.4. Répartition géographique

L'aire géographique du Romarin est méditerranéenne, il est répandu dans les pays européens, en France, en Espagne, au Portugal. De l'autre côté de Gibraltar on le retrouve au Maroc, en Algérie, en Tunisie et en Libye, mais qu'il est abondant, il devient rare en Egypte, Liban, à Chypre, il réapparaît en Turquie, en Grèce et en Italie (Granger, 1976).

L'Algérie fait partie des pays méditerranéens, par sa diversité climatiques (climat méditerranéen humide, semi-aride, et aride) et richesses en couvert végétale, le Romarin fait partie des espèces végétales qui on trouve à l'état sauvage dans les zones littorales pas trop loin de la mer, les lieux sec et arides (Aurès) même au Sahara (Beniston, 1982).

3.5. Composition biochimique

On trouve dans le romarin: (2 à 4 %) de dérivés triterpéniques tels que : l'acide ursolique, l'acide oléanolique, l'acétate de germanicol ; des lactones diterpéniquespicrosalvine, dérivés de l'acide canosolique, romanol, romadial, des acides phénolique, des acides gras hydroxylés surtout des dérivés de l'acide décanoïque, des acides gras organiques l'acide citrique, glycolique, et glycérique, des stérols, de la choline , du mucilage.

Et on trouve l'huile essentielle du romarin (HE) (1 à 2% dans la plante) qui contient : de l' α -pinène (7 à 80%), de la verbénone (1 à 37%), du camphre (1 à 35%), de l'eucalyptol (1 à 35%), du bornéol (4 à 19%), de l'acétate de bornyle (jusqu'à 10%) et du camphène. (Bellakhdar, 1997) et de la résine. (Beloued, 1998).

Les résultats de l'analyse de chromatographie en phase liquide haute performance ou haute pression (HPLC) ont montré respectivement la composition suivante : lutéolineglucoside : 2.90 mg/g ; naringine-glucoside : 7.16 mg/g ; lutéoline : 2.45 mg/g ; apigénine : 1.80mg/ g. L'acide vanillique 0.004 mg/g ; l'acide caféique 0.012 mg/g ; naringine 0.570 mg/g ; l'acide rosmarinique 2.080 mg/g ; hispiduline 0.020 mg/g ; cirsimaritine 0.080 mg/g ; carnosol 0.580 mg/g ; acide carnosique 12.180 mg/g (Koşar et al.,2005 ; Luis et al., 2007).

Pour les éléments minéraux, la spectrométrie d'émission atomique a pu identifier 18 éléments : (Al=146.48 mg/kg), (Ca=7791.80 mg/kg), (Fe=330.16 mg/kg), (K=14916.23 mg/kg), (Mg=1634.55 mg/kg), (Na=2711.87 mg/kg), (P=1474.60 mg/kg), (Cr=97.36 mg/kg), (Sr : 74.65 mg/kg)(Arslan et al., 2008).

3.6. Utilisation du romarin

3.6.1. Alimentaire

L'huile et l'épice de romarin sont largement utilisés en alimentation, l'épice est utilisée dans les aliments cuits, viande et les aliments industriels, avec le niveau maximum utilisé d'environ 0,41% dans les aliments cuits. L'huile essentielle est utilisée dans les desserts glacés, confiseries, gélatines (Zoubeidi, 2004).

3.6.2. Parfumerie et cosmétique

Au 19^{ème} siècle, l'essence de romarin est utilisée dans la fabrication de très célèbre eau de Cologne de la reine de Hongrie. Dans les dernières années, elle entre dans la composition des savonneries, détergent, crème, l'eau de toilette (Albert, 1996).

Le romarin entre dans la composition de parfums surtout les parfums masculins ainsi que dans la formation des pommades dermiques La pommade à base de feuilles est utile contre les névralgies, l'eczéma et les plaies mineures. Il est également utilisé comme produit de rinçage pour les cheveux et bains de bouche. (Goetz et Ghèdira, 2012).

3.6.3. Thérapeutique

Le romarin possède des composés qui préviennent la baisse de l'acétylcholine qui survient lors de la maladie d'Alzheimer. Il améliore aussi la circulation sanguine dans le cerveau (Kabouche, 2005).

Il aurait également une action contre le cancer. Lors d'étude de laboratoire, le romarin a démontré la capacité d'inhiber, chez l'humain, l'aflatoxine, un cancérigène que l'on retrouve sur de nombreux produits alimentaires destinés à l'homme ou aux animaux (Jhonson, 1999).

Le romarin est une plante carminative et stomachique. Il est utilisé pour traitement dès les entorses les foulures les contusions et les torticolis, crampes d'estomac et la flatulence, et à stimuler l'appétit et la sécrétion de sucs gastriques. Il est utile contre les maux de tête et les maux de nerfs. Il procure un soulagement des douleurs musculaires et des douleurs articulaires. Il est utilisé pour traiter la dépression, la migraine et les troubles du foie et la digestion (Goetz et Ghèdira, 2012).

3.6.4. Phytosanitaires

L'HE de Romarin possède un pouvoir insecticide. Il synthétise des polyphénols et des terpènes toxiques pour un grand nombre d'insectes. L'HE de Romarin est active contre les

stades larvaires du moustique *Aedes aegypti* et contre le charançon du Blé *Sitophilus granarius* (Gurib, 2014).

3.6.5. Vétérinaires

Le Romarin peut protéger les animaux de compagnie des puces. Pour cela, il faut laver son coussin, ajouter quelques gouttes d'HE à l'eau de rinçage puis vaporiser un désinfectant au Romarin sur l'animal, après le bain, pendant qu'il sèche à l'air libre (Collectif, 2010).

3.6.6. L'activité biologique du romarin

Il est considéré comme l'une des sources les plus importantes pour l'extraction des composés phénoliques d'une forte activité antioxydant. Les extraits végétaux de romarin appliqués comme conservation des aliments et de huile lipidique riches en composés phénoliques sont des antioxydants efficaces en raison de leurs groupes hydroxyles phénoliques, ils possèdent ainsi des effets bénéfiques comme antimicrobiens, antiviraux, activités anti cancérogènes anti-inflammatoires et sont également connu pour être un agent chimio préventif efficace.

Par conséquent, cette espèce contient des ingrédients bioactifs qui fournissent une valeur complémentaire, autre que celle nutritionnelle, à appliquer en industrie alimentaire.

Cependant, les substances bioactives particulières du romarin responsables de certaines activités biologiques, comme l'activité antimicrobienne, n'ont pas été profondément caractérisées.

Elles sont utilisé pour améliorer la mémoire, combat les effets de stresse et de la fatigue et traite la voie respiratoire et les états adynamique des fièvres typhoïdes (Moreno et *al.*, 2012).

L'extrait d'huile essentielle de romarin faisait partie du groupe d'huiles essentielles ayant des effets antifongiques (Yang et *al.*, 2007).

Des extractions de romarin sont utilisées pour traiter le syndrome de sevrage de la morphine (Hossein *etal.*, 2003).

3.7. Période de récolte

La méthode de récolte a lieu après l'apparition des fleurs comme signe de leur maturité et il apparaît dans la période de janvier à mai et d'octobre à septembre, et la méthode de

Chapitre I : La plante médicinale Rosmarinus officinalis L.

récolte peut être effectué pendant les mois de mars et avril et pendant les mois d'octobre et novembre (Heikal et Omar., 1993).

CHAPITRE II : METABOLITES SECONDAIRE

Introduction

L'une des principales origines des plantes est leur capacité à produire une grande variété de substances naturelles. En fait, elles accumulent souvent des métabolites dites secondaires avec les principaux métabolites classiques (glucides, protéines, lipides et acides nucléiques). La fonction physiologique n'est pas toujours évidente, mais il représente une source de molécules que l'homme peut utiliser dans des domaines autres que la pharmacologie et l'industrie alimentaire (Macheix *et al.*, 2005).

1. Définition

Les métabolites secondaires sont présents dans toutes les plantes supérieures (Hartmann, 2007). Ils sont synthétisés à partir des précurseurs originaires du métabolisme primaire (Kabera et *al.*, 2014).

Les métabolites secondaires sont classés en plusieurs grands groupes : parmi ceux-ci, les composés phénoliques, les terpènes et stéroïdes et les composés azotés dont les alcaloïdes. Chacune de ces classes renferme une très grande diversité de composés qui possèdent une très large gamme d'activités en biologie humaine (Bruneton, 1993 ; Tyler et *al.*, 1981 ; Guignard, 1996).

2. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des molécules synthétisées par les plantes au cours de métabolisme secondaire et peuvent se défendre contre les agressions environnementales. Ils sont situés dans différentes parties de la plante. Ces composés rassemblent de nombreuses molécules et représentent l'un des groupes les plus importants du règne végétal (Muanda, 2010).

Ils sont associés à de nombreux processus physiologiques interviennent dans la qualité alimentaire, impliqués lorsque la plante est soumise à des blessures mécaniques.

La capacité d'une espèce végétale à résister à l'attaque des insectes et des microorganismes est souvent corrélée avec la teneur en composés phénoliques (Bahorun, 1998).

2.1. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des produits largement distribués dans le règne végétal et sont généralement consommés quotidiennement sous forme de fruits, de légumes et de boissons (comme le vin et le thé).

Ils peuvent réguler l'activité de certaines enzymes et modifier le comportement de plusieurs systèmes cellulaires, indiquant qu'ils peuvent exercer une variété d'activités biologiques, y compris des propriétés antioxydantes, vasoprotectrices, anti-hépatotoxiques, anti-allergiques, anti-inflammatoires, anti-ulcères, et a même des propriétés anti-âge significatives médicaments d'oncologie (Ghedira, 2005).

Ce sont des dérivés du noyau flavone ou 2-phényl chromone (Milane, 2004) à 15 atomes de carbone (C6-C3-C6), constitué de deux noyaux aromatiques, que désignent les

lettres A et B, reliés par un hétérocycle oxygéné, que désigne la lettre C, portant des fonctions phénols libres, éthers ou glycosides (Dacosta, 2003).

On signale que le noyau flavone est lui-même un dérivé du noyau flavane de base (figure 03).

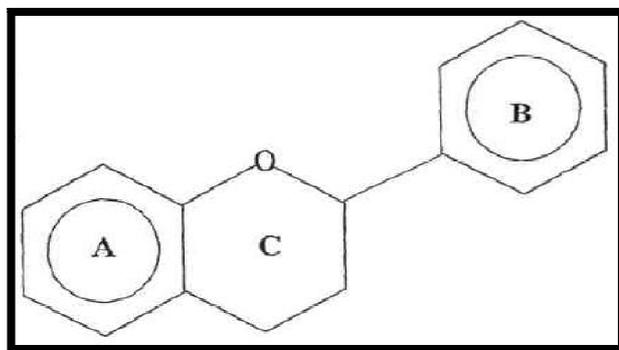


Figure 03 : schéma simplifié des flavonoïdes (Milane, 2004).

Il est indéniable que les flavonoïdes ont des propriétés importantes dans divers systèmes biologiques, et ses propriétés peuvent être appliquées en thérapie.

Cependant, même si de nombreuses études soutiennent l'utilisation potentielle des flavonoïdes en thérapie, tous ces potentiels n'ont pas encore été réalisés. Cependant, les dérivés de rutine peuvent être utilisés pour améliorer la résistance capillaire en thérapie, et les flavonoïdes sont des composants couramment utilisés comme agents de protection vasculaire et de venotoniques utilisés en biologie veineuse.

En outre, en raison de la demande accrue des consommateurs pour des produits d'origine naturelle et de l'intérêt manifesté pour les plantes comestibles contenant de telles substances, l'utilisation de plantes contenant des flavonoïdes augmente, seules ou en combinaison. Prouver qu'il peut être utilisé pour prévenir les maladies cardiovasculaires et le cancer quelques structures des flavonoïdes sont présentés dans la figure 04 (Ghedira,2005).

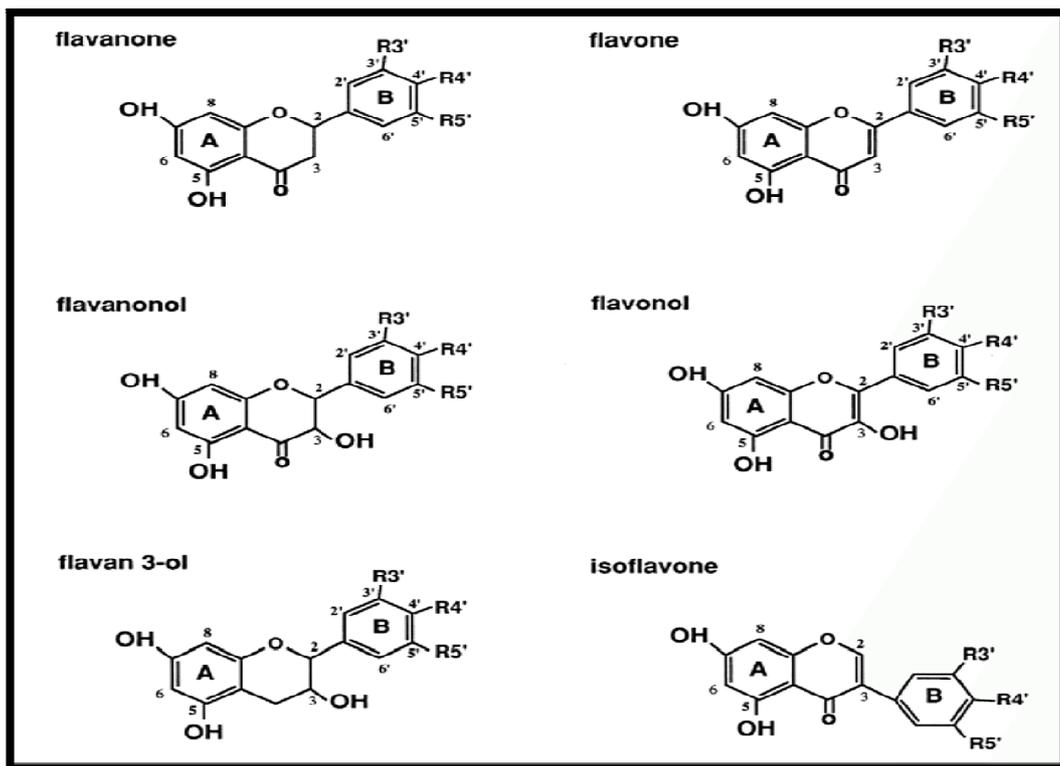


Figure 04 : Structures de quelques flavonoïdes (Gamet-Payraastre et *al.*, 1999).

2.2. Les coumarines

Les coumarines constituent une classe importante de produits naturels et donnent une odeur caractéristique semblable à celle du foin fraîchement fauché. A l'exception des algues, ces composés sont les constituants caractéristiques du règne végétal chlorophyllien.

Les familles les plus riches en coumarines sont : les Légumineuses, Rutacées, Apiécées et Thymeleacées.

Elles se trouvent dans toutes les parties de la plante et notamment dans les fruits et les huiles essentielles des graines. Les coumarines sont des substances phénoliques qui deviennent des acides hydroxy cinnamiques par cyclisation interne de la chaîne latérale. Les coumarines ont des effets différents sur le développement des plantes suivant leur concentration et aussi selon l'espèce. Dans la cellule végétale elles sont principalement présentes sous forme glycosylée. Cette glycosylation est une forme de stockage permettant d'éviter les effets toxiques de ces molécules (figure 05) (Michel, 2001).

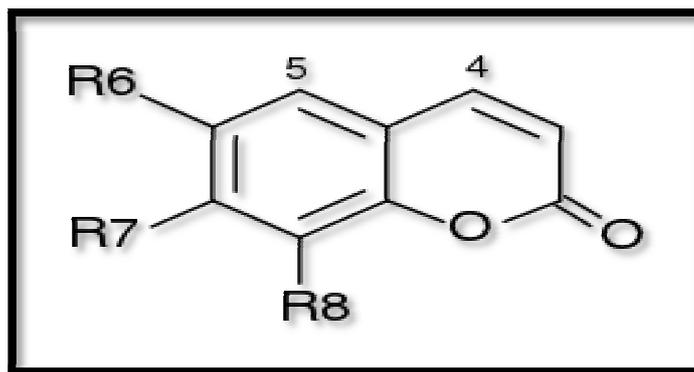


Figure 05 : structure de base des coumarines (Michel, 2001).

2.3. Les tannins

Les tanins sont des composés phénoliques très abondants dans les angiospermes, les gymnospermes et les dicotylédones. Ils ont la capacité de se lier et de précipiter les protéines.

Ses combinaisons varient d'une protéine à l'autre, en fonction du degré d'affinité. Les molécules de tanin se lient aux protéines par des liaisons qui résistent aux attaques fongiques et bactériennes.

Le poids moléculaire des tanins varie entre 500 et 2000 Daltons (la structure la plus complexe est de 3000) (Haslam, 1994).

2.3.1 Les tanins hydrolysables

Ces tanins sont des dimères d'acide gallique condensés sur un dérivé glycosyle (figure 06). Ils comprennent l'acide gallique et les produits de condensation de son dimère, l'acide hexahydroxydiphénique (107, 108, 109).

Comme leur nom l'indique, ces tanins subissent facilement une hydrolyse acide et basique, ils s'hydrolysent sous l'action enzymatique et de l'eau chaude (Conrad et al., 1998).

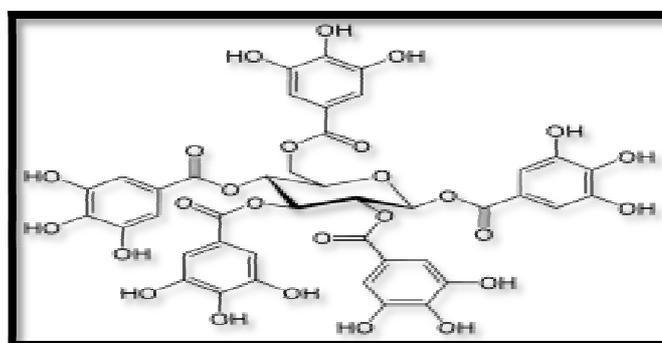


Figure 06 : structure de tanins hydrolysables (Funagowa, 2004).

2.3.2 Les tanins condensés

Appelés aussi proanthocyanidines ou procyanidines, les tanins condensés, sont des polyphénols de masse molaire élevées (figure 07).

Ils résultent de la polymérisation autooxydative ou enzymatique des unités de flavan-3,4-diol liées majoritairement par les liaisons C4-C8 (parfois C4-C6) des unités adjacentes, et se nomment ainsi pro anthocyanidines de type B.

Lorsque la condensation se produit entre les unités adjacentes par la liaison C4-C8 et par une liaison d'éther additionnelle entre C2 et C7, les proanthocyanidines sont dits de types A (Wollgast et *al.*, 2000 ; Dykes et *al.*, 2006).

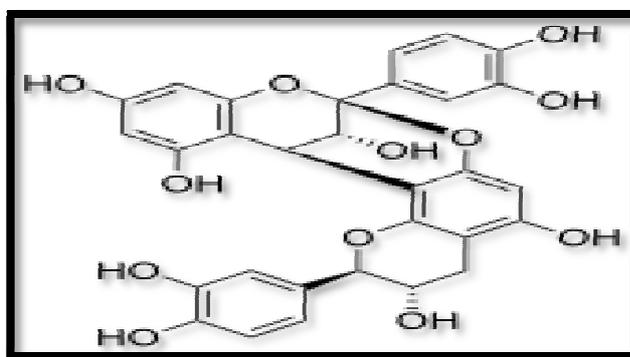


Figure 07 : Structure de tanins condensés (Blazsó, 2004).

2.4 Les alcaloïdes

Les produits alcalins d'origine végétale contiennent de l'azote et ont une grande activité pharmacologique. Ce sont des médicaments connus qui se sont révélés utiles pour le traitement de certains types de cancer.

D'autres alcaloïdes (comme l'atropine) ont un effet direct sur l'organisme : activité sédative, effets sur les maladies neurologiques (maladie de Parkinson) (Iserin, 2001).

Les alcaloïdes sont des substances organiques d'origine végétale, azotée et à caractère alcalin (figure 08).

Bien que beaucoup d'entre eux soient toxiques (comme la strychnine ou l'aconitine), certains sont employés dans la médecine pour leurs propriétés analgésiques (comme la morphine, la codéine), dans le cadre de protocoles de sédation (anesthésie, atropine) souvent accompagnés des hypnotiques, ou comme agents antipaludéens (quinine, chloroquinine) ou agents anticancéreux (taxol, vinblastine, vincristine).

La morphine a été le premier alcaloïde isolé dans l'opium (vers 1805). Puis on découvrit la strychnine (1818).

Les autres alcaloïdes plus connus sont : la colchicine, l'atropine, le tubocurarine, la théine, la cocaïne, la mescaline, l'acide lysergique et l'aconitine (Zenk *et al.*, 2007).

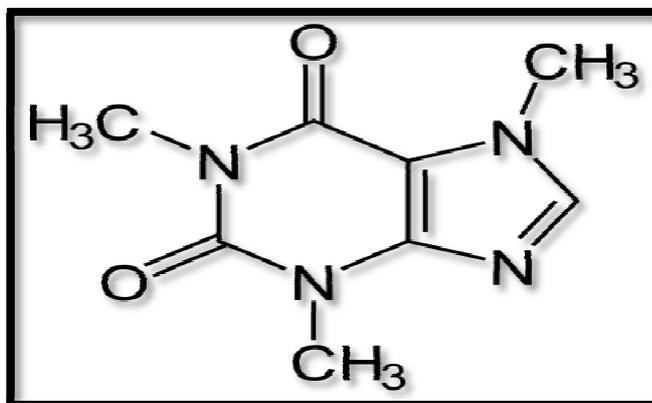


Figure 08 : Structure des alcaloïdes (Brossi, 1989).

3. les huiles essentielles

Sont définies comme étant des liquides concentrés, très complexes et hydrophobes. Ce sont des extraits volatils et odorants qu'on obtient par extraction mécanique, distillation à la vapeur d'eau ou distillation à sec de plantes aromatiques (fleur, feuille, bois, racine, écorce ou fruit).

Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux, végétatifs et reproducteurs, en particulier les sommités fleuries (lavande, menthe, bergamotier, tubéreuse) mais aussi les feuilles (citronnelle, eucalyptus, laurier) (Teixeir *et al.*, 2013).

Elles ont des propriétés et de plantes d'utilisation particuliers et donnent naissance à une branche nouvelle de la phytothérapie : l'aromathérapie (Möller, 2008).

Les HEs sont volatiles, alors n'oubliez pas de bien refermer le flacon. Il est préférable de les conserver dans des flacons en aluminium ou en verre coloré (marron, vert ou bleu) et de les protéger de la lumière à température ambiante (jusqu'à 20 degrés).

Il existe des normes spécifiques pour le conditionnement, le conditionnement et le stockage des HEs. Ainsi que sur le marquage des récipients contenant des HEs (Afnor, 1996).

3.2. Les propriétés des huiles essentielles

3.2.1. Propriétés antimicrobienne

Les huiles essentielles se sont révélées efficaces dans le contrôle de la propagation de graves maladies, comme la peste dans l'ancienne Athènes par Hippocrate et plus tard le choléra. Les personnes qui travaillaient en parfumerie à Paris et Londres semblaient résister à cette maladie. Les propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles, connues depuis l'antiquité, ont fait l'objet d'un bon nombre de publications qui ont confirmé, par des études *in vitro*, leur action inhibitrice contre des variétés de bactéries (Gram positives et Gram négatives) appartenant aux groupes pathogènes ou incriminés dans le processus d'altération des produits alimentaires. Plusieurs molécules présentes dans les huiles essentielles sont douées de propriétés antimicrobiennes et particulièrement les phénols (tels que le carvacrol, le thymol et l'eugénol), les alcools (tels que le linalool) et les aldéhydes (tels que le cinnamaldéhyde). Ce sont généralement les huiles essentielles riches en de telles molécules qui présentent la plus grande efficacité antimicrobienne (Bouhdid et *al.*, 2012).

Certaines huiles essentielles ont le pouvoir d'inhiber la germination des spores de *Clostridium botulinum* et de *Bacillus cereus*. D'autres sont capables d'altérer la pathogénicité des bactéries les huiles essentielles de la tige du clou de girofle (*Syzygium aromaticum*), des feuilles de la cannelle (*Cinnamomum verum*), de la noix de muscade (*Myristica fragrans*) et du thym (*Thymus vulgaris*) réduisent la production de la listériolysine O par *Listeria monocytogenes*. L'hémolyse due à l' α -toxine est sensiblement réduite après la culture de *Staphylococcus aureus* en présence des huiles essentielles de la tige du clou de girofle, des feuilles de la cannelle, de la noix de muscade et du thym (Bouhdid et *al.*, 2012).

3.2.2. Propriétés antioxydants

Beaucoup d'HEs et leurs composants peuvent agir comme agent antioxydant protégeant le produit contre la prolifération des microorganismes pathogènes ou d'altération. Ainsi, l'application de ces agents aux produits frais et transformés améliore la teneur en antioxydants du produit permettrait d'éviter des processus d'oxydation catalysés par des enzymes, et peut également empêcher les pertes d'antioxydants naturels (Moreira et *al.*, 2016).

Récemment, les consommateurs refusent les antioxydants synthétiques en raison de leur cancérogénicité, au cours des dernières décennies, un intérêt croissant aux antioxydants naturels, composés antioxydants en particulier d'origine végétale, et apparus beaucoup d'herbes, d'épices et leur extrait ont été ajoutés à une variété d'aliments pour améliorer leurs caractéristiques sensorielles et prolonger la durée de vie. Les herbes de la famille des lamiales, principalement l'origan (*Origanum vulgare*), le romarin (*Rosmarinus officinalis*) et la sauge (*Salvia officinalis*), ont été rapportées d'avoir une capacité antioxydante importante (Bohme et al., 2014).

Ainsi, de nombreuses études ont montré que les HEs sont une source abondante de composés présentant une forte activité antioxydante et que ces composés peuvent être utilisés comme antioxydants naturels dans l'industrie alimentaire (Burt, 2004 ; Sahsavari et al., 2008).

3.2.3. Propriétés physiques

Liquides à température ambiante, les HEs sont volatiles, ce qui les différencie des huiles « fixes ». Elles ne sont que très rarement colorées.

La densité est en général inférieure à celle de l'eau (les HEs de sassafras, de girofle ou de cannelle constituent des exceptions). Elles ont un indice de réfraction élevé et la plupart dévient la lumière polarisée. Solubles dans les solvants organiques usuels, elles sont liposolubles. Entraînables à la vapeur d'eau, elles sont très peu solubles dans l'eau.

Elles le sont toutefois suffisamment pour communiquer à celle-ci une odeur. Cette eau est une « eau distillée florale » une préparation voisine est obtenue par mise en solution d'arômes dans de l'eau purifiée : on parle alors « d'eau aromatisée florale » (Bruneton, 1993).

3.3. Mécanisme d'action antimicrobienne

Les principaux mécanismes antimicrobiens et sites d'action des différents constituants des HEs sont :

- L'altération de la paroi cellulaire.
- La dégradation de la membrane cytoplasmique.
- L'altération des protéines membranaires.
- La fuite du contenu cellulaire.
- La coagulation du cytoplasme.
- L'épuisement de la force de mouvement des protons.

Une caractéristique importante des HEs et de leurs constituants est leur caractère hydrophobe, ce qui leur permet de s'insérer dans les couches lipidiques de la membrane cellulaire bactérienne et des mitochondries, perturbant les structures et les rendant plus perméables. La fuite des ions et autres constituants de la cellule peut alors se produire (Goetz *et al.*, 2012).

3.4. Propriété d'huile essentielle de romarin

Parce que l'HE du romarin a la capacité de stimuler le corps humain, il a une forte vitalité. Son arôme de camphre est exubérant, chaud et pénétrant. Il est excitant au niveau du cerveau et a un effet stimulant sur le système nerveux central. Aide à soulager les personnes souffrant de la perte de mémoire, des maux de tête et du stress émotionnel et peut restaurer la clarté mentale et la concentration (Buronzo, 2008).

Cœur et tonique intraveineux, l'huile essentielle de romarin peut stimuler efficacement la circulation et le métabolisme.

Il étend son effet sur le système digestif et le système respiratoire : il a un effet bactéricide en cas de diarrhée ou d'infection intestinale ; il peut résister à la bronchite, à la toux sévère, à l'asthme, au rhume et à la sinusite.

Il convient au massage pour réactiver et réguler la fonction du système hépatique, détoxifier le foie, excréter et fluidifier la bile et congestionner la vésicule biliaire. En cosmétique, elle est utilisée pour lutter contre la sécheresse de la peau, stopper la chute des cheveux, leur donner de la vigueur et éliminer les pellicules (Buronzo, 2008). La figure 03 représente l'aspect général de l'huile.



Figure 09 : l'huile essentielle de romarin (Site web, 2018).

3.5. Localisation

Elles sont élaborées par des glandes sécrétrices qui se trouvent sur presque toutes les parties de la plante. Elles sont sécrétées au sein du cytoplasme de certaines cellules ou se rassemblent sous formes de petites gouttelettes comme la plupart des substances lipophiles (Gonzalez *et al.*, 2007).

Les HEs peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : fleurs (bergamotier, tubéreuse), mais aussi dans les feuilles (eucalyptus, citronnelle) et bien que ce soit moins habituel, dans des écorces (cannelier), des bois (bois de rose, santal), racines (vétiver), des rhizomes (curcuma, gingembre), des fruits (anis), des graines (muscade) (Bruneton, 1993).

3.6. Méthodes d'extraction

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction de essences végétales. En général le choix de la méthode d'extraction dépendra de la nature du matériel végétal à traiter (graines, feuilles, ...), de la nature des composés (par exemple, les l'huile essentielles, huiles lourdes...). Le rendement en huile et la fragilité de certains constituants des huiles aux températures élevées.

Les principales méthodes d'extraction sont :

- Distillation à vapeur saturée
- Entraînement à la vapeur d'eau
- Hydro diffusion
- Expression à froid
- Extraction par solvants
- Hydro distillation
- Extraction par les corps gras
- Extraction par micro- ondes

Quelle que soit la méthode d'extraction utilisée, les étapes d'extraction des huiles essentielles d'origine végétale sont les mêmes. Dans un premier temps, il faut extraire les molécules aromatiques qui composent l'huile essentielle des matières premières végétales, puis séparer ces molécules du milieu de culture par distillation (Lucchesi, 2005).

3.7. Hydro distillation

L'hydro distillation proprement dite est la méthode normée pour l'extraction d'une huile essentielle, ainsi que pour le contrôle de qualité (Lucchesi, 2005). Le principe de l'hydro distillation correspond à une distillation hétérogène. Le procédé consiste à immerger la matière première végétale dans un bain d'eau. L'ensemble est ensuite porté à ébullition généralement à pression atmosphérique (Meyer, 1984).

La température d'ébullition du mélange est atteinte lorsque la somme des tensions de vapeur de chacun des constituants est égale à la pression d'évaporation. Elle est donc inférieure à chacun des points d'ébullition des substances pures. Ainsi le mélange (eau + huile essentielle) distille à une température inférieure à 100°C à pression atmosphérique (Figure 04) (Afnor, 1992).

Par contre, les températures d'ébullition des composés aromatiques sont la plupart très élevés (Lucchesi, 2005) et (Lagunez, 2006).

La durée d'une hydro distillation peut considérablement varier, pouvant atteindre plusieurs heures (Benikhlef, 2005).

Selon le matériel utilisé et la matière végétale à traiter. La durée de la distillation influe non seulement sur le rendement mais également sur la composition de l'extrait (Lagunez, 2006).

L'hydrodistillation a ses limites. En effet, un échauffement excessif pendant longtemps va provoquer la dégradation de certaines plantes et la dégradation de certaines molécules aromatiques. Pour certaines plantes fragiles (comme les pétales), c'est la méthode pour utiliser une technique d'extraction plus adaptée.

C'est ce qu'on appelle la distillation sèche. Cette technique ancestrale utilisée par les alchimistes arabes dans le passé (Lucchesi et *al.*, 2004).

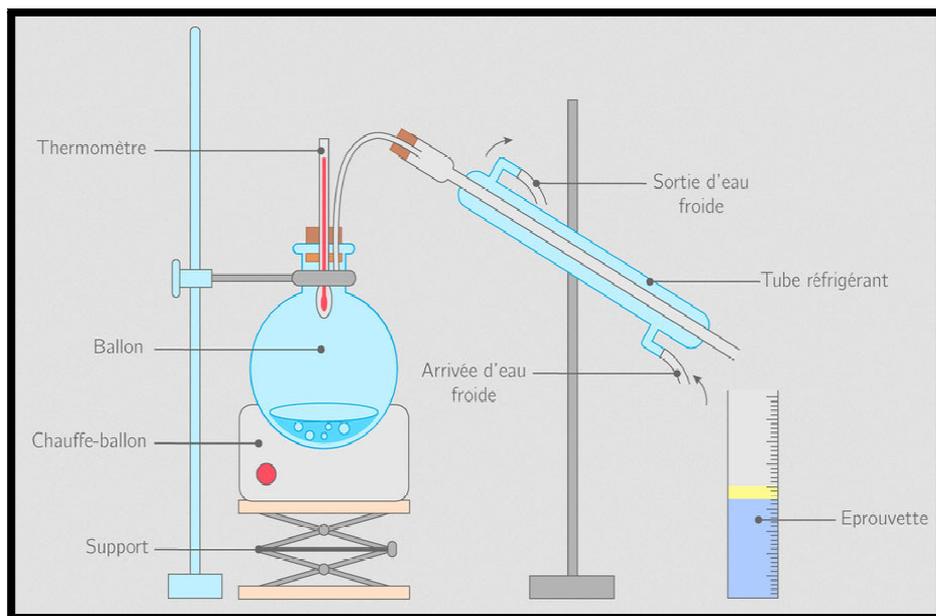


Figure 10 : méthodes d'extraction par hydrodistillation (Jimdo, 2021).

3.8. Composition chimique

Les constituants des huiles essentielles peuvent être répartis en deux classes principales en fonction de leur voie de biosynthèse : les terpénoïdes (composés terpéniques) et les phénylpropanoïdes. Ils sont constitués de mélanges extrêmement complexes. (Buchanan et *al.*, 2000).

Elles peuvent également renfermer divers produits issus du processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils (Bruneton, 1999).

CHAPITRE III : L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE

Introduction

Le monde bactérien est très vaste. Elles assurent à la surface du globe, sur le sol et dans Les eaux d'innombrables fonctions, elles exercent des actions bénéfiques (ex : bactéries fertilisantes du sol), mais d'autres peuvent provoquer des infections chez les plantes, les animaux et également chez l'homme (Khiati, 1998).

Il est connu que le traitement des infections bactériennes se base principalement sur les Utilisation des antibiotiques. Hélas, la consommation à grande échelle de ces « médicaments à entraine la sélection de souche multi résistantes d'où l'importance d'orienter les Recherches vers de nouveaux substituts, surtout les végétaux qui ont toujours constitue une source d'inspiration dans les recherches médicales (Ali-Shtayeh et *al.*, 1998).

1. Généralité sur les bactéries

1.1 Définition d'une bactérie

Une bactérie est un être vivant unicellulaire (procaryote) de petite taille, sont très nombreuses de morphologie variable qui présente des caractéristiques propres, la taille d'une bactérie varie entre 1 à 10 μm . Le poids d'une bactérie est d'environ 10-12 g.

Elle contient 70% d'eau. Rapporté au poids sec, une bactérie est constituée de protéines (55%), de lipides (10%), de lipopolysaccharides (3%), de peptidoglycane (3%), de ribosomes (40%), d'ARN (20%) et d'ADN (3%) (Figure 1) (UMVF, 2014).

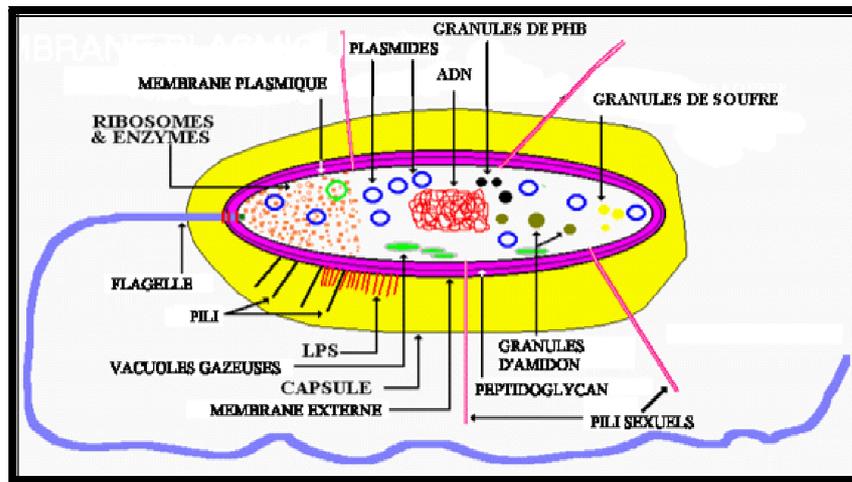


Figure 11 : morphologie et structure de la cellule bactérienne (Baltimore, 2000).

1.2 Définition de L'activité antibactérienne

L'activité antibactérienne correspond à l'activité d'une molécule ou de composés présents dans les plantes, qui inhibent la croissance des bactéries ou tuent les bactéries à de très faibles concentrations.

La sensibilité des bactéries aux agents antibactériens varie selon la nature de l'agent antibactérien. Face aux agents antibactériens, la sensibilité des bactéries peut varier selon la souche à laquelle elles appartiennent (Nicolas, 1998).

L'huile essentielle de romarin a un effet cytotoxique sur les bactéries (Davidson, 1997).

Grâce à leurs variabilités des constituants suggère qu'elles agissent sur plusieurs sites d'action dans les micro-organismes. Étant donné que chaque composé possède son propre mode d'action (Guinoiseau, 2010).

Comme cela est le cas pour les agents chimiques on distingue, pour les huiles essentielles et les extraits, deux sortes d'effets ; un effet bactéricide c'est-à-dire létale et un effet inhibiteur de croissance mais non létal dit bactériostatique.

1.3. Grandeurs de mesure

L'efficacité de l'huile essentielle testée est évaluée par la mesure de deux concentrations CMI et CMB :

➤ CMI : Concentration Minimale Inhibitrice : concentration minimale d'agent antimicrobien qui inhibe la croissance bactérienne, après incubation en conditions standards, par comparaison avec un contrôle de croissance ne contenant pas l'agent testé, les microorganismes restent cependant viables (Klaric et *al.*, 2006).

➤ CMB : Concentration Minimale Bactéricide : concentration minimale d'agent antimicrobien nécessaire pour détruire l'inoculum initial après incubation en conditions standards. Les microorganismes ne sont plus viables. La CMB est aussi connue sous le nom de CML : Concentration Minimale Létale (Pfaller et *al.*, 2004). La CMI et la CMB sont aussi utilisées lors d'études sur les effets antifongiques (Pinto et *al.*, 2006).

Ces deux concentrations peuvent être exprimées en $\mu\text{g/ml}$ ou en $\mu\text{l/ml}$ ou encore en % (vol/vol). De façon générale, ces grandeurs sont utilisées pour évaluer la résistance des microorganismes à un agent antimicrobien, ou encore pour évaluer in vitro l'efficacité d'un nouveau produit désinfectant.

1.4. Exemples d'activités

L'activité des huiles essentielles et extraits est généralement estimée comme ayant une activité antibactérienne, mais certaines études ont montré que certains composants chimiques de ces huiles et/ou extraits ont des propriétés bactéricides (Lambert et *al.*, 2001 ; Walsh et *al.*, 2003) et fongicide (Hammer et *al.*, 2003).

L'effet microbicide de certaines huiles essentielles et extraits a même été trouvé supérieur à celui des antibiotiques (Valnet et *al.*, 1978) et ont, de plus, un champ d'action très large. Plusieurs travaux montrent que les huiles essentielles et leurs composés majoritaires ont un effet antimicrobien vis-à-vis des bactéries à Gram négatif et à Gram positif (Lis-Balchin, 2000 ; Karaman et *al.*, 2001 ; Lis-Balchin, 2001).

Juven et *al.*, (1994) ont obtenu une diminution importante des cellules vivantes de *Salmonella typhimurum* en les traitants par l'huile de thym et ses constituants actifs.

Une étude sur les actions de l'huile essentielle de l'arbre à the (*Melaleuca alternifolia*) a montré une sensibilité importante des bactéries telles qu'*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, à des concentrations inférieures à 1% (CMI < 1%) (Carson et al., 2006 ; Ultée et al., 1995 ; Ultée et al., 2000) ont montré l'effet bactéricide du carvacrol sur *Bacillus cereus* dans les aliments.

Didry et al., (1993) ont prouvé l'effet antimicrobien du thymol et du carvacrol, utilisé individuellement ou en combinaison sur des germes d'infections respiratoires.

Une revue des Concentrations Minimales Inhibitrices (CMI) et des Concentrations Minimales Bactéricides (CMB) pour 4 variétés de Thym portant sur 14 souches bactériennes (dont *Staphylococcus aureus*) a montré que dans la majorité des expériences, les valeurs des CMI sont identiques aux CMB. Ceci indique que les huiles essentielles incriminées sont bactéricides (Cosentino et al., 1999).

1.4.1. Etude de l'activité sur *Escherichia coli*

Escherichia coli est la bactérie la plus connue, elle a été découverte en 1885 par le savant allemand Thomas. Elle est trouvée dans le tube digestif de l'homme et des mammifères. Bien que ne représentant pas la flore dominante.

Ce sont des bacilles à gram négatif, mobiles au moyen de flagelles périt riches, ou non mobiles ; Aérobie facultatif, ce qui veut dire qu'ils se développent mieux en présence qu'en absence d'oxygène (Vimont, 2007).

D'après l'équipe de May. (May, 2000), L'huile essentielle de romarin se révèle particulièrement efficace contre *E. coli*. Ce résultat est confirmé par (Tohidpour, 2010).

L'action antibactérienne des huiles essentielles se déroule en trois phases (Caillet, 2007) :

- attaque de la paroi bactérienne par l'huile essentielle, provoquant une augmentation de la perméabilité puis la destruction des constituants cellulaires.
- acidification de l'intérieur de la cellule, bloquant la production de l'énergie cellulaire et la synthèse des composants de structure.
- la mort de la bactérie résulte de la destruction du matériel génétique.

1.4.2. Étude de l'activité sur *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus Ce sont de bactérie Cocci à Gram positif d'environ 0.5 à 1 μm de diamètre apparaissant au microscope sous la forme diplocoques et en courtes chaînettes ou grappes (Delarras, 2014).

Est une bactérie non-exigeante. En effet, en plus d'être aéroanaérobie facultative sont capables de croître dans des conditions hostiles (Accarias, 2014).

Une étude de 2004 a évalué les principaux constituants (acide carnosique et carnosol) d'un extrait chloroformique des parties aériennes de *Rosmarinus officinalis* pour leur activité antibactérienne contre les souches de *S. aureus* possédant des mécanismes de résistance. Ni l'acide carnosique ni le carnosol n'ont d'activité sur la pompe d'efflux multi-drogue NorA. L'acide carnosique empêche modestement l'efflux de bromure d'éthidium (substrat pour de nombreuses pompes multi-drogue), mais cette activité est susceptible d'être liée à l'inhibition de pompe(s) autre que NorA.

Depuis que l'imperméabilité de la membrane bactérienne est considérée comme un mécanisme de résistance, il est clair que compromettre cette barrière par sa perméabilisation serait une approche efficace pour la lutte contre la résistance aux antimicrobiens. L'activité antimicrobienne et le changement de la résistance des constituants du Romarin ont été démontrées. Bien que l'activité antimicrobienne puisse ne pas être d'une importance clinique, l'action de changement de la résistance est intéressante puisqu'il n'existe pas d'agent modifiant la résistance connu dans l'utilisation clinique actuelle (Oluwatuyi et al., 2004).

2. Souches bactériennes

La sensibilité des microorganismes vis-à-vis d'une huile essentielle ou d'un extrait donné peut être biocide, biostatique, ou bien sans aucun effet selon la nature du germe testé (Hermal, 1993).

C'est pour cela qu'il est important de mentionner la dénomination complète du germe de manière précise ainsi que l'espèce botanique et chémotype d'essence végétale utilisée (Pibiri, 2005).

D'une façon générale, il est possible que les bactéries à Gram négatif soient plus résistantes aux huiles essentielles. Ces résultats sont confirmés par de nombreuses expériences (Burt, 2004).

2.1. Quelques exemples

➤ Bactéries à Gram positif : des associations d'huiles essentielles de Cannelle et de Thym sont synergiques ou indifférentes sur *Staphylococcus aureus*. En revanche elles sont indifférentes sur le genre *Bacillus* (Hermal, 1993).

➤ Bactéries à Gram négatif : *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli* : des associations ne sont pas plus efficaces que les huiles essentielles pures et sont souvent indifférentes. En revanche une prédominance de Cannelle est plus efficace que celle de Thym, contrairement aux bactéries à Gram positif (Hermal, 1993).

3. Composition chimique et activité

Les activités bactéricides des huiles essentielles et des extraits dépendent directement de la nature des groupes fonctionnels portés par les composés majoritaires et à la proportion de ces différents composés (Pibiri, 2005).

Autrement dit l'activité d'une huile essentielle ou d'un extrait se réduit le plus souvent à l'activité de ses composés majoritaires. Il est cependant probable que des composés minoritaires agissent de façon synergique de manière à ce que la valeur antibactérienne résulte de l'intégralité des composés (Lahlou, 2004).

Les molécules réputées à forte activité antimicrobienne sont, pour la plus grande part, des terpenoïdes (Griffin et *al.*, 1999).

L'effet des terpenoïdes sur la membrane bactérienne isolée suggère que leurs activités est fonction de leurs propriétés lipophiles, de leurs solubilités en phase aqueuse ainsi que de leurs stéréochimie (Dorman et *al.*, 2000).

Les composés tels que les phénols (thymol, carvacrol, eugénol), les alcools (terpinen-4-ol, linalool), les aldehydes, les cétones, et plus rarement les terpènes sont considérés comme les composés les plus efficaces et à plus large spectre (Cosentino et *al.*, 1999 ; Dorman et *al.*, 2000).

Il est actuellement admis que l'activité antimicrobienne des principaux composés d'huile essentielle et des extraits se classe dans l'ordre décroissant suivant la nature de leurs composés majoritaires : Phénol > alcool > aldéhyde > cétone > oxyde > hydrocarbures > esters. L'effet des composés quantitativement minoritaires n'est parfois pas négligeable (TantaouiElaraki et *al.*, 1993).

✚ **Les alcools** sont bactériostatiques ; ils agissent en dénaturant les protéines, comme solvants ou comme agents de déshydratation (Dorman et *al.*, 2000).

✚ **Les aldéhydes** sont de puissants agents antimicrobiens ; un groupe aldéhydique conjugué à une double liaison est fortement électronégatif. Les composés électronégatifs peuvent induire des réactions de transfert d'électrons et réagir avec des composés nitrés vitaux pour la bactérie : protéines et acides nucléiques (Franchomme et *al.*, 1990; Dorman *et al.*, 2000).

✚ **Les phénols** sont responsables de dégâts irréversibles au niveau de la membrane. Parmi les phénols les plus étudiés on peut citer le thymol et l'eugénol responsables de l'activité fongicide (Bennis et *al.*, 2004) et bactéricide des huiles essentielles qui en contiennent (Cox et *al.*, 2000 ; Lambert et *al.*, 2001 ; Walsh et *al.*, 2003).

La molécule de thymol a un effet inhibiteur et létal sur diverses souches, dont *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*, sur lesquelles elle provoque des fuites d'ions potassium. En revanche elle n'est pas active sur *Pseudomonas aeruginosa* (Walsh et *al.*, 2003).

Plus les teneurs en phénols sont élevées, plus les huiles essentielles sont efficaces (Cosentino *et al.*, 1999).

Cependant ces composés ne sont pas les seuls responsables de l'intégralité de l'activité ; le -terpinene et le 1-8 cineole montrent une activité antifongique, carvacol, le p-cymene, le moindre que le thymol à l'égard d'*Aspergillus spp.* Et de *Penicillium spp.* (Klaric *et al.*, 2006).

4. Mode d'action

L'action des huiles essentielles et des extraits varie en fonction de leurs constituants majoritaires. Le mode d'action est donc principalement lié au profil chimique de ces constituants (Harkenthal et *al.*, 1999 ; Cox et *al.*, 2000).

La majorité des travaux cités dans les publications s'arrêtent au niveau de la mise en évidence de l'activité antimicrobienne mais étant donné la complexité de composition chimique de l'ensemble des extraits de plantes, toute laisse à penser que ce mode d'action est assez complexe et difficile à cerner du point de vue moléculaire, il est très probable que chacun des constituants des huiles essentielles ait son propre mécanisme d'action. Les quelques investigations menées par différents auteurs peuvent résumer, de manière schématique, le mode d'action des constituants d'huile essentielle ou d'extrait en trois grande catégories :

- Attaque des parois cellulaires bactériennes et membranes cytoplasmiques grâce à leurs hautes propriétés de diffusion qui provoquent une désorganisation des échanges transmembranaires créant une augmentation de la perméabilité et à terme la perte des constituants cellulaires (Boochird *et al.*, 1982).
- Une acidification du milieu qui provoque une réduction du potentiel membranaire entraînant une diminution de l'ATP intracellulaire et du flux de potassium (Ultée *et al.*, 1999).
- Une destruction du matériel génétique qui serait due à l'affinité des composés de certaines huiles essentielles et extraits pour les groupements SH impliqués dans la division cellulaire (Ultée *et al.*, 1999).

5. Techniques de détermination de l'activité antimicrobienne

La détermination du pouvoir antimicrobien des huiles essentielles fait appel à plusieurs techniques expérimentales. Cependant, des difficultés pratiques liées à l'insolubilité des constituants des huiles essentielles dans l'eau, de leur volatilité, de la nécessité de les tester à de faibles concentrations et des problèmes de standardisation des méthodes, peuvent avoir une influence sur les résultats.

5.1. L'aromatogramme

L'aromatogramme est une méthode que se réalise *in vitro*, basée sur une technique utilisée en bactériologie médicale, appelée spectre antimicrobien ou par diffusion en milieu gélose ou méthode sur disque. En mesurant le diamètre de la zone d'inhibition, l'activité des huiles essentielles sur la croissance des micro-organismes peut être déterminée.

Selon Belaiche (1979) Il existe trois types d'aromatogrammes utilisées pour étudier les effets antibactériens des huiles essentielles :

L'aromatogramme sur milieu solide (gélose) comprend la méthode du disque basée Sur la capacité de migration des huiles essentielles, en boîte de Pétri, en milieu Mueller-Hinton (Pibiri, 2005).

L'aromatogramme sur le milieu liquide (sur bouillon) comprend l'effet des huiles Essentielles qui augmentent la concentration dans la phase liquide après l'ajout de Tensioactifs sélectionnés (Belaiche, 1979).

L'aromatogramme sur milieu gazeux (micro atmosphère) qui consiste à déposer le disque Imbibé d'une quantité déterminée d'huile essentielle, au milieu du couvercle de la boîte

de Pétri et non plus en contact avec la gélose ensemencée. La boîte est fermée avec le Couvercle en bas, ce qui inhibe le disque de tomber sur la gélose (Pbiri, 2005).

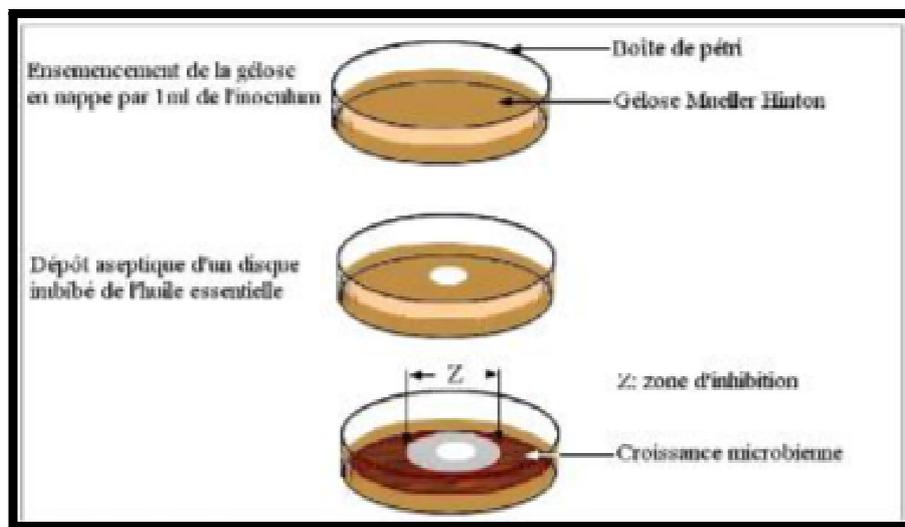


Figure 12 : Illustration de la méthode d'aromatogramme (Iserin, 2001).

5.2. Technique de diffusion en puits

Creusez un puits (environ 6 mm) au centre de la gélose, et versez une quantité appropriée d'huile essentielle pure ou d'huile essentielle diluée. Après incubation, des zones d'inhibition de croissance bactérienne sont obtenues (pour les huiles actives) et mesurées (Dorman *et al.*, 2000).

Pour ces 2 techniques, la sensibilité du germe testé peut être évaluée en fonction du diamètre d'inhibition obtenu. En effet, la sensibilité d'un germe est nulle pour un diamètre inférieur ou égal à 8 mm. Elle est limitée pour un diamètre entre 14 mm, et moyenne pour un diamètre entre 14 et 20 mm. Pour un diamètre supérieur ou égal à 20 mm, le germe est très sensible (Duraffourd *et al.*, 1990).

6. Facteurs influençant l'activité antimicrobienne des huiles essentielles

L'efficacité antimicrobienne des huiles essentielles dépend de deux principaux paramètres : l'huile essentielle et sa composition chimique d'une part, et le microorganisme (type, structure...) d'autre part (Kalemba *et al.* 2003).

7. Le rendement en huiles essentielles

Chapitre III : L'activité antibactérienne

Selon les normes de l'AFNOR, le Rendement en Huiles Essentielles (RHE) est défini comme le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue après l'extraction (MH) et la masse de la matière végétale utilisée (Mmv) sèche ou fraîche.

Le rendement est exprimé en pourcentage et donné par l'expression suivante:

$$\text{RHE (\%)} = \left(\frac{\text{MH}}{\text{Mmv}} \right)$$

Où:

MH: La Masse d'Huile Essentielle en gramme.

Mmv: la masse de la matière végétale (sèche ou fraîche) utilisée en gramme.

RHE: Rendement en Huiles Essentielles.

CHAPITRE IV : L'ACTIVITE ANTIOXYDANT

Introduction

Au cours des dernières années, le mode de vie humain a subi d'énormes changements. Nos choix ont changé, nos habitudes de santé et de nutrition ont également changé. Mais tant que cette évolution a son côté positif, son côté négatif devient évident, en particulier la prévalence croissante des maladies liées au vieillissement (comme le cancer, le diabète et les maladies neurodégénératives).

Le stress oxydatif (SO) est considéré comme un facteur commun dans la pathogenèse et les complications de ces maladies.

Les humains sont exposés chaque jour à divers facteurs de SO omniprésents dans l'environnement, notamment les rayons ultraviolets, les allergènes et divers polluants tels que la fumée de cigarette et les hydrocarbures aromatiques polycycliques, qui peuvent amplifier la production de radicaux libres (RL) (Bouayed et *al.*, 2010).

1. L'oxydation

L'oxydation est un phénomène qui provoque la rouille des métaux, le flétrissement des légumes et des fruits et le rancissement des graisses. Il modifie le goût et la couleur des aliments. Il est déclenché par la lumière, la chaleur ou des traces de métaux lourds (Cu^{2+} et Fe^{3+}).

La réaction est d'abord très lente puis s'accélère de façon exponentielle avec la formation de peroxyde ; c'est une réaction en chaîne de radicaux libres. Elle se déroule en trois étapes : initiation, propagation et terminaison (Grait, 2015).

L'organisme subit également une oxydation, mais il a la capacité de lutter contre ces changements : un énorme système de défense existe en permanence, avec un système enzymatique et/ou un système de régénération complexe, comme l'acide ascorbique (vitamine C) ou le glutathion. .

Mais ce système de défense est parfois débordé. Surtout quand les agressions sont multipliées sous l'effet de la fumée du tabac, de la pollution, du soleil, d'un effort physique intense, etc. Plusieurs cas peuvent engendrer des déséquilibres :

➤ Soit dans des conditions de stress et alors l'oxydation augmente au point de ne pas pouvoir être régulée ;

➤ Soit dans des conditions de mauvaise alimentation et alors les quantités d'antioxydants apportés ne sont pas suffisantes pour rétablir l'équilibre. C'est là où ils se déclenchent des dégâts.

2. Le stress oxydatif

Le stress oxydant correspond à un déséquilibre entre les systèmes pro-oxydants et le système antioxydants, en faveur des premières, il est impliqué dans l'apparition des nombreuses maladies ; l'artériosclérose, le cancer, les maladies cardio-vasculaires, les maladies inflammatoires et le processus du vieillissement (Atamer, 2008).

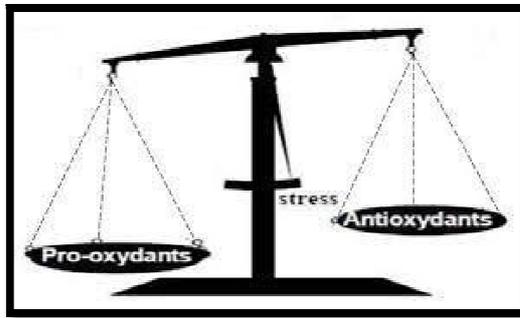


Figure 13 : Balance d'équilibre entre les systèmes pro et antioxydants (Favier, 2006).

Pour éviter les conséquences du stress oxydant, il est obligatoire de rétablir l'équilibre oxydant / antioxydant de l'organisme dont les antioxydants sont des substances naturelles produites par le corps ou bien apportées par l'alimentation qui retardent, empêchent ou réparent les dégâts oxydatifs (Halliwell et Gutteridge, 2000 et 2008).

3. Définition Un radical libre

Défini comme toute molécule ou fragment moléculaire avec au moins un électron non apparié (célibataire) dans son orbitale externe (Tessier et *al.* 1995).

Les radicaux libres se produisent lors du clivage symétrique des liaisons covalentes (homofission), au cours duquel chaque atome conserve ses électrons ou perd ou gagne des électrons de non-composés lors de réactions redox (Koechlin-s Ramonatxo, 2006).

Les radicaux libres sont des substances chimiquement instables (Milane, 2004 ; Savard, 2005) et leur durée de vie est généralement très court (Koechlin, 2006).

La présence d'électrons non appariés leur confère une réactivité importante : ils réagissent avec des molécules différentes, plus stables pour piéger ou rejeter des électrons (Gardès-Albert, 2003 ; Girotti-Chanu, 2006).

Ils peuvent initier des réactions en chaîne en générant de nouvelles espèces de radicaux libres (Ghisolfi-Marque et *al.* 1996 ; Soares, 2005).

De toutes les espèces radicalaires qui peuvent se former dans la cellule, il convient de distinguer un ensemble restreint de composés radicalaire qui jouent un rôle particulier en physiologie qui s'appellent « radicaux primaire ». Les autres radicaux libres, dits « radicaux secondaires », se forment par réaction des radicaux primaires sur les composés biochimique de la cellule. Ces radicaux primaires dérivent de l'oxygène par des réductions à un électron tels le radical anion superoxyde- O_2° , le radical hydroxyle OH° (Januel, 2003). Ou de l'azote tel le radical monoxyde d'azote (NO°) (Favier, 2003).

D'autres espèces dérivées de l'oxygène dites espèces actives de l'oxygène, comme l'oxygène singulet 1O_2 , le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), le peroxyde d'azote ($ONOO^-$), ne sont pas des radicaux libres mais sont aussi réactives et peuvent être des précurseurs de radicaux libres (Scheibmier et *al.* 2005).

L'ensemble de ces radicaux est souvent appelé « espèces réactives de l'oxygène : ERO » (ROS en anglais pour ReactiveOxygenSpecies) (Oktay et *al.*, 2003 ; Favier, 2003) (tableau 1).

Tableau II. Les principales espèces réactives de l'oxygène (Fiorucci, 2006).

OS	Formule chimique
Radical anion superoxyde	O_2^\bullet
Trioxygène moléculaire (l'ozone)	H_2O_2
Trioxygène moléculaire (l'ozone)	O_3
Oxygène singulet	$1O_2$
Radical hydroxyle	OH^\bullet
Radical hydroperoxyde	HOO^\bullet
Radical peroxyde	ROO^\bullet
Peroxyde et hydroperoxyde	$ROOR^\bullet$ et $ROOH$
Radical alkoxyde	RO^\bullet
Radical oxyde nitrique	$^\bullet NO$
Peroxynitrite	$ONOO^\bullet$
Hypochlorite	ClO^-

4. Sources de production des radicaux libres

Les ERO ont des sources exogènes physiques et chimique (ex : radiations X ou gamma, radiolyse de l'eau, réactions photochimiques...) (Belkheiri, 2010) et endogènes, essentiellement d'origine enzymatique (Beaudeau et *al.* 2006).

Exemple Les NADPH oxydases (NOX) qui génèrent l' $O_2^{\bullet-}$ en utilisant le NADH ou NADPH comme substrat. Ainsi la xanthine oxydase (XO) joue un rôle important dans la production du $O_2^{\bullet-}$ et du H_2O_2 pendant l'ischémie / reperfusion.

La mitochondrie reste la source principale de production des ERO où l'oxygène est réduit à 95 % par voie enzymatique en eau, le reste peut subir une réduction monoélectronique grâce à la chaîne respiratoire et forme l' $O_2^{\bullet-}$ (**Figure 1**) (Mabile et *al.* 1997).

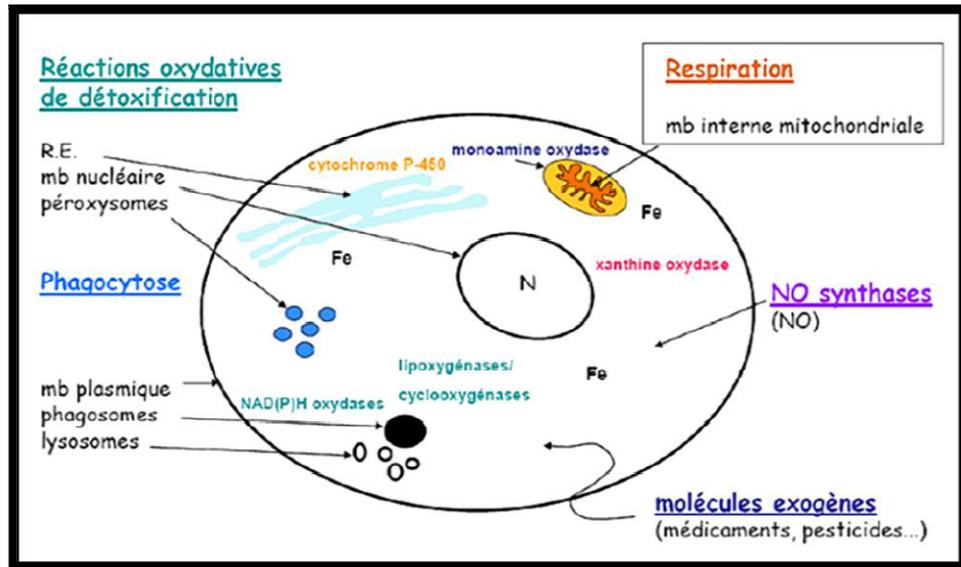


Figure 14 : Sites de production intracellulaire des radicaux libres (Serteyn et *al.* 2003).

5. Cibles des radicaux libres

Lors d'un SO, les RL non détoxiquées par le système antioxydant attaquent et endommagent les macromolécules contenues dans les cellules, notamment les lipides, les protéines et l'ADN (Menon, 2014).

5.1. Dommages de l'ADN

Bien que l'ADN soit la mémoire de l'ensemble des composants biochimique des organismes, il s'agit d'une molécule très sensible à l'attaque par les ERO. Cinq classes principales de dommages oxydatifs médiés par $\text{OH}\bullet$ peuvent être générées : les bases oxydées, les sites abasiques, les adduits intra-caténaux, les cassures de brins et les pontages d'ADN protéines (Cadet et *al.* 2002).

On prend les bases azotées de l'ADN, la guanine par exemple, peut réagir avec $\text{OH}\bullet$ pour former la 8-hydroxy-2'-déoxyguanosine (8-OH-dG), qui au lieu de s'apparier avec la cytosine, s'associera avec l'adénine, entraînant des mutations au sein de l'ADN et conduisant à des changements du message génétique impliqués dans le déclenchement du cancer par exemple (**Figure 2**) (Haleng et *al.* 2007).

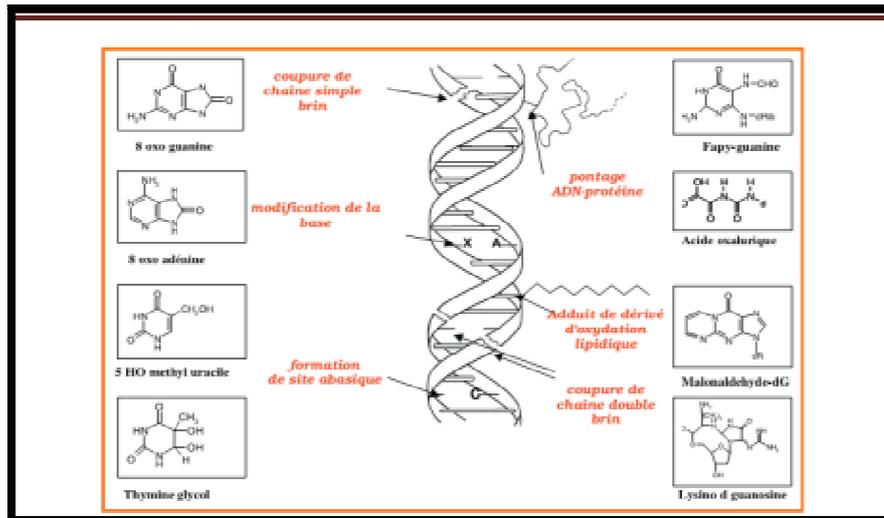


Figure 15 : Illustre les différents dommages de l'ADN (Favier, 2003)

5.2. Oxydation des protéines

Les protéines sont les composant cellulaires les plus abondants et sont par conséquent des cibles privilégiées des ERO (Hunt et *al.* 1991 ; Thannickal et *al.* 2000).

L'oxydation des acides aminés, surtout qui sont soufrés et aromatiques, entraîne des modifications structurales des protéines (Squier, 2001).

Les protéines peuvent alors soit subir des réticulations par formation notamment de ponts bi-tyrosine, soit subir des coupures en cas d'agression forte, ou des changement de certains acides aminés en cas d'agressions modérées (**Figure 3**).

Les protéines oxydées perdent leurs rôles biologiques et acquièrent de nouvelles propriétés physicochimiques ce qui provoque plusieurs dysfonctionnements dans l'organisme (Favier, 2003).

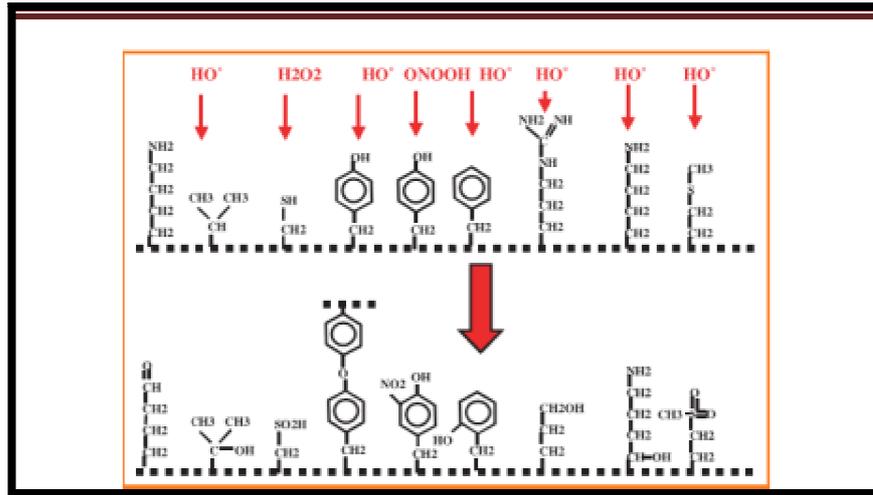


Figure 16 : Nature de quelques modifications des chaînes latérales d'acides aminés des protéines après attaque radicalaire (Favier, 2003).

5.3. Peroxydation lipidique

Les lipides et principalement leurs acides gras polyinsaturés (AGPI) sont la cible privilégiée d'attaque de radical $\text{OH}\bullet$ capable d'arracher un hydrogène sur les carbones situés entre deux doubles liaisons, pour former un radical diène conjugué, qui en présence d'oxygène va être oxydé en radical $\text{RO}_2\bullet$. Cette réaction appelée peroxydation lipidique forme une réaction en chaîne car le radical $\text{RO}_2\bullet$ se convertit en Les ROOH au contact d'un autre acide gras qui forme un nouveau radical diène conjugué.

Les hydroperoxydes peuvent subir plusieurs modes d'évolution : être réduits et neutralisés par le Glutathion peroxydase (GPx) ou continuer à s'oxyder et à se fragmenter en aldéhydes et en alcanes. (Esterbauer et *al.*, 1992).

Un seul événement oxydatif peut domager de nombreuses molécules lipidiques et induire la peroxydation lipidique dans les membranes ce qui réduira leur fluidité ainsi que l'activité des protéines transmembranaires (Figure16) (Valko et *al.*, 2006).

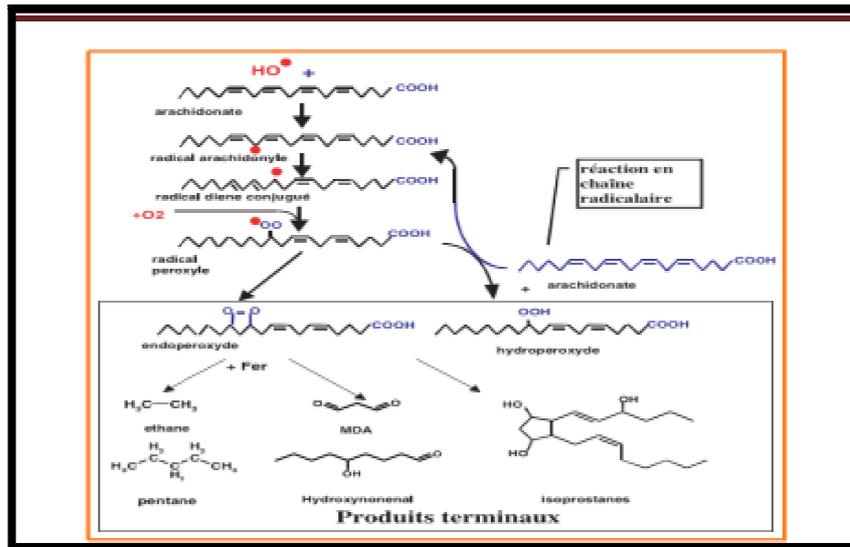


Figure 17 : Mécanisme en chaîne de la peroxydation des acides gras polyinsaturés et nature des produits terminaux formés (Favier, 2003).

6. Implication du stress oxydant dans les pathologies

Un grand nombre de fonctions physiologiques sont sous le contrôle des RL et de leurs effets régulateurs dans les voies de signalisation (Droge, 2002).

Le SO est peut être impliqué dans de nombreuses maladies en tant que déclenchant, ou associé à des complications lors de leur évolution. La multiplicité des conséquences médicales de SO vient du fait que de nombreux organes ou tissus peuvent devenir la cible d'un SO (Bonfont-Rousselot *et al.* 2001 ; Sohalet *et al.* 2002 ; Delattre *et al.* 2005b).

Il admet que le SO est un facteur potentialisant l'apparition de maladies multifactorielles telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète et les maladies neurodégénératives telles que la maladie d'Alzheimer (Holzenberger *et al.* 2003 ; Delattre *et al.* 2005b).

7. Systèmes de défense antioxydants

Un antioxydant peut être défini comme toute substance ou molécules qui peut réduire ou empêcher l'oxydation des molécules oxydables en éliminant les radicaux libres et en réduisant le stress oxydatif (Kim *et al.* 2004 ; Defraigne *et al.*, 2008).

On distingue deux sources d'antioxydants : l'une est endogène représentée par des enzymes. L'autre est exogène) apportée par l'alimentation essentiellement les fruits et les légumes.

8. Classification des antioxydants

8.1. Les antioxydants synthétiques

Dans l'industrie alimentaire, les antioxydants synthétiques, tel que le butylhydroxyanisole (BHA), butylhydroxytoluène (BHT), gallate propylée (PG) et le tétrabutylhydroquinone (TBHQ), sont largement utilisés parce qu'ils sont efficaces et peu coûteux que les antioxydants naturels. Cependant, leur sécurité est controversée car ils génèrent un besoin de recherche comme matière de substitution d'après des sources naturelles comme antioxydants de la nourriture (Lisu et *al.*, 2003).

Cependant, il a été montré que ces antioxydants de synthèse pouvaient être toxiques (Yu et *al.* 2000).

En effet, le BHA transformer certains produits ingérés en substances toxiques ou carcinogènes en augmentant la sécrétion des enzymes microsomaux du foie et des organes extra-hépatiques (Barlow, 1990).

a) Le Butylhydroxyanisole (BHA)

C'est un produit qui n'existe pas dans la nature mais on le synthétise avec la méthode de butylation du paraméthoxyphénol. BHA ayant deux formules parmi les importants caractéristiques de ces produits est la possibilité de résister même à la chaleur, par exemple le cas des fritures, c'est pour cette cause, certains pays permettent son ajout avec une concentration ne dépassant pas 200 ppm (Gunckel et *al.* 1998).

b) Le Butylhydroxytoluène (BHT)

Ce produit n'existe pas dans la nature, on le fabrique pour ses utilisations dans les produits pétroliers comme l'élastique et aussi son utilisation dans les produits alimentaires. BHT est un produit net de couleur blanche, il est sous forme d'une matière cristallisée qui n'a pas d'odeur, il ne se dissout pas dans l'eau, il se dissout dans d'autres solvants organiques (Hammerich et *al.*, 1990).

8.2. Les antioxydants naturels

L'usage empirique d'antioxydants naturels est une pratique très ancienne. La recherche sur de nouveaux antioxydants naturels a reconnu son importance ces dernières années, Car les antioxydants synthétiques actuellement utilisés, notamment le BHT et le BHA ne seraient pas dépourvus de toxicité.

Les multiples atouts santé des fruits et légumes sont liés à leur faible teneur calorifique, à leur richesse en fibres, minéraux, vitamines et autres micronutriments. Certains de ces micronutriments, apparaissent de plus en plus clairement comme essentiels en participant à la protection de notre organisme contre les maladies de cancers, les maladies cardio-vasculaires et les autres maladies dégénératives. C'est le cas des antioxydants dont les fruits et légumes constituent l'une des principales sources alimentaires.

L'homme ingère avec ses aliments environ un gramme de polyphénols chaque jour, soit dix fois plus que de vitamine c'est 100fois plus que caroténoïdes ou vitamine et l'on estime que les fruits et légumes contribuent pour la moitié à ces apports (Cuendet, 2000).

a) Les vitamines

- **La vitamine C ou l'acide ascorbique**

C'est un puissant réducteur. Elle joue un rôle important dans la régénération de la vitamine E.

- **La vitamine E ou tocophérol**

Prévient de la peroxydation des lipides membranaires in vivo en capturant les radicaux peroxydes (ATHmania, 2009).

b) Les éléments minéraux

Plusieurs éléments minéraux ont été reportés dans les baies et les graines d'argousier, parmi lesquels au moins vingt-quatre sont présents dans le jus tels que l'azote, l'aluminium, le phosphore, le calcium, le bore, le manganèse, le fer ...

- **Le Fer**

Est un antioxydant puissant qui joue un rôle protecteur au niveau des systèmes cardio-vasculaires et il est essentielle au cerveau. Il agit également sur le foie, les muscles. Cet oligo-élément est votre allié contre le stress, le cancer, les maladies cardio-

vasculaires et il stimule le système immunitaire et protège les yeux de la cataracte. Il prévient le vieillissement général de l'organisme et neutralise les toxines et les radicaux libres.

- **Le zinc**

C'est un élément minéral qui a un rôle très important pour le système immunitaire, le système nerveux, la sexualité, l'état général, la fertilité. Aliments riches en zinc : Foie, soja, crustacés, coquillages, viandes, germe de blé, pain complet, jaune d'œuf, amandes, noix, noisettes (Kang, 2011).

9. Activité antioxydant d'un extrait de Romarin

Aherne *et al.* ont étudié la toxicité et l'activité biologique des extraits de Romarin (contenant 7% d'acide rosmarinique), présenté le effet de ce extrait de plante sur la viabilité, l'intégrité de la membrane, le statut antioxydant et l'intégrité de l'ADN Des cellules du colon, Caco-2.

Cet extrait de plante a aussi été étudié pour leurs potentiels effets cytoprotecteur et génoprotecteur contre le stress induit par H₂O₂ dans les cellules Caco-2.

Le Romarin ainsi affectent la viabilité cellulaire de manière dose-dépendante, le Romarin étant le plus toxique. il protègent contre les dommages de l'ADN induits par H₂O₂, tandis que la protection contre la cytotoxicité induite par H₂O₂ a été assurée par la Sauge seulement.

Des recherches ont montré que l'efficacité antioxydante *in vitro* des extraits de Romarin, est due à leur capacité à agir comme de agent réducteur et de piègeur de radicaux libres, en tant que désactivateur de formation de singulet d'O₂, et à se complexer avec des ions de métaux pro-oxydants.

Grace aux études, ils ont vérifié que l'utilisation correcte des extraits de plantes est sûre et peut générer des effets bénéfiques. Mais il ya des inquiétudes concernant la consommation de doses élevées pouvant être dangereuses pour la santé humaine (Aherne *et al.* 2007).

Erkanet *al.* ont étudié les activités antioxydantes de trois composés purs : l'acide carnosique, l'acide rosmarinique et le sésamol, ainsi que deux extraits de plantes : extrait de Romarin et HE de Nigelle cultivée (*Nigella sativa*).

L'extrait de Romarin a une plus grande activité antioxydante que l'HE de Nigelle cultivée. Ceci peut s'expliquer par un contenu phénolique plus élevé (Erkan et *al.* 2008).

10. Activité antioxydant dans des modèles animaux

10.1. Acide rosmarinique

Les dommages oxydatifs causés par les ROS peuvent être la principale cause du processus de vieillissement. Afin de protéger les cellules des ROS, les organismes vivants possèdent des mécanismes antioxydants, classés en systèmes enzymatiques, tel que la superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT), la glutathion peroxydase (GSH-P) ; et non enzymatiques, tels que des vitamines, des minéraux et des polyphénols.

Les effets de l'acide rosmarinique sur les enzymes antioxydantes hépatiques et rénales et l'ultra-structure des tissus chez des souris vieillissantes ont été évalués.

Il produit une augmentation significative de l'activité de la SOD, de la CAT et de la GSH-P avec une diminution de la malondialdéhyde (MDA) (indicateur de la peroxydation lipidique) à 200 mg/kg par rapport au contrôle. L'étude histopathologique a indiqué que l'acide rosmarinique, peut induire des changements structurels importants dans les tissus du foie (modifications dégénératives) et des reins (augmentation des activités enzymatiques antioxydantes) à 200 mg/kg. L'acide rosmarinique a le potentiel pour la promotion de l'activité enzymatique antioxydante *in vivo* (Zhang et *al.* 2015).

10.2. Huile essentielle

Les produits naturels antioxydants sont de plus en plus utilisés pour traiter diverses affections hépatiques étant donné le rôle du stress oxydatif dans leur pathogenèse.

Le But de Cette étude est d'évaluer l'effet protecteur de l'HE de Romarin sur les lésions hépatiques induites chez le rat et de voir si son mécanisme d'action est associé à la modulation de l'état oxydatif hépatique. La composition de l'HE de Romarin recherchée a été évaluée. Parmi les 29 ingrédients identifiés, les principaux ingrédients étaient le 1,8-cinéole (43,77%), le camphre (12,53%), et l' α -pinène (11,51%). L'HE joue un effet hépato-protecteurs (à des doses de 5 mg/kg et 10 mg/kg) en diminuant les activités d'aspartate aminotransférase (ASAT) et alanine aminotransférase (ALAT) jusqu'à 2 fois dans le sérum des rats avec des lésions hépatiques induites.

L'HE de Romarin empêche l'augmentation de la peroxydation lipidique induite dans des homogénats de foie. L'HE de Romarin, en plus de présenter une activité de piégeage des radicaux libres, Médie également ses effets hépato-protecteurs à travers l'activation des mécanismes de défense physiologiques (Raskovic *et al.* 2014).

11. Activité antioxydant dans des modèles végétaux

11.1 Extrait de romarin

Le Romarin est considéré à comme un antioxydant et un chélateur des lipides métallique. Son extrait piéger les radicaux superoxydes.

Yani shlieva *et al.* Ont rédigé une revue sur l'activité antioxydante de différents extraits de plantes dont le Romarin dans différentes conditions de test. De nombreux solvants ont été utilisés pour l'extrait des composés antioxydants. En fonction du solvant utilisé et de l'aliment testé, les extraits de Romarin montrent une activité antioxydante plus ou moins développée.

Par exemple, dans l'huile de Colza, l'extrait à l'hexane de Romarin est plus antioxydant que les extraits au méthanol, à l'éthanol, à l'acétate d'éthyle ou à l'acétone.

Pour une émulsion huile dans eau, l'addition de 0,15% de feuilles séchées de Romarin, a donné lieu à une protection antioxydante significativement meilleure que l'addition de 80 ppm de gallate de propyle (antioxydant de synthèse potentiellement toxique).

Les antioxydants de Romarin conviennent pour faire frire des huiles comestibles, en particulier en existence de palmitate d'ascorbyle. Les extraits de Romarin ont inhibé laFormation de substances et de polymères polaires et la décomposition des triglycérides (TG) polyinsaturés pendant la friture des pommes de terre.

L'activité antioxydante des extraits de Romarin vient du carnosol et de l'acide carnosique. Pendant le stockage et l'extraction du Romarin, l'acide carnosique est partiellement convertier en carnosol et en autres diterpènes comme le rosmanol.

Le rosmanol a une plus grande activité antioxydante que le carnosol ; l'acide carnosique étant plus puissant que le carnosol. Le rosmanol et le carnosol sont plus efficaces que l' α -tocophérol, le BHT et le BHA. D'autres diterpènes contribuent à

l'action antioxydante comme l'épirosmanol, l'isorosmanol, le rosmaridiphénol et le rosmariquinone.

Cette revue montre que les antioxydants naturels dont le Romarin ont dans certains cas une activité antioxydante équivalente ou supérieure à celle des antioxydants de synthèse.

A l'heure actuelle, la plupart des additifs antioxydants naturels utilisés sont des extraits de feuilles de Romarin et de Sauge. Une gamme de produits commerciaux contenant des extraits de Romarin est disponible (Yanishlieva et al. 2006).

CHAPITRE V : Analyse d'article

Introduction

Les plantes médicinales restent le premier réservoir de nouveaux médicaments, elles sont considérées comme une source importante de matières premières essentielles pour la découverte de nouvelles molécules nécessaires à la mise au point de future médicaments(Ghouar et *al.*, 2018).

Dans le but de la valorisation de la flore algérienne, nous nous sommes intéressés à la plante médicinale *R. officinalis L.* En fait,le choix de cette plante est dû à sa grande utilisation populaire en Algérie, et son vaste existence dans la surface végétale (Hanifi, 1991).

En raison de la situation sanitaire critique dans le monde et dans notre pays, nous n'avons pas pu accomplir notre travail avec une partie expérimental. En effet, dans ce chapitre nous allons analyser deux articles qui ont mis en évidence l'activité antibactérienne de *R. officilnalis* prélevé dans différentes gérations de l'Algérie sur quelques espèces. Ces études ont pour objectif d'évaluer l'activité antibactérienne de la plante dans les deux écotypes Blida et Djelfa pour le premier article qui réalisé par MOUAS et *al.*, En 2017, et dans la région de Tébessa pour le deuxième article qui réalisé par BOUTABIA et *al.*, en 2016.

Le premier article porte sur l'évaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle et de l'extrait méthanolique de romarin.Il est réalisé par MOUAS et *al.* en 2017.

Le deuxième article étudie l'activité antibactérienne des huiles essentielles de la plante de la région de hammamet (Tébessa-Algérie). Il est réalisé par BOUTABIA et *al.*, en 2016.

1. Présentation du matériel et méthodes des deux études

D'après la première étude la plante a été récoltée durant le mois d'avril, sur des arbustes d'apparence saine, la matière végétale a été séchée à l'air libre et à l'ombre jusqu'à la stabilisation du poids.

Les prélèvements ont été réalisés dans les wilayas de Djelfa et de Blida. Cette dernière se situe au nord de l'Algérie. Elle comporte principalement une importante plaine, la Mitidja zone agricole riche, et une chaîne de montagnes au sud, l'Atlas Blidien. Elle appartient à l'étage bioclimatique humide.

La wilaya de Djelfa fait partie de la région des hauts plateaux, elle se situe dans la partie centrale de l'Algérie. Elle est comprise entre 2° et 5° de longitude Est, entre 33° et 35° de latitude Nord. Le site de prélèvement des échantillons se situe à Ain Oussera.

L'extraction des huiles essentielles dans cette étude a été faite par la technique d'hydrodistillation, cette méthode est basée sur l'hydrodistillation des feuilles séchées dans un appareil de type Clevenger et la séparation par différence de densité.

Après avoir obtenu de l'huile essentielle pure, les auteurs ont préparé un extrait méthanolique par macération de la poudre végétale dans une solution méthanolique sous agitation.

Les auteurs ont choisi la méthode d'aromatogramme pour évaluer l'activité antibactérienne de l'huile essentielle et de l'extrait méthanolique du romarin des deux régions. C'est une méthode de diffusion des disques sur milieu gélosé.

Ils ont choisi cinq souches bactériennes qui sont largement rencontrées dans diverses pathologies de l'homme. Ces souches sont *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*. Ils ont utilisé la gélose Mulerhenton comme un milieu de culture.

Dans la deuxième étude, les parties aériennes de la plante ont été collectées en mois de Mars 2014 à partir de trois sites (Youkous, Draa Hammam et Ammacha) de la région de Hammamet, daïra de Bir Mokkadem.

La matière végétale a été séchée à l'air libre et à l'ombre jusqu'à la stabilisation du poids. Selon Benarfa (2005), cette région appartient aux domaines des hautes plaines de l'Est algérien aux confins algéro-tunisien plus précisément sur le piémont des Nemamcha avec une

superficie de 375 Km². Elle est caractérisée par un climat semi-aride, ses coordonnées Lambert sont : 35° 25' N et 7° 55'E. Son altitude est de 854 m.

Comme dans la première étude, l'extraction des huiles essentielles de la plante a été faite par l'hydrodistillation des parties aériennes dans un appareil de type Clevenger, cette opération est suivie par le calcul de rendement effectué selon Afnor (1986).

Les auteurs ont choisi trois souches pour évaluer l'activité antibactérienne de la plante. Ce choix est dû à l'utilisation en médecine traditionnelle du romarin, les souches testées sont *E. coli* sensible, *E. coli* BLSE (bêtalactamases à spectre élargi), *Acinetobacter sp* sensible, *Acinetobacter sp* BMR (bactérie multi résistance), *Staphylococcus aureus* SAMR (*Staphylococcus aureus* résistant à la méticilline), *Staphylococcus aureus* (25923).

L'aromatogramme était la technique utilisée dans cette étude, où les auteurs ont déterminé la sensibilité des espèces bactériennes vis à vis de l'huile essentielle donnée.

La détermination de la sensibilité des souches aux différentes huiles essentielles et extrais méthanoliques dans les deux articles, est organisé selon le diamètre des zones d'inhibition.

- ✓ Non sensible (-) : pour le diamètre moins de 8 mm
- ✓ Sensible (+) : pour un diamètre entre 9 mm et 15 mm
- ✓ Très sensible (++) : pour diamètre entre 15 mm et 19 mm
- ✓ Extrêmement sensible (+++) : pour le diamètre plus de 20 mm

2. Résultats et discussions

D'après les résultats obtenus par Mouas *et al.*, 2016 et Boutabia *et al.*, 2017, nous remarquons que les pouvoirs antibactériens les plus élevés sont ceux des huiles essentielles de *R. officinalis* de la région de Blida contre les souches *Staphylococcus aureus* et *Enterococcus faecalis*, avec respectivement des diamètres d'inhibition de 23.75 mm et 22.75 mm.

Donc les deux souches sont extrêmement sensibles aux huiles essentielles et on peut dire que les huiles essentielles de la plante prélevée dans la région de Blida sont les extrais les plus efficaces.

Nous remarquons que les bactéries *S. aureus* (25923), *S. aureus* SAMR, *E. coli* sensible, *E. coli* BLSE, *Ac. Sp* BMR testées par la plante de Tébessa (youkous). Et les bactéries *S. aureus* (25923), *S. aureus* (SAMR), *E. coli* (sensible) testées par les huiles de la

plante de Draa Hammam . Et les bactéries *S. aureus* testé par l'HE de la plante de Blida et l'EM de la plante de Djelfa, *Enterococcus faecalis* testée par l'HE de la plante de la région de Blida, *Bacillus cereus* testée par l'HE de la plante de Blida. Toute Ces souches indiquent une sensibilité importante avec des diamètres d'inhibition entre 15 mm et 18.1mm.

Pour les diamètres d'inhibition de 9 mm à 15 mm nous remarquons que les bactéries *Ac. Sp.* (Sensible) testée par l'HE de *R. officinalis* de la région de Tébessa (youkous), *Ac. Sp.* Sensible et (BMR) testée par l'HE de la plante de Draa hammam et Ammacha, *E. coli* testée par l'HE de la plante de l'écotype de Blida et Djelfa sont les souches les moins sensibles selon les deux études. A travers notre analyse des articles, il nous apparait que le pouvoir antibactérien des extraits de *R. officinalis* sur *staphylocoques aureus* de l'écotype de Blida est plus élève que le pouvoir antibactérien des extraits des plantes prélevées dans les régions de Djelfa et Tébessa.

Il est également remarquable que le pouvoir antibactérien de la plante issue de la région de Tébessa sur *E. coli* est plus efficace que celui des plantes prélevées dans les régions de Blida et de Djelfa.

On peut dire que l'activité antibactérienne des extraits sur les mêmes souches diffère selon l'origine de la plante. En fait, la sensibilité d'un microorganisme à l'huile essentielle dépend des propriétés de l'extrait et des caractéristiques du microorganisme (Kalemba *etal.*, 2003).

Selon les résultats des tests, il nous a apparait que la souche *E. coli* est résistante aux extraits méthanoliques de la plante prélevée dans la région de Blida et Djelfa avec des diamètres d'inhibition de 7 mm. Toutefois *P. aeruginosa* (*Pseudomonas aeruginosa*) est la bactérie la plus résistante aux extraits des plantes issues des régions de Blida et Djelfa avec des diamètres d'inhibition de 7 mm.

Lorsqu'on compare les degrés de sensibilité des souches *S. aureus*, *E. faecalis* et *B. cereus* à Gram+ avec les autres à Gram- : *E. coli* et *P. aeruginosa*, on trouve que les résultats sont comparables à ceux confirmant que les bactéries à Gram+ sont plus sensibles à l'huile essentielle que les bactéries à Gram – (Poole, 2001).

En effet, les extraits de romarin (Blida et Djelfa et Tébessa) ont montré une activité importante sur les bactéries à Gram positif que les bactéries à Gram négatif.

Le mécanisme d'action des extraits de la plante est lié essentiellement à la structure de la paroi et à la perméabilité membranaire des bactéries. L'extrait exerce son pouvoir

antimicrobien par son interférence avec la bicouche lipidique de la bactérie grâce à sa propriété hydrophobe, ce qui entraîne : l'augmentation de la perméabilité puis la perte des constituants cellulaires : l'acidification de l'intérieure de la bactérie, bloquant la production de l'énergie cellulaire et la synthèse des composants de structure ; la destruction du matériel génétique, conduisant à la mort de la bactérie (Caillet *et al.*, 2007).

La grande résistance des bactéries Gram – aux extraits est liée à la complexité de l'enveloppe cellulaire de ces microorganismes qui contiennent une double membrane, contrairement à la structure membranaire simple des bactéries Gram+. Les bactéries à Gram- sont plus résistantes que les Gram+, ceci est dû aux différences structurales de leurs membranes externes (Burt, 2004).

Conclusion générale

Conclusion

Les plantes médicinales restent toujours la source fiable des principes actifs connus par leur propriété thérapeutique. Une étude des propriétés antioxydant et anti bactériennes a concerné une plante de la famille des lamiacées très fréquemment employées en Algérie.

Dans le contexte de l'intérêt croissant pour les plantes et leurs propriétés médicinales, nous avons choisi la plante *R. officinalis* qui est très abondante en Algérie et surtout dans la région du nord.

La méthode d'aromatogramme a permis de mettre en évidence le pouvoir antibactérien de l'huile essentielle et de l'extrait méthanolique du romarin vis-à-vis les souches bactériennes testées.

Ce travail est une synthèse des travaux déjà effectués par des chercheurs sur l'activité antibactérienne des huiles essentielles et des extraits méthanolique de la plante.

Les résultats de ces études ont montrés que Les différences des pouvoirs antibactériens des extraits et des huiles essentielles de *R. officinalis* dans les différentes régions étudiées reviennent à : le facteur environnemental, les conditions climatiques, qui changent d'une région à une autre, la nature du sol et le mode d'extraction ou même selon l'âge Et ainsi la composition chimique de la plante.

De plus, L'huile essentielle et l'extrait méthanolique de *R.officinalis* ont montré une activité antibactérienne vis-à-vis les bactéries à Gram positif que les bactéries à Gram négatif. En fait, la grande résistance des bactéries Gram négatif que le Gram positif à l'huile essentielle est liée à la structure membranaire de ces microorganismes.

Grâce à ces activités antioxydant remarquables d'après les résultats obtenus, le *R. officinalis* a réservé une place importante dans le domaine pharmacologique.

En perspective, il était souhaitable de réaliser ces analyses, mais il serait très important de compléter ces études par effectuer des enrichissements des huiles de romarin avec d'autres huiles essentielles d'autre plantes médicinales, car en effet, ces richesses constituent

Conclusion

un trésor inestimable qui pourrait être utilisé ultérieurement comme des produits thérapeutiques.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

(2003). IGF-1 receptor regulates lifespan and resistance to oxidative stress in mice. *Nature*, 421(6919),182-187.

Accarias, S. (2014). Impact du phénotype des macrophages résidents sur la nature de la réponse inflammatoire précoce lors d'une infection par *Staphylococcus aureus*. Thèse de doctorat. Ecole doctorale : SEVAB, Sciences Economiques, Vétérinaires, Agronomiques, Bioingénieries. Université de Toulouse, France. 212p.

AFNOR, (1986). Recueil des Normes Françaises « huiles essentielles », AFNOR. Paris. 57 p.

Afnor, N. (1992). Recueil des Normes Françaises: Huiles Essentielles. *AFNOR: Paris*.

Aherne S.A., Kerry J.P. and O'Brien N.M. Effects of plant extracts on antioxidant status and oxidant-induced stress in Caco-2 cells. *British Journal of Nutrition*, 2007 ; 97 ; 321-8

Albert Y-L., Foste S. (1996). Encyclopedia of common Naturel Ingrédients used In Foods, Drugs, and cosmetics, 2ème édition, Awreley-interscience publication, P445.

Ali-Shtayeh, M., Yaghmour, R.M.-R., Faidi, Y., Salem, K., Al-Nuri, M., (1998). Antimicrobial activity of 20 plants used in folkloric medicine in the Palestinian area. *Journal of Ethnopharmacology* 60, 265-271.

Arslan, D., & Özcan, M. M. (2008). Evaluation of drying methods with respect to drying kinetics, mineral content and colour characteristics of rosemary leaves. *Energy Conversion and Management*, 49(5), 1258-1264.

ATHmania, S. (2009)," Etude Quantitative Des Flavonoïdes Des Graines De *Cuminum cyminum* et Les Feuilles De *Rosmarinus officinalis* Et L'évaluation De L'activité Biologique. "These de Magiste ,Université EL-Hadj Lakhdar-Batna, p36

Auguste Gras, M. (1862). Sur La Synonymie D'une Espèce De *Ranunculus*. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 9(6), 324-336.

Bahorun, T. (1998). Substances naturelles actives : la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. Paper presented at the Second Annual Meeting of Agricultural Scientists.

Références bibliographiques

Baltimore., berk., Darnell., Lodish et Matudaira, Biologie Moléculaire de la cellule, Paris, 1344p, De Boeck ,2000.

Bammi. J et Douira. A, (2002). Les plantes médicinales dans le foret de l'Achach (plateau central, Maroc). Laboratoire de Botanique et de Protection de Plantes. Faculté des Sciences. Kenitra. Marco. Acta Botanica Malacitana. 27-131-145.

Barlow, S.M. (1990)," Toxicological aspects of antioxidants used as food additives. "Ed. Hudson, B.J.F, Food Antioxidants.

Beaudeau, J. L., Peynet, J., Bonnefont-Rousselot, D., Therond, P., Delattre, J., & Legrand, A. (2006, November). Cellular sources of reactive oxygen and nitrogen species. Roles in signal transcription pathways. In Annales Pharmaceutiques Françaises (pp. 373-381).

Belaiche P. (1979) : Traité de phytothérapie et d'aromathérapie . Tom1 l'aromatogramme. Ed Maloine. Paris.

Belkheiri, N. (2010). Dérivés phénoliques à activités Antiathérogènes (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).

Bellakhdar, J. (1997). La pharmacopée marocaine traditionnelle.

Beloued, A. (1998). Plantes médicinales d'Algérie : Office des publications universitaires

Benarfa N., 2005- Inventaire de la faune apoidienne dans la région de Tébessa. Mémoire Magister, Univ. Mentouri-Constantine. 130 p.

Benikhlef, A. (2015). *Comparaison entre les huiles essentielles et leurs effets antibactériens sur Rosmarinus officinalis de la région de Bechar et Ouargla* (Doctoral dissertation).

Beniston B. (1982). Fleurs d'Algérie – E.N.A. 2 p 47. B.N.E.F. (Bureau National d'Etudes Forestières) ; 1982 Plant d'aménagement du massif des Beni-imploul.

Références bibliographiques

Blazsó G, Gábor M, Schönla F, & Rohdewald P., « *Pycnogenol accelerates wound healing and reduces scar formation* », *Phytother Res.*, vol. 18, n° 7, 2004, p. 579-81).

Bohme, K., Barros –Velazquez, J., Calo- Mata, P. and Aubourg, S.P. (2014). Antibacterial, Antiviral and Antifungal activity of essential oils: mechanisms and applications, Ch.3, In: T.G. Villa and P.Veiga-Crespo (eds.) *Antimicrobial Compounds*, DOI: 10.1007/978-3-642-40444-3_3 Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014.

Bonnefont-Rousselot, D., Thérond, P., Beaudoux, J. L., Peynet, J., Legrand, A., & Delattre, J. (2001, July). Vieillesse et stress oxydant. Quels marqueurs potentiels?. In *Annales de Biologie Clinique* (pp. 453-9).

Bouayed, J., & Bohn, T. (2010). Exogenous antioxidants—double-edged swords in cellular redox state: health beneficial effects at physiologic doses versus deleterious effects at high doses. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 3(4), 228-237.

Boudjemaa N., Ben guega H.L'effet Antibactérien de *Nigella sativa*. Mémoire d'ingénieur. Université Kasdi merbeh-Ouargla. Algérie. 60p, 2010.

Bouhdid S, Abrini J, Baudoux D, Manresa A, Zhiri A. (2012). Les huiles essentielles de l'origan compact et de la cannelle de Ceylan : pouvoir antibactérien et mécanisme d'action. *J Pharm Clin*; 31(3) : 141-8 doi:10.1684/jpc.2012.0221.

Boutabia, L., Telailia, S., Bouguetof, I., Guenadil, F., & Chefrou, A. (2016). Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* L. de la région de Hammamet (Tébessa-Algérie). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 85, 174-189.

Références bibliographiques

- Brossi A.(1989). *The Alkaloids, Chemistry and Pharmacology*, Academic Press.
- Bruneton J.(1993). *Pharmacognosie phytochimie, plantes médicinales*, Editions Tec et Doc, 1er édition, Lavoisier.
- Bruneton J., 1993. *Pharmacognosie phytochimie, plantes médicinales*, Editions Tec et Doc, 1er édition, Lavoisier.
- Bruneton, J., (1999), *Pharmacognosie, Phytochimie plantes médicinales*, 2^{ème} édition, Ed : Médicales internationales, Tec et doc, Lavoisier, Paris, P 1-23
- Buchanan, B.B., et Gruissem, W., et Jones, R.L., (2000). *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. American Society of Plant Physiologists: Rockville, MD. p: 1367.
- Buronzo A.(2008). *Grand guide des huiles essentielles, santé, beauté, bien être*, édition Hachette pratique, France, page 14, 23-26.
- Burt S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. *International Journal of Food Microbiology* 94:223-253.
- Burt S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. *International Journal of Food Microbiology* 94:223-253.
- Burt S. A. (2004); Essential oils: their antibacterial properties and potentiel applications in
- Cadet, J., Bellon, S., Berger, M., Bourdat, A. G., Douki, T., Duarte, V., ... & Sauvaigo, S. (2002).
- Caillet S. & Lacroix M., 2007- *Les huiles essentielles: leurs propriétés antimicrobiennes et leurs applications potentielles en alimentaire*. INRS-Institut Armand-Frappier, RESALA, 1-8.
- Caillet S. (2007). *Les huiles essentielles : leurs propriétés antimicrobienne et leurs application potentiels en alimentaire*. Laboratoire de recherche en science appliqué a l'alimentation (RESALA) INRS-institut Armand-Frappier, université de Laval (Québec).
- Carole. B.M, (2008). *La Phytothérapie pour les animaux*. I. Le Manuscrit (Ed). 20 Rue des petits Champs 75002. Paris. France. 978-2-304-00885-2.

Références bibliographiques

Chenni, M., (2016). Etude comparative de la composition chimique et de l'activité biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic « *Ocimum basilicum L.* » extraite par hydro-distillation et par micro-ondes. Thèse de Doctorat en Sciences. Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella. 185p.

Chominot, A. (2000). Valorisation des plantes médicinales par l'industrie pharmaceutique: complémentarités et contradictions. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, (40), 19-26.

Collectif. (2010). Le grand livre des plantes aromatiques médicinales. Bagnaux : Sélection Reader's Digest, 398 p.

Conrad J; Vogler B.; Klaiber I.; Roos G., Walter U.; Kraus W.(1998). Two triterpene esters from *Terminalia macroptera* bark. *Phytochemistry* 48: 647 - 650.

Cuendet .M.(2000)," recherche de nouveaux composés capturs de radicaux libres et antioxydants à partir d'un plant d'indonésie". Thèse de doctorat.

Curr. Med. Chem. 10: 813-829.

DaCosta, R. S., Andersson, H., & Wilson, B. C. (2003). Molecular Fluorescence Excitation–Emission Matrices Relevant to Tissue Spectroscopy. *Photochemistry and photobiology*, 78(4), 384-392.

Davidson P.M., 1997 : Methods for testing the efficacy of food antimicrobial. *Food Technology*.43, p:148-155.

Debuigne G.(1974) Larousse des plantes qui guérissent, Ed. Larousse.

Defraigne J. O., Pincemail J. 2008. Stress oxydant et antioxydants mythes et réalités. *Rev Med Liège* 63:10-19.

Delarras, C. (2007). Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire. Edition Lavoisier. P, 128, 129-269.

Delattre, J., Thérond, P., & Bonnefont-Rousselot, D. (2005b). Espèces réactives de l'oxygène, antioxydants et vieillissement. *Radicaux libres et stress oxydant. Aspects biologiques et pathologiques*. Paris: Lavoisier, 281-309

DNA repair glycosylases. *Biological chemistry*, 383(6), 933-943.

Références bibliographiques

Dorman HJD. and Deans SG., (2000). Antimicrobial agents from plants : antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*. 88(3): 308-316.

Droge, W. (2002). Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiological reviews*, 82(1), 47-95.

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

Duraffourd. C, Lapraz. J.C, Chemli. R, (1997). La plante médicinale de la tradition à la science. 1er congrès International. Tunis (Ed.). Granche. Paris. France.

DUTERTRE J.M.(2011) Enquête prospective au sein de la population consultant dans les cabinets de médecine générale sur l'île de la Réunion : à propos des plantes médicinales, utilisation, effets, innocuité et lien avec le médecin généraliste. Thèse doctorat d'état, Univ. Bordeaux 2-Victor Segalen U.F.R des sciences médicales, France, 33 p.

Dykes L., Rooney LW.(2006).Sorghum and millet phenols and antioxidants. *Journal of cereal Sciences* 44: 236 – 241.

El Rhaffari, L., Allaoui, R., Benhssain, K., & Sellam, K. (2008). Valorisation des plantes aromatiques et médicinales des montagnes d'Er-Rachidia enquête ethnobotanique et socioéconomique-Errachidia Org. *Non Gov., Italy*. 39pp.

Elamri, J, Elbadaoui, K, Zair, T, bouharb, H, chakir, S et Alaoui, T. I, (2014). Étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Teucrium capitatum* L et l'extrait de *Silène vulgaris* sur différentes souches testées. *Journal of Applied Biosciences* 82:7481–7492. Laboratoire de l'Environnement et santé. laboratoire de Chimie des Molécules Bioactives et l'Environnement. Faculté des Sciences. Université Moulay Ismail. BP 11201 .Zitoune. Meknès. Maroc. 1997–5902.

Erkan N., Ayranci G., Ayranci E. Antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus Officinalis* L.) extract, blackseed (*Nigella sativa* L.) essential oil, carnosic acid, rosmarinic acid and sesamol. *Food Chemistry*, 2008 ; 110 ; 76-82

Références bibliographiques

Faivre Cl., Lejeune L., Staub H., Goetz P. (2006). Zingiber officinale Roscoe, *Phytothérapie*, 2: 99-102p.

Favier A., 2003. Le stress oxydant, intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité Chimique*, novembre-décembre, pp : 108-115.

Favier, A. (2003). Le stress oxydant: Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *Actualité chimique*, (11/12), 108-117.

Fiorucci S., 2006. Activités biologiques de composés de la famille des flavonoïdes : approches par des méthodes de chimie quantique et de dynamique moléculaire. Thèse de doctorat, université de Nice-Sofia Antipolis, pp: 19-20.

foods-a review International. *J. Food Microbiol.* 94: 223-253.

Funatogawa, K., Hayashi, S., Shimomura, H., Yoshida, T., Hatano, T., Ito, H., & Hirai, Y. (2004). Antibacterial activity of hydrolyzable tannins derived from medicinal plants against *Helicobacter pylori*. *Microbiology and immunology*, 48(4), 251-261.

Gamet-Payraastre, L., Manenti, S., Gratacap, M. P., Tulliez, J., Chap, H., & Payraastre, B. (1999). Flavonoids and the inhibition of PKC and PI 3-kinase. *General Pharmacology: The Vascular System*, 32(3), 279-286.

Ghedira, K. Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytotherapy* 3, 162–169 (2005).

Ghedira, K. Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytotherapy* 3, 162–169 (2005).

Ghouar, M., Sabeg, K., & Boudjouref, M. (2018). Etude des activités biologiques de la plante.

Giancarlo .A, Silvio. S, Rita .P.A, Teresa. M, Roberto . D, Aurelia. A. (2007). Characterization of topical antiinflammatory compounds in *Rosmarinus officinalis* L.

Goetz,P.(2007).La phytocosmétologie thérapeutique .Springer-Verlag, Paris, 216p :123- 125.

Références bibliographiques

Goetz,P et Ghedira,K (2012) la phytotherpie anti-infectieuse .Springer-Verlag.1ed . France .341p :194.

Goetz,P et Ghedira,K (2012) la phytotherpie anti-infectieuse .Springer-Verlag.1ed . France .341p :194.

Gonzale .M.E, Pena. E.I, Martine.A.L , Moreno, J, Guevara-Fefer. F, DecigaCamps. M, Lopez-Munoz. F.L. (2007). Evaluation of the antinociceptive effect of *Rosmarinus officinalis* L. using three différent experimental models in rodents. *Journal of Ethnopharmacology* 111: 476- 482.

Gonzelez-Trujano, M .E. et al (2007).evaluation of antinociceptive effect of Romarin officinalis L.using three different experimental models in modents .J Etheopharmacol.111:476-482.

Grait, S. (2015). Etude du pouvoir antioxydant d'une plante médicinale (*Urginea maritima* L).
ir l'équi Atamer, A. (2008). The importance of paraoxonase 1 activity, nitricoxide and lipidperoxidation in hepatosteatosi. *J. Int. Med.Res*,36 : 771-776p.

Granger R, J.Passet, G. Arbousset .(1976). Activité optique de l'essence de Romarin – *Rosmarinus officinalis* – L. La France et ces parfums N°67, 62.

Guignard, J, L., (1979). Abrégé De Biochimie Végétale. 2ème Ed Masson. Paris. 174p.

Guignard, J.-L. (1996). Biochimie végétale. Masson, Paris, 255 p..

Guinoiseau E., 2010 : Molécules antibactérienne issues d'huiles essentielles, séparation, identification et mode d'action. Thèse de Doctorat de l'Université de Corse, option : Biochimie- Biologie moléculaire, France. 50p.

Gunckel, S. Santander, P.G., Cordano, J., Ferreira, S., Munoz, L.J., Vergara, N., Squella, J.A. (1998),"Chemico-Biological Interactions." 114; 45–59

Gurib-Fakim A.(2014). Novel plant bioresources: applications in food, medicine and cosmetics. Chichester, West Sussex : Wiley Blackwell. 528 p.

Haleng, J., Pincemail, J., Defraigne, JO, Charlier, C., and Chapelle, JP (2007). Oxidative stress. *Liège medical review*, 62 (10), 628-38.

Références bibliographiques

Halliwell B., J. M. C. Gutteridge. (2008). *Free Radicals in Biology and Medicine*. Fourth Edition. Oxford University Press. Citer dans la Thèse de Doctorat (2015): Implication du stress oxydant dans plusieurs affections du cheval athlète : revue bibliographique, 44-61 p.

Hammerich, O., Svensmark, B. (1990), "Anodic oxidation of oxygen-containing compounds." in: H. Lund, M. Baizer (Eds.), *Organic Electrochemistry*, Marcel Dekker, New York, p 615.

Hanifi, N. (1991). Importance des ressources phytogénétiques et leur utilisation en Algérie. *conservation des ressources végétales*, 47-49.

Hans W, 1000 plantes aromatiques et médicinales, terres édition, France.336 p. 2007.

Hartmann, T. (2007). "From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism." *Phytochemistry* 68(22): 2831-2846.

Haslam E. (1994). Natural polyphenols (vegetable tannins): Gallic Acid metabolism. *Nat. Prod.* 11: 41-66.

Heinrich, M. (2003). *Teedrogen und Phytopharmaka. Ein Handbuch für die Praxis auf wissenschaftlicher Grundlage [Herbal Medicines and Phytomedicines. A Science Based Manual for the Practice]*-Edited by M. Wichtl, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 2002. 708 pp.

Holzenberger, M., Dupont, J., Ducos, B., Leneuve, P., Géloën, A., Even, P. C., ... & Le Bouc, Y.

Hosseini-Zadeh, G. A., Ardekani, B. A., & Soltanian-Zadeh, H. (2003). A signal subspace approach for modeling the hemodynamic response function in fMRI. *Magnetic Resonance Imaging*, 21(8), 835-843.

<https://www.jimdo.com/fr/>

<https://www.santeonaturel.com/>

Hunt, J. V., & Wolff, S. P. (1991). The role of histidine residues in the non-enzyme covalent attachment of glucose and ascorbic acid to protein. *Free radical research communications*, 14(4), 279-287.

Références bibliographiques

Iserin P., Masson M., Restellini J-P., Ybert E., De Laage de Meux A., Moulard F., Zha E., De la Roque R., De la Roque O., Vican P., Deelesalle –Féat T., Biaujeaud M., Ringuet J., Bloth J. et Botrel A. (2001). Larousse des plantes médicinales : identification, préparation, soins. Ed Larousse. p10-12.

Iserin, P., Moulard, F., Rachel, R., Biaujeaud, M., Ringuet, J., Bloch, J., . . . Moulard, F. (2001). La rousse : encyclopédie des plantes médicinales ; identification. Préparation, soins, 2, 10-320

Januel C., 2003. Stress oxydant au niveau des plaquettes sanguines humaines dans le contexte du diabète, étude du glutathion et de la glutathion peroxydase 4. Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, pp : 41-57.

Jhonson. L (1999). Antioxydants et anticancéreux. *Journal of Biofutur*, 1999 (186), 14 17.

Kabera J.N. , Semana E., Mussa A.R. et He X.(2014). Plant secondary metabolite: biosynthesis, classification, function and pharmacy and pharmacology 2.377-392.

KABOUCHE. A. (2005). Etude phytochimique de plantes médicinales appartenant à la famille des Lamiaceae. Thèse de doctorat en chimie. Université Mentouri - Constantine, p 22

Kalemba D, Kunicka A (2003); Antibacterial and antifungal properties of essential oils.

Kalemba D. et Kunicka A. (2003).Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Medicinal Chemistry* 10: 813-829.

Kang, J., C. Xie, Z. Li, S. Nagarajan, A. G. Schauss, T. Wu et X. Wu. (2011), "Flavonoïde from acai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp and their antioxidant and antiinflammatory activities." *Food Chemistry* 128(1): 152-157.

Khiati, M., (1998). Guide des maladies infectieuses et parasitaires, OPU, Alger.

Kim D. k., Lee C. Y. 2004. Comprehensive study on vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of various polyphenolics in scavenging a free radical and its structural relationship. *Critical Reviews In Food Science and Nutrition* 44:253-273.

Références bibliographiques

- Koehlin-Ramonatxo C., 2006. Oxygène, stress oxydant et suppléments antioxydantes ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 20 : 165-177
- Koşar, M., Dorman, H., & Hiltunen, R. (2005). Effect of an acid treatment on the phytochemical and antioxidant characteristics of extracts from selected Lamiaceae species. *Food chemistry*, 91(3), 525-5
- Lagunez Rivera, L. (2006). *Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffé par induction thermomagnétique directe* (Doctoral dissertation).
- Lisu, W., Jui-Hung, Y., Hsiao-Ling, L., Ming-Jiuan, W. (2003), "Antioxydant effect of methanol extracts from Lotus Plumule and Blossom (*Nelumbo nucifera* Gertn)." *Journal of food and drug analysis*, 11(1): 60-66.
- Lucchesi, M. E., Chemat, F., & Smadja, J. (2004). An original solvent free microwave extraction of essential oils from spices. *Flavour and Fragrance Journal*, 19(2), 134-138
- Lucchesi, M. E., Chemat, F., & Smadja, J. (2004). An original solvent free microwave extraction of essential oils from spices. *Flavour and Fragrance Journal*, 19(2), 134-138
- Luis, J., Pérez, R. M., & González, F. V. (2007). UV-B radiation effects on foliar concentrations of rosmarinic and carnosic acids in rosemary plants. *Food chemistry*, 101(3), 1211-1215. 33.
- Mabile, L., Meilhac, O., Escargueil-Blanc, I., Trolly, M., Pieraggi, M. T., Salvayre, R., & NègreSalvayre, A. (1997). Mitochondrial function is involved in LDL oxidation mediated by human cultured endothelial cells. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 17(8), 1575-1582.
- Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Jay-Allemand, C. (2005). *Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique*. PPUR presses polytechniques.
- May J. (2000). Time-kill studies of tea tree oils on clinical isolates. *J. Antimicrob. Chemother.* 45: 639-643.

Références bibliographiques

Mebarki, R., Bougueff, A., & Kabouche, A. (2012). Mise en évidence des huiles essentielles de quelques plantes médicinales.

Meyer-Warnod, B. (1984). Natural essential oils: extraction processes and application to some major oils. *Perfumer & flavorist*, 9(2), 93-104.

Michel B.(2001). *Guide des plantes médicinales*, Belin, p. 132.

Michel. B. (2001). Utilisation des lichens dans la mise en évidence des éléments traces présents dans les cours d'eau. *Cryptogamie Mycologie*, 22(3), 225-237.

Milane H., 2004. La quercétine est ses dérivés : molécules à caractère pro-oxydant ou capteurs de radicaux libres ; études et applications thérapeutiques. Thèse de doctorat, université de Louis Pasteur, Strasbourg I, pp : 37-36.

Milane, H. A., Ubeaud, G., Vandamme, T. F., & Jung, L. (2004). Isolation of quercetin's salts and studies of their physicochemical properties and antioxidant relationships. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 12(13), 3627-3635.

Moreira, M.R.Alvarez. M.V and Ponce, A.G (2016). Essential Oils, Ch. 7, *In: M.W ? Siddiqui et al* , (Eds). Postharvest management approaches for maintaining quality of fresh produce .DOI; 10.1007/978-319-23582-0_7. Springer International Published Switzerland 2016.

Moreno-Mateos, D., Power, M. E., Comín, F. A., & Yockteng, R. (2012). Structural and functional loss in restored wetland ecosystems. *PLoS biology*, 10(1), e1001247.

Muanda, F. N. (2010). Identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques. *Thèse de doctorat en Chimie organique. Ecole doctorale SESAMES Université Paul Verlaine-Metz*, 294.

Möller K (2008). La distillation à l'alambic, un art à la portée de tous. Ed. UNICOBRES. paris.

Nicolas, M., et Daniel, C.1998.Activités technologique en microbiologie-Technique de base et méthodologie. Editeurs CRDP D'aquitaine- Bordeaux, PP : 152.

Références bibliographiques

Oktay M., Gülçin İ., Küfrevioğlu Ö.İ., 2003. Determination of in vivo antioxidant activity of fennel (*Foeniculum vulgare*) seed extracts. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologies*, 36: 236-271.

Oluwatuyi M., Kaatz G.W., Gibbons S. Antibacterial and resistance modifying activity of *Rosmarinus officinalis*. *Phytochemistry*, 2004 ; 65 ; 3249-54

Paul iserin , L'arouse encyclopédie des plantes médicinales ,Paris.335p,2001.

Paul. S, (2001). Larousse encyclopédie des plantes médicinales, identification, préparations, soins. Larousse-Bordas (Ed.). 21 Rue de Montparnasse 75283 .Paris. France. 2-03-560252-1.

Pelt J-M. (1980). Les drogues. Leur histoire, leurs effets, Ed. Doin

Pibiri M-C, (2005) ; Assainissement microbiologique de l'aire et des systèmes de ventilation au moyen d'huile essentielle. Thèse N °3311, Lausan Suisse.

Pixabay Disponible sur : <<http://pixabay.com/en/rosemary-flowerprovence-violet-283098/>> (consulté le 21/11/2021)

Poole K. (2001). Multidrug resistance in Gram-negative bacteria. *Current Opinion in Microbiology* 4: 500-508.

Rameau, J. C., Mansion, D., & Dumé, G. (2008). *Flore forestière française: guide écologique illustré. Région méditerranéenne* (Vol. 3). Forêt privée française.

Rašković A., Milanović I., Pavlović N. et al. Antioxidant activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil and its hepatoprotective potential. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 2014 ; 14 ; 225-33

Recent aspects of oxidative DNA damage: guanine lesions, measurement and substrate specificity of

SANAGO R. (2006). Le rôle des plantes médicinales en médecine traditionnelle. Université

Savard S., 2005. Etude de la surexpression in vivo du monoxyde d'azote synthase endothéliale chez le rat urémique : Effets sur la dysfonction endothéliale en insuffisance rénale. Mémoire de l'université de laval, pp : 42-45.

Références bibliographiques

Scheibmier H-d., Christensen K., Whitaker S.H., Jegaethesan J., Clancy R., Pierce J.D., 2005. A review of free radicals and antioxidants for critical care nurses. *Intensive and Critical Care Nursing*, 21:24-28.

Serteyn, D., Grulke, S., Franck, T., Mouithys-Mickalad, A., & Deby-Dupont, G. (2003). La myéloperoxydase des neutrophiles, une enzyme de défense aux capacités oxydantes. *Ann. Méd. Vét*, 147, 79-93.

Shahsavani, N., Barzegaz, M., Sahari, M.A. and Naghdibadi, H. (2008). Antioxydant Activity and Chemical Characterization of Essential Oil of *Bunium persicum* plant *Foods Hum. Nutr.*, 63:183-188.●

Sofowora, A. (2010). *Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique*. KARTHALA Editions.

Sohal, R. S., Mockett, R. J., & Orr, W. C. (2002). Mechanisms of aging: an appraisal of the oxidative stress hypothesis. *Free Radical Biology and Medicine*, 33(5), 575-586.

Squier, T. C. (2001). Oxidative stress and protein aggregation during biological aging. *Experimental gerontology*, 36(9), 1539-1550.

Strang C. 2006. Larousse medical. Ed Larousse.

Teixeir B, Marques A and Ramos C (2013). Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils. *Industrial Crops and Products*. P .587-595.

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

Thannickal, V. J., & Fanburg, B. L. (2000). Reactive oxygen species in cell signaling. *American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology*, 279(6), L1005-L1028.

Thomas, M., (2011). Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification : application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophae rhamnoides*). Université d'Orléans.

Références bibliographiques

Tohidpour A. (2010). Antibacterial effect of essential oils from two medicinal plants against Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) *Phytomedicine*. 17: 142- 145.

Tyler, V.E., Brady, L.R., Robbers, J.E. (1881). *Pharmacognosy*. Lea & Febiger, Philadelphia, 520 p.

UMVF, U.M.V.F., (2014). *Structure et physiologie de la bactérie : Anatomie - Structure*, Collégiale des enseignants de bactériologie-virologie-hygiène. Université Médicale Virtuelle Francophone.

Valko, M., Rhodes, C., Moncol, J., Izakovic, M. M., & Mazur, M. (2006). Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-biological interactions*, 160(1), 1-40.

Vimont A, Optimisation de la recherche des *Escherichia coli* producteurs de Shiga-toxines (STEC), 2007, 318p.

Vlietinck, A. J., & Berghe, D. A. V. (1991). Can ethnopharmacology contribute to the development of antiviral drugs?. *Journal of ethnopharmacology*, 32(1-3), 141-153.

Wichtl, m.;Anton r.(2003). *Plantes thérapeutiques*.

Wollgast J., Anklam E.(2000). Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International* 33: 423 – 447.

Yang, X. J., & Seto, E. H. A. T. (2007). HATs and HDACs: from structure, function and regulation to novel strategies for therapy and prevention. *Oncogene*, 26(37), 5310-5310.

Yanishlieva N.V., Marinova E. and Pokorný J. Natural antioxidants from herbs and spices. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2006 ; 108 ; 776-93

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." *Molecular Pharmacology*, 58.

Références bibliographiques

Zenk MH., Jueng M., 2007. Evolution and current status of the phytochemistry of nitrogenous compounds. *Phytochemistry* 68: 2757- 2772.

Zhang Y., Chen X., Yang L. et al. Effects of rosmarinic acid on liver and kidney antioxidant enzymes, lipid peroxidation and tissue ultrastructure in aging mice. *Food function*, 2015 ; 6 ; 927-31

Zoubeidi C. (2004). Etude des antioxydants dans le *Rosmarinus officinalis* .Labiatea » ; thèse de magistère ; université de Ouargla.

Résumé

Le romarin *Rosmarinus officinalis* est une plante médicinale appartenant à la famille des lamiacées, utilisée en médecine traditionnelle pour ses divers effets thérapeutiques. Les huiles essentielles obtenues par hydrodistillation de la partie aérienne et extrait méthanolique du romarin provenant de trois régions géographiques différentes en Algérie (Blida et Djelfa et Tébessa) ont été étudiées comparativement. L'étude de l'activité antibactérienne a été réalisée par la méthode d'aromatogramme à l'égard des bactéries à Gram positif et à Gram négatif. Les résultats montrent que les huiles essentielles étudiées possèdent un important effet antibactérien.

Abstract

Rosmarinus officinalis, medicinal plant belonging to the family of lamiaceae, used in traditional medicine for its various therapeutic effects. The essential oils obtained by hydrodistillation of the aerial part and methanolic extract of rosemary coming from three geographically different regions in Algeria (Blida and Djelfa and Tébessa) were studied comparatively. The study of antibacterial activity was carried out by the method of aromagram against Gram positive and Gram negative bacteria. The results show that the essential oils studied have an important antibacterial effect.

ملخص

اكليل الجبل هو نبات طبي ينتمي الي العائلة الشفوية ويستخدم في الطب التقليدي لتأثيراته العلاجية المختلفة تهتم هذه الدراسة بوصف نبتة اكليل الجبل المقطوفة من ثلاث مناطق مختلفة من الجزائر (البليدة و الجلفة وتبسة) وقد تم استخراج الزيوت الأساسية بعملية التقطير ببخار الماء. دراسة النشاط المضاد للبكتيريا لهذه الزيوت الأساسية قد تم بالاعتماد على التقنية اروماتوغرام ضد السلالات البكتيرية غرام موجب وغرام سالب. اظهرت النتائج أن الزيوت الأساسية تمتلك نشاط عالي ضد البكتيريا.