

REPUBLIC ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID – TLEMCEN-

FACULTE DES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA NATURE
ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DES SCIENCES D'AGRONOMIE
ET DES FORETS



MÉMOIRE

De fin d'étude pour l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT EN AGRONOMIE

OPTION : Technologie Des Industries Agro-alimentaires



Intitulé :

***ETUDE DE L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE DES
HUILES ESSENTIELLES DE CURCUMA LONGA.SUR
LA VIANDE BOVINE CONTAMINEE PAR E. COLI
O157:H7***

Réalisé par :

TIDJINI AMAL

ET

TAIBI ASMA

Devant les membres de jury :

Président	Mr. AZZI N.	MAA
Examineur	Mr. BENYOUBE N.	MAA
Examinatrice	Mme BENMAHDI F.	MAA
Encadreur	Mr. TEFIANI C.	MAA

Année universitaire : 2013-2014

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche scientifique
UNIVERSITE ABOU BEKER BELKAID TLEMCCEN

Faculté des sciences de la nature et de la vie, et des sciences de la terre et de
l'univers
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE
LABORATOIRE DE MICROBIOLOGIE
MEMOIRE

Pour l'obtention d'un Diplôme de master en biologie
Option : physiologie cellulaire et physiopathologie

THEME :



**Evaluation du pouvoir antiradicalaire des extraits
de *Daucus crinitus*, *Lavandula multifida*
et *Thymus fontanesii***



Présenté par : BENHADDOUCHE Khireddine

Soutenu le :/..../2014

Devant le jury composé de :

M ^{me} Bouanane S.	MCA	Présidente	Université Tlemcen
M ^r BENAMMAR C.E.	MCB	Examineur	Université Tlemcen
M ^r BENDAHOU Mourad	Professeur	Promoteur	Université Tlemcen

Année universitaire : 2013-2014

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche scientifique
UNIVERSITE ABOU BEKER BELKAID TLEMCEN
Faculté des sciences de la nature et de la vie, et des sciences de la terre et de
l'univers
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE
LABORATOIRE DE MICROBIOLOGIE
MEMOIRE

Pour l'obtention d'un Diplôme de master en biologie
Option : physiologie cellulaire et physiopathologie

THEME :

**Evaluation du pouvoir antiradicalaire des extraits
de *Daucus crinitus*, *Lavandula multifida*
et *Thymus fontanesii***

Présenté par : BENHADDOUCHE Khireddine

Soutenue le :/..../2014

Devant le jury composé de :

M ^{me} Bouanane S.	MCA	Présidente	Université Tlemcen
M ^r BENAMMAR C.E.	MCB	Examineur	Université Tlemcen
M ^r BENDAHOU Mourad	Professeur	Promoteur	Université Tlemcen

Année universitaire : 2013-2014

D é d i c a c e s

A l ' a i d e d e d i e u n o u s a v o n s r é a l i s é c e

m o d e s t e t r a v a i l q u e j e d é d i e :

A u x ê t r e s l e s p l u s c h e r s à m o n c œ u r , m e s
p a r e n t s q u i o n t f a i t p r e u v e d e b e a u c o u p
d e c o m p r é h e n s i o n e t q u i n ' o n t c e s s é d e m e
s o u t e n i r e t m ' e n c o u r a g e r d u r a n t m e s

é t u d e s .

A m e s a m i s , F e t h i B e n b e l a ï d e t

A b d e l m o u n a ï m K h a d i r .

Remerciements

Le présent travail a été effectué au laboratoire de microbiologie appliquée LAMAABE et au laboratoire de substances naturelles LASNABIO à l'Université Abou BekerBelkaid de Tlemcen, sous la direction de monsieur **Mourad BENDAHOU**.

J'exprime ma profonde gratitude à **Mme Bouananne S. Maître de conférences A** au département de biologie à l'université de Tlemcen pour l'honneur qu'elle m'a fait de présider le jury de mon travail, qu'elle trouve ici toutes les expressions de respect.

Je remercie sincèrement Monsieur **Mr. Mourad BENDAHOU**, professeur au département de biologie à l'université de Tlemcen, qui ma honoré de ca confiance et qui a bien voulu guider et juger ce travail.

Mes remerciements vont également à **Mr. BENAMMAR C.E.**, Maitre de Conférence B au département de biologie à l'Université de Tlemcen, d'avoir accepté d'examiner ce travaille.

Merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire.

Liste des figures

Figure 1. Structure de base des flavonoïdes.	7
Figure 2. Place d'alicament entre l'aliment et le médicament.	11
Figure 3. Rupture d'équilibre en faveur des antioxydants.	14
Figure 4. Oxydation des molécules biologiques.	17
Figure 5. ROS et maladies.	25
Figure 6. Plante entière, <i>Lavandulamultifida</i> .	28
Figure 7. <i>Daucuscrinitus</i> L.	32
Figure 8. Répartition géographique des lieux de récolte.	35
Figure 9. Montage de type Clevenger.	37
Figure 10. Montage de type Soxhlet.	38
Figure 11. Courbe d'étalonnage des polyphénols.	39
Figure 12. Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.	41
Figure 13. Teneur en huile essentielle.	43
Figure 14. Teneur en polyphénols totaux des différentes plantes (g/100g de poids sèche de la plante).	44
Figure 15. Pourcentage d'inhibition en fonction de la différente concentration de l'acide ascorbique.	46
Figure 16. Pourcentage d'inhibition en fonction des différentes concentrations de BHT.	46
Figures 17 – 34. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentrations des extraits.	47- 55

Liste des tableaux

Tableau 1. Exemples de quelques maladies humaines associées avec des modifications de la concentration d'antioxydants.	24
Tableau 2. Classification botanique de <i>Lavandula multifida</i> L.	28
Tableau 3. Classification botanique de <i>Daucus crinitus</i> L.	31
Tableau 4. Classification botanique de <i>Thymus fontanesii</i> Désf.	33
Tableau 5. Données sur les espèces végétales étudiées.	35
Tableau 6. Les valeurs des IC ₅₀ des différents extraits.	56

Table des matières

Introduction	1
Partie 1. Synthèse bibliographique	
Chapitre 1. La phytothérapie	2
1. Historique	2
2. Domaines d'application des plantes médicinales	2
2.1. Utilisations en médecine	3
2.2. Utilisations en alimentation	4
2.3. Utilisations en cosmétique	4
3. Les métabolismes secondaires	4
3.1. Les huiles essentielles	4
3.1.1. Définition	4
3.1.2. Etat naturel et répartition	5
3.1.3. Localisation	5
3.1.4. Composition chimique des huiles essentielles	5
3.1.5. Rôle physiologique	6
3.2. Les flavonoïdes	6
3.2.1. Définition	6
3.2.2. Classification	7
3.2.3. Biosynthèse des flavonoïdes	8
3.2.4. Localisation des flavonoïdes	8
3.2.5. Intérêt des flavonoïdes	9

3.2.5.1. Activité des flavonoïdes contre le cancer	9
Chapitre 2. Les alicaments	10
1. Se soigner et se nourrir en même temps	11
2. Aliments fonctionnel et nutraceutique	11
3. Intérêts des alicaments	12
4. Classification des alicaments	12
Chapitre 3. Le stress oxydatif	13
1. Définition	13
2. Origine du stress	14
2.1. Les radicaux libres	15
2.1.1. Définition	15
2.1.2. Principaux des radicaux libres	15
2.1.2.1. L'anion superoxyde	15
2.1.2.2. Le radical hydroxyle	15
2.1.2.3. L'oxygène singulet	16
2.1.3. Origine des radicaux	16
2.1.4. Les conséquences du stress oxydant	17
3. Les antioxydants	18
3.1. Les antioxydant endogènes	19
3.1.1. Un système de défense primaire	19
3.1.2. Un système de défense secondaire	20
3.1.3. Les antioxydants naturels	20
3.1.1. La vitamine E	20

3.1.2. Les caroténoïdes	21
3.1.3. La vitamine C	21
4. Les maladies du stress oxydant	22
Chapitre 4. Présentation des plantes étudiées	25
1. <i>Lavandula multifida</i> L.	25
1.1. Généralité	25
1.2. Origine et répartition	26
1.3. Nomenclature	27
1.4. Description	27
1.5. Classification	28
2. <i>Daucus crinitus</i> L.	29
2.1. Description botanique	29
2.2. Classification botanique	30
3. <i>Thymus fontanesii</i> Désf.	32
3.1. Généralité	32
3.2. Caractéristiques botaniques	33
3.3. Classification botanique	33
3.4. Répartition géographique en Algérie	34
Partie 2. Matériels et méthodes	35
1. Matériel végétal	35
2. Hydrodistillation des huiles essentielles	36
3. Préparation des extraits bruts	38
3.1. Extraction	38

3.2. Calcule des rendements	39
3.3. Dosage des poly phénols	39
4. Extraction des flavonoïdes	40
4.1. Procédure	40
4.2. Dosage des flavonoïdes	41
5. Activité antioxydantes. Méthode de piégeage de radical libre DPPH	41

Partie 3. Résultats et discussion **43**

1. Rendement en huile essentielle et extraits secs	43
2. Taux d polyphénols	44
3. Taux des flavonoïdes	45
4. Résultats des tests du pouvoir antioxydant par la méthode de DPPH	46

Conclusion **59**

Références bibliographiques **60**

Introduction

Les antioxydants naturels font l'objet de nombreuses recherches via l'exploitation des métabolites secondaires utilisés dans la santé et vis-à-vis des maladies pernicieuses (cancer) et dans l'industrie agro-alimentaire. Ces composés, en particulier les flavonoïdes sont largement recherchés pour leurs propriétés biologique: antioxydants, anti-inflammatoires, antiallergique et anti carcinogénèse. Notant que l'efficacité puissante de ces substances à stopper les réactions radicalaires en neutralisant les radicaux libres est due principalement à leurs structures phénoliques avec la présence des groupements hydroxyles.

Dans le but de recherche et de la valorisation de la flore de l'ouest algérien en particulier la recherche de substances antioxydantes, nous nous sommes intéressés à l'évaluation de l'activité antiradicalaire de trois plantes aromatiques et médicinales utilisées traditionnellement comme alicaments : *Daucus crinitus*, *Lavandula multifida* et *Thymus fontanesii*.

Le travail est structuré comme suit :

- Une synthèse bibliographique sur la phytothérapie, les alicaments, le stress oxydatif et les plantes étudiées.
- Matériel et méthodes
- Résultats et discussion

Partie 1. Synthèse bibliographique

Chapitre 1. La phytothérapie

1. Historique

Les plantes médicinales ont été employées pendant des siècles comme remède pour les maladies humaines parce qu'elles contiennent des composants des valeurs thérapeutiques. Depuis toujours les plantes ont constitué la source majeure de médicaments grâce à leur richesse de ce qu'on appelle les métabolismes secondaires. Cependant, l'homme n'a découvert les vertus bénéfiques des plantes que par une approche progressive, facilitée par l'organisation des rapports sociaux, en particulier à partir de néolithique (8000 ans av. J.C.). L'observation liée à l'expérience et la transmission des informations glanées au cours du temps font que certains hommes deviennent capables de poser un diagnostic, de retrouver la plante qui soigne et finalement de guérir le malade (Fouché et al., 2000).

2. Domaines d'application des plantes médicinales

Les substances naturelles issues des végétaux ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie en alimentation, en cosmétologie et en pharmacie. Parmi ces composés on retrouve dans une grande mesure les métabolites secondaires qui se sont surtout illustrés en thérapeutique. La pharmacie utilise encore une forte proportion de médicaments d'origine végétale et la recherche trouve chez les plantes des molécules actives nouvelles, ou des matières premières pour la semi-synthèse (Bahorun, 1997).

Il y a eu donc un réveil vers un intérêt progressif dans l'utilisation des plantes médicinales dans les pays développés comme dans les pays en voie de développement, parce que les herbes fines guérissent sans effets secondaires défavorables. Ainsi, une recherche de nouvelles drogues est un choix normal (scientifique correspondance, 2003).

2.1. Utilisations en médecine

- En urologie, dermatologie, gastrite aiguës, toux, ulcère d'estomac, laxatifs, sommeil et désordre nerveux (Svoboda et Hampson, 1999).
- Système cardiovasculaire, ex : Flavoce est un médicament constitué par la Flavone non substitué en combinaison avec la rutine et isoquercétine est utile dans le traitement de l'athérosclérose (Narayana et al., 2001)
- Drogues immunostimulantes, antispasmodique et anti-inflammatoire (*Melaleuca alternifolia*, *Echinacea angustifolia*, *Chrysanthemum parthenium*, *Achillea millefolium*,....etc.). (Svoboda et Hampson, 1999 ; Pednault et al., 2001 ; Amjed Hossain, 2005).
- Contre le diabète (*Azadirachta indica*) (Amjed Hossain, 2005).
- Les maladies du stress, des activités antioxydantes ; tel le thé noir, le thé vert et le cacao sont riches en composés phénoliques, parmi lesquels le théaflavine, le resvératrol, le gallate et l'epigallocatechine procyanidine, très étudié en raison de leur rôle en tant qu'agent chimiopréventif basé sur leurs capacités antioxydantes (Lee et al., 2003).
- Activités antimicrobienne, antivirale, antiparasitaire: Les produits naturels des plantes depuis des périodes très anciennes ont joué un rôle important dans la

découverte de nouveau agent thérapeutique ex : la quinine obtenu à partir du quinquina, a été avec succès employée pour traiter le malaria (Dastidar et al., 2004).

2.2. Utilisations en alimentation

Assaisonnement, des boissons, des colorants (Svoboda et Hampson, 1999 ; Porter, 2001) et des composés aromatiques (Smallfield, 2001). Les épices et les herbes aromatique utilisées dans l'alimentation sont pour une bonne part responsable du plaisir de la table (Delaveau, 1987).

2.3. Utilisations en cosmétique

Des produits de beauté, parfums et article de toilette, produits d'hygiène (Porter, 2001).

3. Les métabolismes secondaires

3.1. Les huiles essentielles

3.1.1. Définition

Ces produits appelés communément essence (essence végétales) sont des produits de composition généralement assez complexe, renfermant les principes odorants volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation. Il faut différencier les huiles essentielles des huiles fixes (huile d'olive,...etc.), ainsi que des graisses contenues dans les végétaux. Seuls sont volatiles les huiles essentielles, qui suppose par ce caractère aux huiles fixes et aux graisses, dont elles diffèrent de plus, par leur composition chimique et leur caractéristique physique (Bruneton, 1987; AFNOR, 1992; Wichtl et Anton, 2003).

3.1.2. Etat naturel et répartition

Les huiles essentielles se rencontrent dans tout le règne végétal; cependant, elles sont particulièrement abondantes chez certaines familles: Conifères, Rutacées, Ombellifères, Myrtacées, Labiées, tous les organes peuvent en renfermer, surtout les sommités fleuries (lavandes, menthes, etc.), mais on en trouve dans les racines ou rhizomes (vétiver, gingembre), les écorces (cannelle), le bois (camphrier), les fruits (poivres), les graines (muscade). La teneur d'une drogue en huile essentielle varie selon l'organe végétal, la période de récolte (saison, jour), le lieu de récolte, la plante fraîche, la plante sèche, le mode opératoire d'obtention des huiles (hydrodistillation, entraînement à la vapeur d'eau, expression à froid, enfleurage, par des solvants organiques apolaires,...), le moyen d'extraction (alambic, appareil standard de la pharmacopée, etc...). (Paris et Moyses, 1967; Arctander, 1969; Wichtl et Anton, 2003).

3.1.3. Localisation

Les huiles essentielles sont élaborées au sein de cytoplasme de certaines cellules; elles s'en séparent par synérèse, sous forme de petites gouttelettes qui confluent ensuite en plages plus ou moins étendues. Les essences peuvent être localisées dans les cellules sécrétrices isolées, mais on peut les trouver le plus souvent dans les organes sécréteurs: poche sécrétrice schizogènes ou schizolysigènes, canaux sécréteurs, poils sécréteurs, etc. (Paris et Moyses, 1967; Arctander, 1969; Wichtl et Anton, 2003).

3.1.4. Composition chimique des huiles essentielles

Les constituants sont principalement des mono terpènes et des sesquiterpènes de formule général (C_{5H_8}). Les composés oxygénés dérivés de ces hydrocarbures incluent

des alcools, des aldéhydes, des esters, des éthers, des cétones, des phénols et des oxydes. On estime qu'il y a plus de 1000 mono terpènes et 3000 de structures sesquiterpènes. D'autres composés incluent des phénylpropanes et des composés spécifique contenant le soufre ou l'azote (Svoboda et Hampson, 1999).

3.1.5. Rôle physiologique

Beaucoup de plantes produisent les huiles essentielles en tant que métabolites secondaire, mais leur rôle exact dans les processus de la vie de la plante est inconnu (Rai et al ., 2003). Il y a beaucoup de spéculation au sujet du "rôle" d'huiles essentielles des plantes. Certainement plusieurs effets apparents "utiles" ont été décrits: réduction de la compétition des autres espèces de plante (allélopathie) par inhibition chimique de la germination des graines, et protection contre la flore microbienne infectieuse.

3.2. Les flavonoïdes

3.2.1. Définition

Le terme (flavonoïdes) désigne une large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols. Ils sont considérés comme les pigments quasiment universels des végétaux. Tous les flavonoïdes possèdent le même élément structural de base, à savoir l'enchaînement 2-phénylchromane (Figure 1) (Bruneton, 1999).

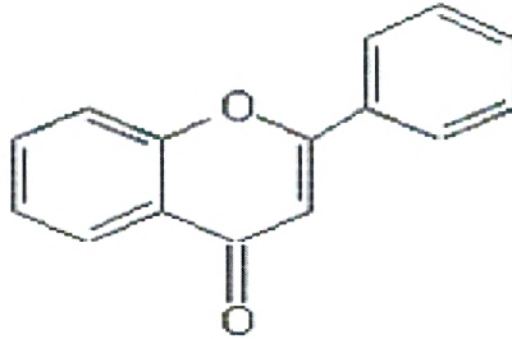


Figure 1. Structure de base des flavonoïdes.

Chez les angiospermes que la diversité structural des flavonoïdes est maximale. Ils sont de façon très générale localisés dans les feuilles (dans l'épiderme ou entre l'épiderme et me mésophile), dans les fleurs (cellule épidermique) ou encore dans les fruits (tégument externe) (Bruneton, 1999).

3.2.2. Classification

Les flavonoïdes peuvent être regroupés en une dizaine de classes selon le degré d'oxydation du noyau pyranique central, lequel peut être ouvert et recycler en un motif furanique(dihydrofuranone).De façon générale, les flavonoïdes peuvent être hydroxylés en position 3,5,7,3',4',5' et/ou 6'(suivant la numération présentée pour les flavones. Un ou plusieurs de ces groupes hydroxyles sont fréquemment méthylés, acétylés, sulfatés. Dans les plantes, les flavonoïdes peuvent être présent sous forme C- ou O-glycosylés. Les formes libres, sans sucre attachés sont appelées les génines ou aglycones (Bruneton, 1999). Les flavonoïdes minoritaires sont représentés par les Chalcones, les dihydrochalcones, les aurones, les flavanones, les dihydroflavonols et les anthocyanidols (Harborne, 2000).

3.2.3. Biosynthèse des flavonoïdes

Se fait à partir d'un précurseur commun, la 4,2',4',6' - tetrahydroxychalcone. Cette chalcone métabolisée sous l'action d'enzyme, la chalcone isomérase, en naringénine, sur cette dernière, agit la flavonesynthétase pour donner : apigénine ou le dihydroflavonone.

Le dihydroflavonon, en présence de la flavonolsynthétase, se métabolise en kaempférol ou en leucoanthocyanidol. Ce dernier semble être le précurseur des flavanes-3,4-ols et anthocyanidol, ce dernier sous l'action de la 3-O-glycosyltransférase, se transforme en anthocyanoside (Marfac, 2003).

3.2.4. Localisation des flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des membres d'une classe de composés naturels avec l'occurrence répandue dans le règne des végétaux. Largement distribué dans les feuilles, les graines, l'écorce et les fleurs des plantes (Medic-Saric et col., 2003), abondant dans les légumes feuilles (Marfac., 2003), présent dans les aliments de nature végétal (légumes, céréales, légumineuses, fruits,.....etc.) et boissons (vin, cidres, bière, thé, cacao, etc.). Cette présence est en grande partie influencée par les facteurs génétiques et des conditions environnementales. La teneur en flavonol et en flavone des aliments végétaux est fortement influencée par des facteurs tels que la variation du type et la croissance, la saison, le climat et le degré de maturité (Lugasi et al., 2003).

3.2.5. Intérêt des flavonoïdes

Plusieurs flavonoïdes ont montré des activités antioxydantes, anti-inflammatoires, inhibitrice d'enzymes, et prévention des maladies cardiovasculaires (Wang et Mazza, 2002). Ils ont montré *in vivo* comme *in vitro* un certain nombre d'activités.

Particulièrement les aglycones sont pharmacologiquement efficace. Plusieurs d'entre elles exercent des effets hépatoprotecteur, diurétique, effet de vasodilatation, antibactériens et chemopreventive, anti-inflammatoire, antidiabétique, antiallergique et autres exemple de la Morine (3, 3', 5, 5',7-pentahydroxyflavone) est la substance active de la de *Morus tinctoria* L. Elle appartient au groupe de flavonols dont le squelette de base est substitué par cinq groupes d'hydroxyle, les essais *in vitro* ont prouvé son activité chimioprotectrice, antimutagène, antivirales et antioxydantes (Bartosikova et al, 2003). Nakagawa et al. (2000) ont évalué l'efficacité antioxydant de la quercétine dans les fractions lysosomales hépatique des souris).

Les flavonoïdes montrent aussi une activité antimicrobien exemple des travaux de Harikrishna et al. (2004), ont démontré le pouvoir antimicrobien d'un flavonoïde glycoside (prunine-6-O-P-coumarate) contre deux souches de bactéries.

Les flavonoïdes montrent plusieurs effets biologiques tels que des effets antiulcéreux, anti-inflammatoires et anti-hépatotoxique. Ils sont également inhibiteurs des enzymes telles que l'aldose réductase et xanthine oxydase. Ce sont des antioxydants efficaces.

3.2.5.1. Activité des flavonoïdes contre le cancer

Parmi les flavonoïdes les plus actifs sur les cellules tumorales, nous citons la quercétine et la catéchine qui sont très abondantes dans les aliments.

La quercétine prévient la cancérogénèse, surtout le cancer de la peau et du colon. La présence de 20% de quercétine dans l'alimentation chez les animaux diminue le cancer du côlon et y prévient l'apparition du cancer. Le mécanisme suggéré est que la quercétine joue le rôle d'un antagoniste des topoisomérases 1 et 2 produites par les cellules tumorales.

La catéchine quant à elle, est un inhibiteur de certaines réactions d'oxydation donnant un ADN anormal, elle inhibe surtout la formation du 8-hydroxydesoxyguanosine (8-OHdG), un marqueur des dommages oxydatifs de l'ADN. La catéchine a été démontré comme étant plus actifs que la vitamine E sur les radicaux libres. Elle est très abondante dans le thé sous forme d'epigallocatechingallate (EGCG) (Pietta 2000 ; Tomofuji et al., 2009).

En général, les mécanismes de l'action d'un antioxydant peuvent comprendre :

- Le piégeage direct des ERO.
- La protection des systèmes de défense antioxydants.
- L'inhibition des enzymes et la chélation.

Chapitre 2. Les alicaments

Avoir de bonne habitude alimentaires et un corps sain ne consiste plus simplement à consommer les recommandés cinq fruits et légumes journaliers mais également une nouvelle catégorie d'aliments proclamant avoir des propriétés boostant sur l'organisme, voir médicinal.

1. Se soigner et se nourrir en même temps

Comme son nom l'indique le terme alicament vient de la contraction des termes aliment et médicament. Les définitions de ce terme sont multiples, ceci révélant une législation encore floue dans ce domaine, permettant une grande liberté d'action aux industriels. On peut définir un alicament comme étant un aliment conventionnel faisant partie d'une alimentation normale, enrichie en un ou plusieurs composants, apportant au consommateur des effets bénéfique sur son organisme, dépassant les effets naturels de l'aliment de base et/ou qui peut également réduire le risque de certains maladies chroniques.

En résumé, les alicaments (Figure 2) sont des aliments normaux, artificiellement enrichies en substances diverses dans le but d'avoir des vertus thérapeutiques bénéfique à l'organisme. Les alicaments ne sont donc pas des médicaments, ils sont une nouvelle catégorie de produits alimentaires normalement destiné à chacun.

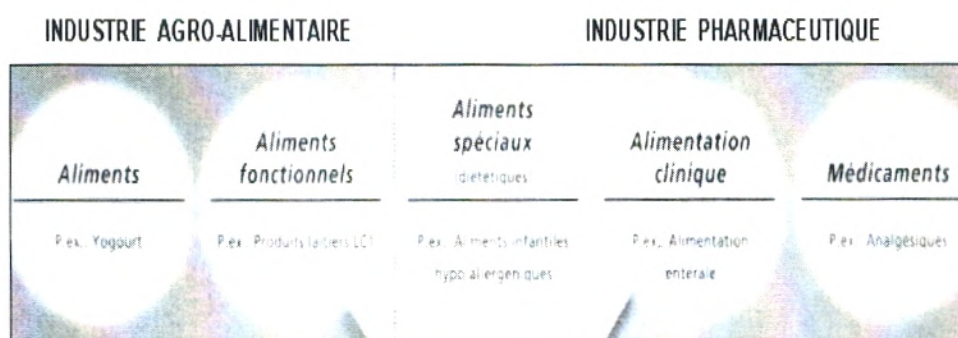


Figure 2. Place d'aliment entre l'aliment et le médicament.

2. Aliments fonctionnel et nutraceutique

Une des grandes difficultés pour reconnaître les dits (aliment santé) est que les noms les définissant sont multiples.

On entend par exemple aliments fonctionnel, nutraceutique, ou encore alicaments dans les pays francophones et/ou (nutraceutical), (functionalfoods), (pharmafoods), (designerfoods) dans les pays anglophones. Cela entraîne évidemment une confusion car ces termes, bien que très proches, n'ont pas tous la même signification.

Dans les pays francophones, on distingue deux catégories du type (Aliment santé):

- Les nutraceutique qui se rapproche plus de médicaments car ils se présentent sous forme de poudre ou de pastilles.
- Les aliments fonctionnels et les alicaments, produits alimentaires enrichies en diverses substances (vitamines, sels minéraux, calcium...etc.)

3. Intérêts des alicaments

Le but de ces aliment est toujours le même, apporter un bénéfice réel à la santé du consommateur ou réduire le risque de certains maladies chronique. Les effets devant être toujours supérieurs aux effets naturels des contenants (ex: margarine, yaourt...etc.).

4. Classification des alicaments

Il est difficile d'obtenir une classification des différents types d'aliments, car actuellement il n'existe pas de définition claire de terme lui-même.

Sur certains sites, par exemple, les produits (lighte) sont donc aussi considérés comme étant des alicaments. Malgré tout on peut classer les alicaments en quatre classes distincts suivant leurs procédés de fabrication :

- Aliment dont on a extrait un composant aux effets indésirables. Exemple: le riz hypoallergénique, le lait écrémé (ce type de produit ne répond pas tout à fait à la définition de l'alicament).
- Aliment dans lequel on a augmenté la concentration d'un composé déjà présent dans l'aliment sous sa forme naturelle. Exemple : céréales, jus d'orange et lait enrichis respectivement en fibres, vitamine C et calcium.
- Aliment dans lequel on a incorporé un nouveau composant. Exemple : œufaux omégas 3, yoghourts aux esters de stérols et esters de stanols.
- Aliment dans lequel on a substitué un composant néfaste pour la santé par un autre ayant une action bénéfique pour l'organisme (pas encore introduit sur le marché suisse).
- Au final, on se rend compte que les alicaments, quels qu'ils soient, sont toujours fabriquée par adjonction ou extraction de substance dans les aliments de base.

Chapitre 3. Le stress oxydatif

1. Définition

Le stress oxydatif est le déséquilibre entre la génération des ERO et la capacité du corps à les neutraliser et à réparer les dommages oxydatif (boyd et al., 2003), il correspond à une perturbation du statut oxydatif intracellulaire (Morel et Barouki ,1999).

2. Origine du stress

Les radicaux libres sont produits par divers mécanismes physiologique car ils sont utiles pour l'organisme à dose raisonnable. Cette production physiologique est parfaitement maitrisée par un système de défense. Dans les circonstances normales, on dit que la balance antioxydant/pro oxydant est en équilibre (Figure 3). Si tel n'est pas le cas, que ce soit par déficit en antioxydant ou par suite d'une surproduction énorme de radicaux, l'excès de ces radicaux est appelé (stressoxydant) (Favier, 2003).

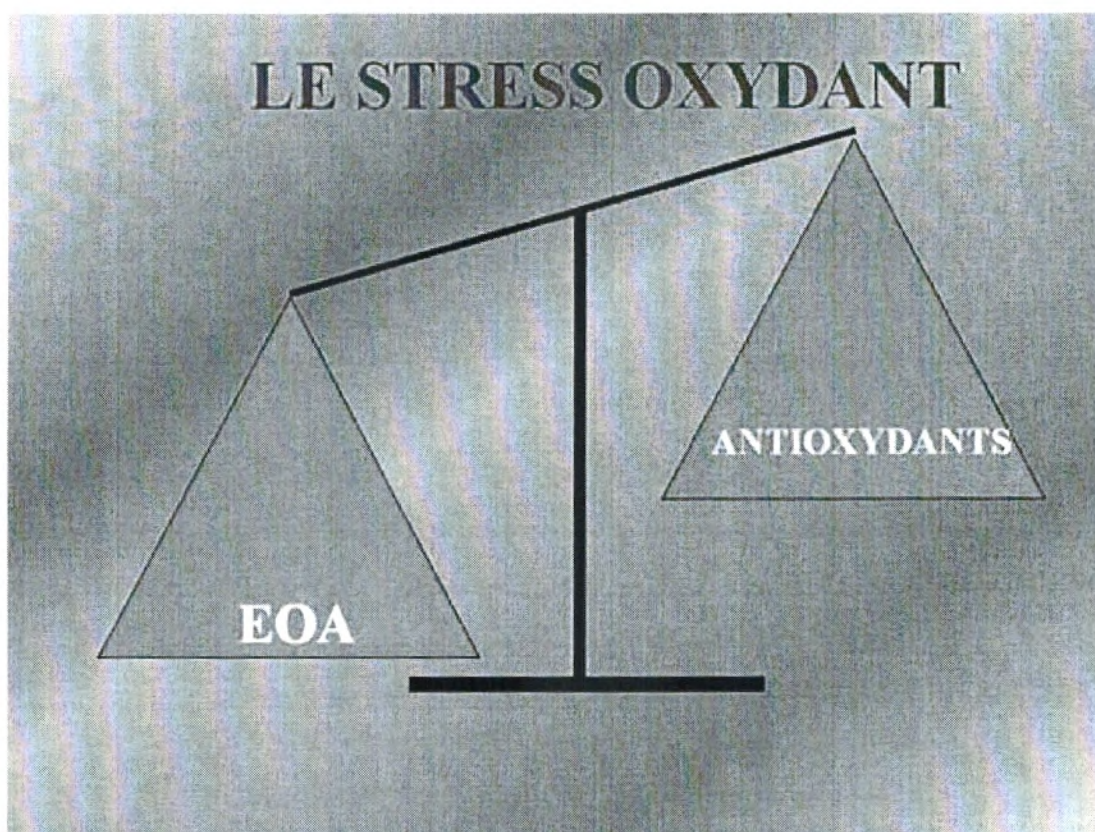


Figure 3. Rupture d'équilibre en faveur des antioxydants.

2.1. Les radicaux libres

2.1.1. Définition

Un radical libre est une molécule ou un atome ayant un ou plusieurs électrons manquants, ce qui le rend extrêmement réactif (Vansant, 2004). L'ensemble des radicaux libres et de leurs précurseurs est souvent appelé espèces réactif de l'oxygène (Favier, 2003)

L'appellation dérivés réactif de l'oxygène n'est pas restrictive elle inclut les radicaux libres de l'oxygène proprement dit, mais aussi certains dérivés oxygénés réactif non radicalaire dont la toxicité est importante tel peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), peroxydinitrite ($ONOO^-$) (Noveilli, 1997).

2.1.2. Principaux des radicaux libres

2.1.2.1. L'anion supéroxyde

La molécule, mise en présence d'une quantité d'énergie suffisante, peut acquérir un électron supplémentaire et former ainsi l'anion supéroxyde, cet anion intervient comme facteur oxydant dans de nombreuses réactions.

2.1.2.2. Le radical hydroxyle

$OH\cdot$, il est très réactif vis-à-vis des structures organiques et joue un rôle initiateur dans l'auto oxydation lipidique. Le radical peroxyde : $ROO\cdot$.

2.1.2.3. L'oxygène singulet

O^2 forme excitée de l'oxygène moléculaire est souvent assimilée à un radical libre en raison de sa forte réactivité.

2.1.3. Origine des radicaux

Ils sont produits par divers mécanismes physiologiques afin de détruire des bactéries au sein des cellules phagocytaires (macrophages, polynucléaire) ou pour réguler des fonctions cellulaires létales tel la mort cellulaire programmée ou apoptose (Favier, 2003). Toutefois, au contact entre l'oxygène et certaines protéines du système de la respiration, une production de super oxyde se produit lors du fonctionnement de la chaîne respiratoire mitochondriale. L'inflammation est par ailleurs une source importante de radicaux oxygénés produit directement par les cellules phagocytaires activées. Le monoxyde d'azote, est produit par les systèmes enzymatiques que sont les différentes NO synthétase, à des fins de médiation par les neurones, les cellules endothéliales ou les macrophages (Favier, 2003). Des sources importantes des radicaux libres sont les mécanismes de cycle redox que produit dans l'organisme l'oxydation des molécules comme les quinones. Ce cycle redox a lieu soit spontanément soit surtout lors de l'oxydation de ces composés au niveau du cytochrome. Les rayonnements sont capables de générer des radicaux libres et les particules inhalées (amiante silice) sont aussi sources des radicaux libres (Favier, 2003). L'ingestion d'alcool est suivie de la formation de radicaux libres selon divers mécanismes, également des antibiotiques, des anticancéreux (Hadi, 2004). L'infection au VIH a pour effet d'accroître la production des radicaux libres dans l'organisme (Hosein et Lytle, 2001).

2.1.4. Les conséquences du stress oxydant

La production excessive des radicaux libres provoque des lésions directes des molécules biologiques: l'oxydation de l'ADN, des protéines, des lipides et des glucides (Figure 4).

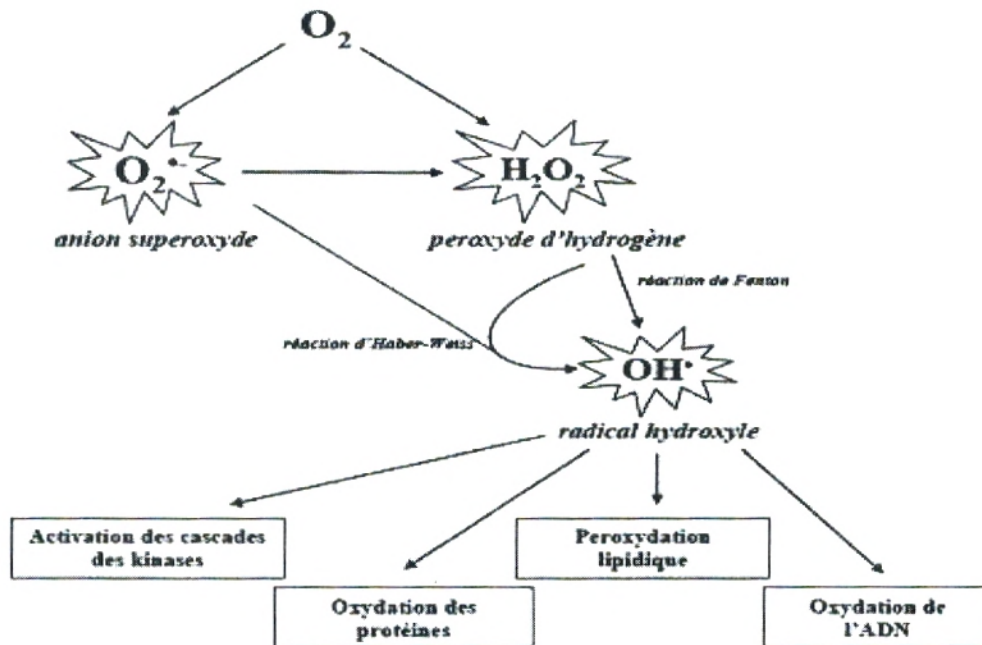


Figure 4. Oxydation des molécules biologiques.

Les lipides et principalement leurs acides gras polyinsaturés sont la cible privilégiée de l'attaque par le radical hydroxyle, réaction appelée peroxydation lipidique. Les conséquences seront différentes: l'attaque des lipides circulants aboutissant à la formation des LDL oxydés qui sont captés par des macrophages, formeront le dépôt lipidique de la plaque d'athérome (maladies cardiovasculaires), l'attaque des phospholipides membranaires modifie la fluidité de la membrane et donc le fonctionnement de nombreux récepteurs et transporteurs et la transduction des signaux (Favier, 2003)

Les radicaux libres peuvent induire des effets mutagènes ou l'arrêt des réplifications de l'ADN. Ils agissent en provoquant des altérations de bases, des pontages ADN-protéines ou de ruptures de brins (Hadi, 2004). Ils inhibent la sécrétion d'insuline (Kriepette-Drews et al., 1994), modifient les structure primaires, secondaires et tertiaires des protéines (Pincemail et al., 1999).

Parailleurs, le glucose peut s'oxydé dans des conditions physiologiques, en présence de traces métalliques, en libérant des cétoaldéhydes , H_2O_2 et $OH\cdot$, qui entraîne la coupure de protéines ou leur glycation par attachement du cétoaldéhyde. Ce phénomène de glycooxydation est très important chez les diabétiques et contribuent à la fragilité de leurs paroi vasculaire et de leurs rétine(Favier, 2003).

Le stress oxydant est principalement cause initiale de plusieurs maladies: cancer, cataracte, sclérose latérale amyotrophique, syndrome de détresse respiratoire aigu,œdème pulmonaire, vieillissement accéléré, le diabète, maladie d'Alzheimer, les rhumatismes et les maladies cardiovasculaires (Favier, 2003), maladie de Parkinson, les inflammation gastro-intestinale, ulcère (Atawodi, 2005), les œdèmes et vieillissement prématuré de la peau (Géorgitti et al., 2003).

3. Les antioxydants

un antioxydant est définie comme étant toute substance qui peut retarder ou empêcher l'oxydation des substrats biologiques (boyd et al., 2003). Ce sont des composés qui réagissent avec les radicaux libres et les rendent ainsi inoffensif (Vansant, 2004)

La raison pour laquelle les antioxydants sont importants vient du fait que l'oxygène est un élément potentiellement toxique puisqu'il peut être transformé en formes plus réactives telles que le superoxyde, le peroxyde d'hydrogène, l'oxygène singulet et les radicaux hydroxyle, collectivement connus sous le nom d'oxygène actif (Boyd et al., 2003).

Ils agissent en formant des produits finis non radicaux, d'autres en interrompant la réaction en chaîne et de peroxydation, en réagissant rapidement avec un radical d'acide gras avant que celui-ci ne puisse réagir avec un autre acide gras, tandis que d'autres antioxydants absorbent l'énergie excédentaire de l'oxygène singulet pour la transformer en chaleur. D'une manière générale, un antioxydant peut empêcher l'oxydation d'un autre substrat en s'oxydant lui-même plus rapidement que celui-ci. En même temps les antioxydants arrêtent la réaction, la plus part du temps parce que la structure des antioxydants est relativement stable (Vansant, 2004).

D'un point de vue biologique les composés antioxydants peuvent protéger les systèmes cellulaires des effets des processus potentiellement nocifs qui causent l'oxydation excessive, ils sont la stratégie préventive la plus prometteuse contre la formation des cataractes (Hale, 2003)

3.1. Les antioxydants endogènes

3.1.1. Un système de défense primaire

Composé d'enzymes et de substances antioxydantes

- La superoxyde-dismutase (SOD) : Diminue la durée de vie de l'anion superoxyde $O_2^{\cdot-}$.

- La catalase: transforme le peroxyde d'hydrogène H₂O₂ en simple molécule d'eau (localisé dans les peroxysomes).
- La glutathion peroxydase (Gpx): détruit le peroxyde d'hydrogène et les peroxydes lipidique
- Les molécules piègeurs: le glutathion(GSH), l'acide urique, les protéines a groupement thiols, ubiquinone,...etc.

3.1.2. Un système de défense secondaire

composé d'enzyme protéolytique, des phospholipases, des ADN end nucléases et ligase, des macroxyprotéinases (Pincemail et al., 1998).

3.1.3. Les antioxydants naturels

Plusieurs substances peuvent agir en tant qu'antioxydant *in vivo* ont été proposé. Elle inclue la beta carotène, l'albumine, l'acide urique, les œstrogènes, les polyamines, les flavonoïdes, l'acide ascorbique, les composés phénoliques, la vitamine E...etc. Elles peuvent stabiliser les membranes en diminuant leur perméabilité et elles ont également la capacité de lier les acides gras libres (Svoboda et Hampson., 1999).

3.1.1. La vitamine E

Est un antioxydant important qui protège les cellules contre les dommages associés au radicaux libres et par conséquent, prolonge la vie cellulaire tout en ralentissant le processus de vieillissement (Maydani, 2000) et la diminution de l'athérosclérose (Maydani, 2000). La vitamine E joue un rôle important dans l'agrégation de la beta amyloïde, d'ailleurs les données cliniques ont prouvé que les patients

d'Alzheimer obtiennent des avantages remarquables au traitement par la vitamine E (Pieroni et al., 2002).

Il a été déterminé que la vitamine E naturelle, semble être deux fois plus bio disponible que la vitamine E synthétique (Burton et al., 1998). La vitamine E est rencontrée surtout dans les huiles végétales, les noix et les germes de diverses graines (Vansant, 2004).

3.1.2. Les caroténoïdes

Sont une classe de composés photochimiques très importantes, trouvés dans les légumes et fruits, également dans le lait, empêchent les dommages génétiques, protègent contre les dommages oxydant en augmentant le métabolisme de désintoxication, empêchent l'expression des oncogènes, augmentent l'activité de communication des gap jonctions.

Les exemples des caroténoïdes, incluent l'alpha carotène, bêta carotène, lycopène, phytofluène, phytoène, lutéine, neoxanthine, viloxanthine, anthéroxanthine, alpha cryptoxanthine et beta cryptoxanthine. Leur structure polyène leur permet d'absorber la lumière et de neutraliser l'oxygène singulet. Cette chaîne polyène, par mécanisme d'addition, permet l'incorporation des espèces réactives ou radicaux libres et de ralentir leur propagation. Les caroténoïdes sont impliqués dans la prévention de nombreux types de cancer; cancer de la prostate; cancer du poumon (Hale; 2003).

3.1.3. La vitamine C

Est largement répandue dans les fruits (Vansant; 2004), l'influence sur les dégâts protéiques a été examinée dans des études d'apport de suppléments, principalement

sur des modèles de rats et il y a eu quelques essais chez l'homme. De façon intéressante, de supplémenter des volontaires sains pendant Cinque semaines avec de la vitamine c n'a aucun effet. Cependant, après 10 et 15 semaines de traitement, les taux de carbonyles ont été significativement abaissés (Carty et al., 2000). Ceci suggère que les autres études, qui n'ont pas réussi

4. Les maladies du stress oxydant

Le stress oxydant est impliqué dans de nombreuses pathologies incluant l'obésité, le diabète, l'athérosclérose, le vieillissement, cancer, cataracte, sclérose latérale amyotrophique, syndrome de détresse respiratoire aiguë, œdème pulmonaire, Alzheimer, les rhumatismes et les maladies cardiovasculaires (Figure 5). La plus part des maladies incluent par le stress oxydant apparaissent avec l'Age car le vieillissement diminue les défenses antioxydants et augmente la production mitochondrial de radicaux.

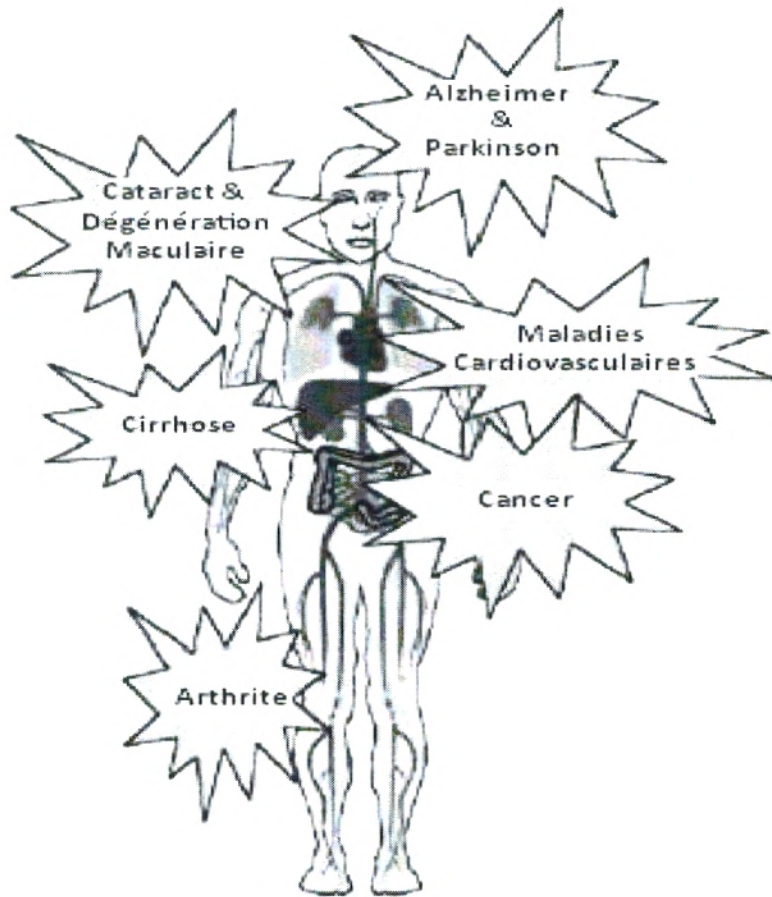


Figure 5. ROS et maladies: Les ROS endommagent les protéines, lipides et ADN entraînant des changements de structure et de fonction des structures biologiques et sont impliquées dans de nombreuses maladies.

Le vieillissement s'accompagne d'une altération globale d'un ensemble de fonctions physiologiques ainsi qu'une susceptibilité plus élevée face à différentes maladies. La théorie radicalaire explique ces altérations par l'accumulation de molécules oxydées et par conséquent l'apparition de mutations. La carbonylation des protéines, leur dénaturation, et leur agrégation, l'oxydation des lipides. Une élévation des marqueurs biologiques du stress oxydant comme la 8-oxo-guanine, le dialdéhyde malonique (MDA) et les isoprostanes a été observée au cours du vieillissement. En plus, l'efficacité des mécanismes de réparations cellulaires comme le protéasome, les protéines

chaperons, plusieurs enzymes réductrices et les systèmes de réparation de l'ADN diminuent avec l'âge, ce qui contribue à la fixation et l'accumulation des anomalies.

Tableau 1. Exemples de quelques maladies humaines associées avec des modifications de la concentration d'antioxydants :

Evolution de l'antioxydant	Situation pathologique
Diminution du vit C	Maladies respiratoires, pancréatite aiguë
Diminution de la vitamine E	Syndrome de détresse respiratoire, Choc septique
Diminution de Glutathion, Proteine-SH	Syndrome détresse respiratoire
Diminution de l'ubiquinone	Hyperlipédimie
Augmentation de l'acide urique	Phénomène d'ischémie – reperfusion.
Diminution du pouvoir antioxydant totale	Maladies respiratoires, maladies du foie, Naissance de prématurés.
Augmentation de la SOD	Leucémie, Hépatite, Diabète
Diminution de la SOD	Arthrite rhumatoïdes, Anémie de Fanconi

Les ROS sont impliquées dans plusieurs pathologies rénales et c'est durant la reperfusion qu'apparaissent les ROS mettant en jeu l'implication du stress oxydant dans les lésions d'IR (Ischémie reperfusion). Les ROS ont également été identifiées comme étant l'agent causal de la perte neurale dans la maladie d'Alzheimer, l'épilepsie, l'Ischémie cérébrale, la commotion cérébrale, la maladie de Parkinson, la sclérose amyotrophique latérale et dans le processus de vieillissement du cerveau.

Chapitre 4. Présentation des plantes étudiées

1. *Lavandula multifida* L.

1.1. Généralité

Les labiées constituent une famille étendue, mais très homogène (Gallinard, 1960) d'angiosperme, dicotylédones, gamopétales réunis dans l'ordre des tubiflorales (Encyclopediainiversalis, 1985). Cette famille est répartie en 7 sous familles (Roques, 1959) dont la plupart sont utilisées en parfumerie, en pharmacie et dans les préparations culinaires (Boumlique, 1995). Beaucoup de genres de labiées telle la lavande secrètent des essences volatiles très odoriférantes (Francois, 2002).

La lavande est définie comme une plante vivace de la famille des labiacées, dont le nom vient du latin (lavare) qui signifie (laver) (Le petit Larousse en couleur, 1998). Elle fait partie du genre *Lavandula* (BARDEAU, 1966) qui comprend 28 à 30 espèces d'arbustes ou d'arbrisseaux bénéficiant d'un climat sec de type méditerranéen (Brickell et Mioulane , 2002).

La culture de la lavande montre en plus de l'intérêt qu'elle présente pour la production des essences parfum et aussi du miel, un autre avantage, elle permet de fixer les sols et de limiter ainsi l'action de l'érosion (Laumonier, 1959).

La lavande croit sur les coteaux secs et rocailleux de la région méditerranéenne (Djerroum et Nacef, 2004) mais aujourd'hui elle se rencontre un peu partout dans le monde (jusqu'à 2000 m d'altitude) (Jean-Francois, 2003).

Le genre *Lavandula* regroupe une trentaine d'espèces, diverses variétés et de nombreux hybrides (Bœlens, 1995), les principales sont :

- *Lavandula latifolia*: (ou lavande aspic) elle est très répandue en Espagne cultivée dans les régions centrales et Sud-est (Garcia Vallejo et Coll., 1989).
- *Lavandul aofficinalis*: (ou lavande vraie) elle est originaire de l'Ouest de la méditerranée (Fournier, 1947). on appelle aussi lavande femelle (Baba Aissa, 1999).
- *Lavandula angustifolia*: c'est une plante aromatique poussant spontanément dans les régions méditerranéennes, sur les coteaux ensoleillés et les montagnes jusqu'à 1800 m d'altitude (Anton et Wichtel, 1999).
- *Lavandu lalanta*: (lavande laineuse) : espèce originaire des montagnes du Sud de l'Espagne (Garcia Vallejo et Coll., 1989).
- *Lavanduladentata*: cette lavande existe et croit en Espagne, au Maroc et en Algérie, elle est proche de lavande stœchas (Becker et Coll., 1982).
- *Lavandula stoechas*: c'est une espèce silicicole sensible au froid (Garnier et Coll., 1961), elle croit dans la région du littoral méditerranéen du Portugal à l'Asie mineure (Mourre, 1923).

1.2. Origine et répartition

Lavandula multifida se développe dans toute l'Algérie, sauf dans le tell Algéro-constantinois (Quezel et Santa, 1963). Elle est fréquente dans les subérais, les garrigues, les broussailles et les pâturages des terrains marneux et rocailleux des plaines et des moyennes montagnes jusqu'à 1200 m. Elle fuit l'argile et la trop humidité (Bellakhdar et Coll., 1986).

1.3. Nomenclature

Selon les régions, *Lavandula multifida* est connue sous différents noms :

- Kohhila: Maroc (Bellakhdar, 1978).
- Klila dial amir: Tlemcen (Bellakhdar et Coll., 1986).
- Hlilhla: Beni-saf.
- Djaada: Ouchba. Le même nom est donné pour *Lavanduladentata* (KLAUS, 1991).

1.4. Description

Lavandula multifida (Figure 6) est une plante sous frutescent à souche épaisse, à nombreuses tiges quadrangulaires atteignant 50 cm de hauteur et parfois davantage. Les feuilles, multifides et pétiolées présentent une pilosité identique à celle des tiges, c'est à dire plus dense à la base qu'au sommet (Bellakhdar et Coll., 1986). Les fleurs de 7 à 8 mm en épis (les épis ont en général moins de 3 cm mais parfois jusqu'à 7 cm) (Brickelle et Mioulane, 2002), ont une couleur bleu violacée (Quezel et Santa, 1963 ; Brickell et Mioulane, 2002). Les inflorescences sont denses de fleurs insérées à l'aisselle d'une bractée velue, dont la morphologie représente un caractère différentiel important à l'intérieur du genre (Bellakhdar et Coll., 1986).

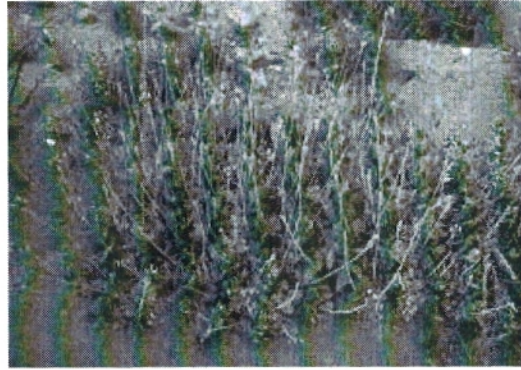


Figure 6. Plante entière, *Lavandulamultifida*.

1.5. Classification

Le tableau 2 montre la place dans la classification botanique de *Lavandula multifida* L.

Taxonomie	Espèce
Embranchement	Spermatophytes
Sous-embranchement	Angiosperme
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Gamopetales
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	<i>Lavandula</i>
Espèce	<i>multifida</i>

- *Lavandula multifida* a été traditionnellement utilisée comme plante aromatique, culinaire décoratif, cosmétique et dans des butes médicinaux (Maganga, 2004).

- Le genre *Lavandula multifida* fournit plusieurs huiles essentielles importantes à l'industrie des parfums (Wiesenfeld, 1999)
- La plante est employée comme expectorant, antispasmodique, carminatif, bon désinfectant des plaies
- L'huile employée comme remède contre les affections du colon, soulager les maux de tête (Gören et al, 2002).

2. *Daucus crinitus* L.

2.1. Description botanique

Selon Lamark et Poiret (1811), cette espèce est remarquable par les poils nombreux, mous, allongés, blanchâtres ou violets dont les semences sont chargées. Les tiges sont simples ou à peine rameuses, droites, rudes, légèrement striées, hautes de deux à trois pieds ; les feuilles distantes, longuement pétiolées ; les folioles glabres, filiformes, courtes, nombreuses, inégales, aiguës, divariquées, un peu roide, les pédoncules simples, très lisses, souvent longs d'un pied ; l'involucre composé de huit à dix folioles linéaires, pinnatifides à leur sommet ; les découpures aiguës, inégales ; les folioles des involucre partiels presque simples ; l'ombelle plane, touffue ; les ombellules touffues ; la plupart des fleurs centrales ont une avortée, les pétales blancs presque égaux ; les semences à demi cylindriques. Les fleurs, froissées, entre les doigts, répandent une odeur aromatique. Cette plante croît sur les monts Atlas et sur les collines incultes, aux environs de Mascara et de Tlemcen ; elle fleurit au commencement du printemps.

Selon Pujadas Salvà (2003), c'est une plante pérenne, de (18) 24-115 cm, dressée, ramifiée ou non au niveau de la base. Tiges scabrides à poils rétroscées. Feuilles basales 3-4 pinatiséquées, avec des segments sessiles ou sous-sessiles apparemment verticillées,

avec des divisions de dernier ordre linéaires-lancéolées ou linéaires, longuement apiculées, avec pétiole et rachis scabrides à poils rétrorses, le rachis parfois sous-glabre, nervure sous-glabre ou avec poils antrorses dispersés ; les supérieurs similaires aux basales 1-3 pinatiséquées. Ombelle longuement pédonculées, légèrement convexes, parfois planes, non contractées à la fructification, avec (9) 15-25 (30) rayons de (15)35-70 (95) mm d'inégaux à sous-égaux, scabrides à poils patents ou rétrorses . Bractées 5-10, de longueur beaucoup plus petite que celle de rayons adpressées ou patentés, indivisées linéaires-lancéolées, trifides ou pinatiséquées avec des lobules linéaire-lancéolés scabrides à poils antrorses, avec une large marge scarieuse. Bractéoles 5-9 de longueur inférieur ou égale à celle des fleurs, indivisées linéaires-lancéolées, parfois bifides, trifides ou pinnatiséquées avec des lobules linéaires-lancéolées, adpressés, avec une nervure medianescarbide et une large marge scarieuse. Sépale jusqu'à 0.4 mm, triangulaire, caducs, pétale largement obovales, avec le cœur abruptement acuminé, incurvées, glabre, bancs.

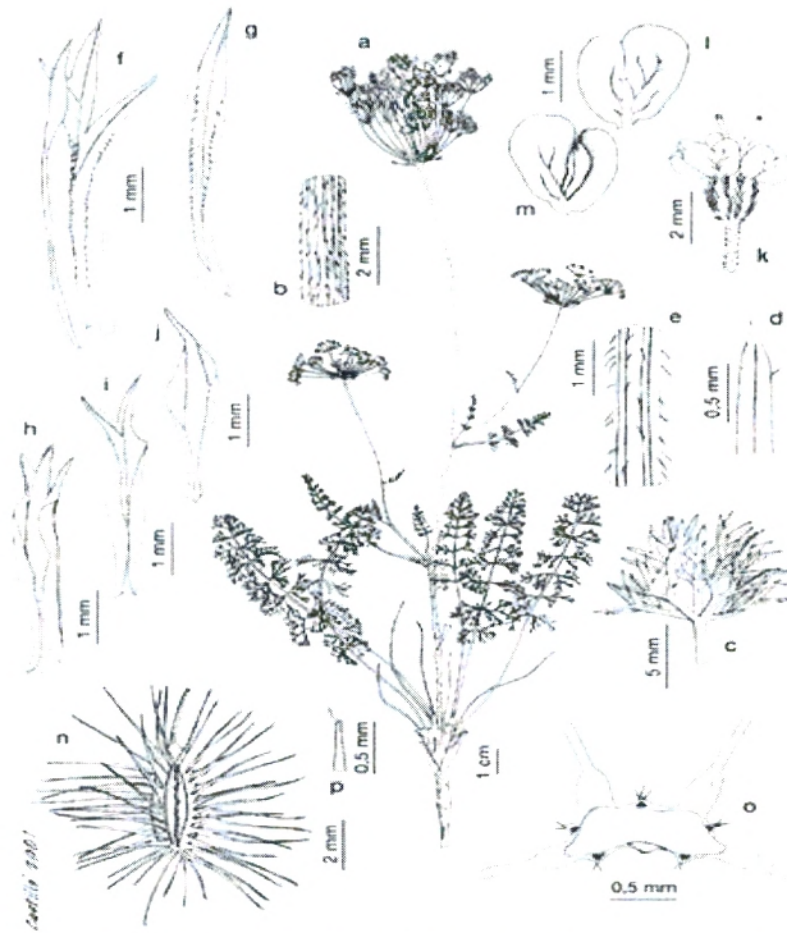
2.2. Classification botanique

L'espèce étudiée est connue par deux nomenclatures botaniques qui sont considérées comme synonymes : *Daucus crinitus* Desf. (par référence à René Louiche Desfontaines) et *Daucus meifolius* Brot. (par référence à Félix de Silva AvellarBrotero). La systématique la plus récente des deux nomenclatures suit les hiérarchie de SystémaNaturae 2000 (Brands, 1989-2005) (Tableau 3).

Tableau 3. Classification botanique de *Daucus crinitus* L.

Taxonomie	Espèce
Embranchement	<i>Tracheophyta</i>
Sous-embranchement	<i>Euphyllophytina</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Cornidae</i>
Ordre	<i>Araliales</i>
Famille	<i>Apiaceae</i>
Sous-famille	<i>Apiioidea</i>
Genre	<i>Daucus</i>
Espèce	<i>crinitus</i>
Espèce	<i>Daucus crinitus</i>

L'espèce a pour nom commun (bouzeffour) chez les habitants de la région de Tlemcen ; elle est connue aussi par les noms (carotte à semences chevelues) (Lamarck et Pioret, 1811). En Algérie (Figure 7), cette espèce pousse fréquemment aux environs de Tlemcen et Mascara à côté de la frontière marocaine et aux environs d'EL-Taraf à côté de la frontière tunisienne.



Lám. 30 -*Daucus crinitus*, a, b, f-m) Magacela, Badajoz (MAF 87234), c-e) Belvis de la Jara, Toledo (JACA 42667), n-p) pr. Espiel, Sierra Morena, Córdoba (COA 8937). a) hábito, b) detalle del tallo, c) detalle de una hoja, haz, d) detalle del ápice de una división foliar de último orden, haz, e) detalle del pecíolo, f, g) brácteas, h-j) bractéolas, k) flor, l) pétalo, cara externa, m) pétalo, cara interna, n) mericarpo, o) sección transversal de un mericarpo, p) detalle de una espina de un mericarpo.

Figure 7. *Daucus crinitus* L.

3. *Thymus fontanesii* Desf.

3.1. Généralité

Le terme (thym) est apparu dans la langue française au 18ème siècle, d'abord sous la forme de (thym), selon certaines sources, il est dérivé du latin thymus, qui l'a emprunté du grec thymos, signifiant de façon quelque peu obscure (gros ou loupe). D'autre pense que le mot vient du grec thymosouthyein, qui signifie (fumé),

par allusion au fait qu'il était jadis brûlé comme encens et qu'on lui attribuait alors le pouvoir d'éloigner les créatures venimeuses. D'autres, enfin font dériver le mot du grec *thymus* qui signifie courage, la plante étant jadis considérée comme revigorante.

3.2. Caractéristiques botaniques

Les thymus (*thymus*) sont des plantes bases sous-ligneuses, pouvant atteindre 40 cm de hauteur. Ils possèdent de petites feuilles recourbées sur les bords de couleur vertes foncé, et qui sont recouvertes de poils et de glandes appelés trichomes. Les trichomes contiennent l'huile essentielle majoritairement composée de mono terpènes. Les calices et les jeunes tiges sont aussi recouverts de ces structures qui libèrent l'essence par simple contact, bien qu'en plus faible densité sur les tiges. Ses petites fleurs zygomorphes sont regroupées en glomérules et leur couleur varie du blanc au violet en passant par le rose.

3.3. Classification botanique

Tableau 4. Classification botanique de *Thymus fontanesii* Desf.

Taxonomie	Espèce
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiosperme
Classe	Dycotilédones
Sous classe	Métachlamydées
Ordre	Tubiflorales
Sous ordre	Verbéninées
Famille	Labiacées

3.4. Répartition géographique en Algérie

L'Algérie est connue par sa richesse en plantes médicinales en regard de sa superficie et sa diversité bioclimatique. Le thym de la famille de lamiacées ou labiées, comprend plusieurs espèces botaniques répartie sur tout le littorale et même dans les régions interne jusqu'aux zones arides. Il est représenté en Algérie par des nombreuses espèces qui ne se prêtent pas aisément à la détermination en raison de leur variabilité et leur tendance à s'hybrider facilement.

Partie 2. Matériels et méthodes

1. Matériel végétal

Les trois espèces étudiées dans ce travail ont été récoltées de différentes localités situées dans la wilaya de Tlemcen en pleine inflorescence. Ces plantes se trouvent en abondance à l'état sauvage. La Figure 5 représente bien la distribution géographique des lieux de récolte. Concernant le matériel végétal récolté, juste la partie utilisée traditionnellement a été sélectionnée et séchée pendant 10 jours (Tableau 5).

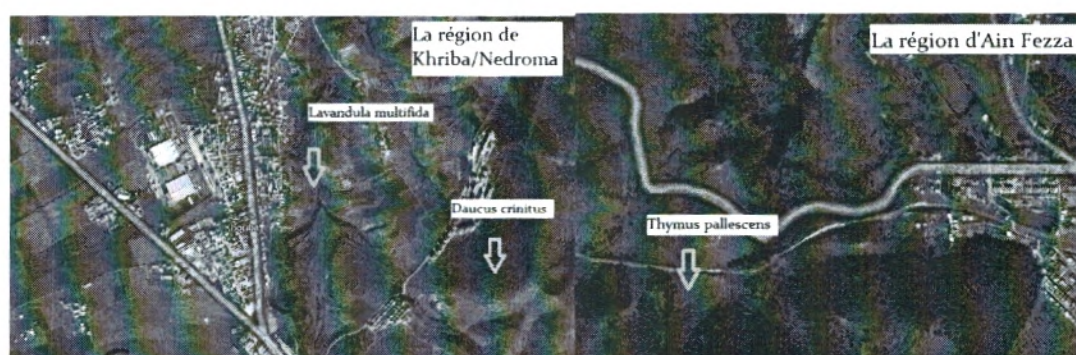


Figure 8. Répartition géographique des lieux de récolte.

Tableau 5. Données sur les espèces végétales étudiées.

Espèce	Appellation locale	Organes utilisés traditionnellement	Utilisation en alimentation
<i>Lavandula multifida</i>	<i>Kehila</i>	La partie aérienne	Assaisonnement
<i>Daucus crinitus</i>	<i>Bouzeffour</i>	Les racines	Assaisonnement
<i>Thymus fontanesii</i>	<i>Zatâr</i>	Les feuilles	Assaisonnement

2. Hydrodistillation des huiles essentielles

La grande majorité des huiles essentielles est produite par distillation. Cependant, il existe différents procédés utilisés. Dans chaque d'eux, l'eau est chauffé pour produire de la vapeur, qui transport les produits chimique les plus volatiles de ma matière aromatique avec elle. La vapeur est ensuite réfrigérée (dans un condensateur) et le distillat obtenu est recueilli. L'huile essentielle va normalement flotter au-dessus de l'hydrosol (la composante de l'eau distillée) et peut être séparée.

Pour notre travail, nous avons utilisé l'hydrodistillation. C'est la plus simple technique parmi toutes les techniques d'extraction des huiles essentielles. L'extraction des huiles essentielle a été conduite dans un appareil de type Clevenger modifié (Figure 9). La durée de la distillation est un facteur de grande importance dans la détermination des rendements en huiles essentielles, dont la plus part contiennent de nombreux constituants de volatilités différentes, et il est impossible en pratique de mener une distillation à sa fin. Toutefois, pour un type d'huile essentielle, au-delà d'un certain temps, la distillation donne des quantités d'huile essentielles négligeable. Une série de distillation permet de déterminer ce temps nécessaire.

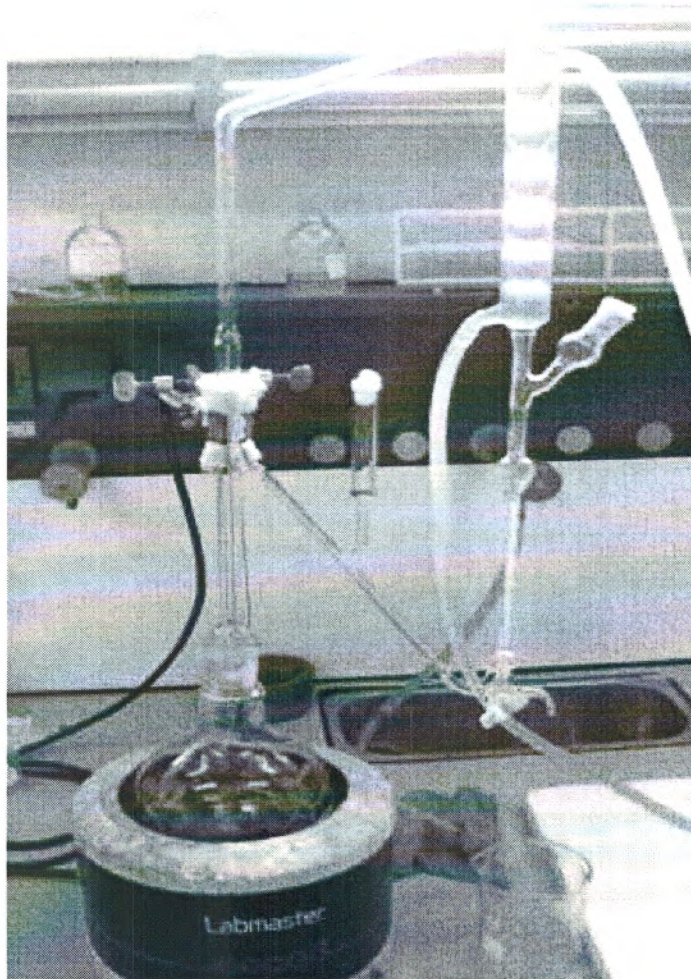


Figure 9. Montage de type Clevenger.

Il est constitué d'une chauffe ballon, un ballon en verre pyrex ou l'on place 10g de la matière végétale et 100ml d'eau distillé, une colonne de condensation de la vapeur (réfrigérant) et un collecteur en verre pyrex également qui reçoit les extraits de la distillation. L'huile essentielle obtenue est conservée au réfrigérateur dans un flacon en verre brun fermé hermétiquement à 4°C et à l'ombre.

Le rendement en huile essentielle est le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la plante à traiter (Carré, 1953). Le rendement exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante: $R = PB/PA \times 100$.

3. Préparation des extraits bruts

3.1. Extraction

L'obtention des extraits bruts a été effectuée à partir du matériel végétal séché et pulvérisé dans un montage de type Soxhlet (Figure 10) par trois solvants, à savoir l'hexane, l'éthanol et l'eau distillé. Les extractions ont été réalisées successivement par ordre croissant de polarité. Les extraits obtenus ont été concentré à l'aide d'un rota évaporateur à une concentration standard de 50 mg/ml, puis stockés à 4°C dans l'obscurité.



Figure 10. Montage de type Soxhlet.

3.2. Calcule des rendements

Le poids de l'extrait sec est déterminé par la différence entre le poids du ballon pleine et le poids du ballon vide.

3.3. Dosage des poly phénols

L'étude quantitative en polyphénols des extraits (éthanolique,, hexanique et aqueux) au moyen des dosages spectrophotométries. Une quantité de 200 µl des extraits de la plante est mélangé avec 1ml du réactif de **Folin-Ciocalteu** fraîchement préparé (10 fois dilué) et 0,8ml de carbonate de sodium à 7,5% Na₂CO₃. L'ensemble est incubé à température ambiante pendant 30 minutes et la lecture est effectuée contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre (UV/VIS OPTIZEN) à 765nm.

Une courbe d'étalonnage ($y = ax + b$) a été réalisée en parallèle par l'acide gallique à différentes concentrations dans les mêmes conditions que les échantillons.

Les résultats ont été exprimés en milligrammes équivalent d'acide gallique par gramme du poids sec de la plante en appliquant la formule suivante :

$$C = (c \times V) / m$$

C : La teneur en phénols totaux (mg d'ac. gallique / g de matière sèche).

c: La concentration de l'ac. gallique établie à partir de la courbe d'étalonnage (mg/ml).

V: Volume de l'extrait méthanolique ou aqueux

m: Le poids de la matière sèche (g).

4. Extraction des flavonoïdes

4.1. Procédure

On a employé les solutions méthanoliques pour l'extraction des flavonoïdes, méthode décrite par Upson et al. (1999).

- Pour 10g de plante séchée et rendu en poudre placé dans un récipient en verre (fiolle ou bécher), couvert de 20ml de MeOH aqueux 70%
- Le tout est chauffé à 70°C pendant 5 minutes (ce procédé tue le tissu végétal, empêchant l'oxydation ou l'hydrolyse enzymatique).
- L'échantillon est laissé macérer durant une nuit (24heures).
- Après une première filtration sur papier filtre n°589, 13 cm de diamètre,
- Le filtrat est évaporé sous vide à sec en utilisant un Rota vapeur à la température de 45-50°C.
- L'extrait est ensuite récupéré par l'eau tiède à 50°C.
- La solution est soumise à une extraction de type liquide/liquide à l'aide d'une ampoule à décanter par deux solvant successivement, le n-butanol et l'acétate d'éthyle.
- Les deux extraits sont récupérés avec le DMSO après évaporation à sec (notant ici que la quantité de départ de la plante sous forme de poudre mis à l'extraction est de 20g et que l'extrait sec résultant est solubilisé dans 5 ml de DMSO).
- L'extrait sec en solution est conservé à +5°C.

4.2. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïde a été déterminée spectrophotométriquement selon la méthode décrite par Upson et al. (1999). Une quantité de 1ml de l'extrait de chaque plante a été mélangée avec 0,4ml d'eau distillé et par la suite avec 0,03ml d'une solution de nitrite de sodium NaNO_2 à 5%.

Après 5 minutes, 0,02ml d'une solution d' AlCl_3 à 10% a été ajouté. Après 5 minutes on additionne au mélange 0,2 ml de solution de Na_2CO_3 1M et 0,25ml d'eau distillée. L'ensemble est agité à l'aide d'un vortex et l'absorbance a été mesurée à 510 nm.

La teneur en flavonoïdes a été calculée à partir d'une courbe d'étalonnage ($y=ax+b$) réalisée par la catéchine à différentes concentrations dans les mêmes conditions que les échantillons.

5. Activité antiradicalaire. Méthode de piégeage de radical libre DPPH

La méthode DPPH (2,2 diphényl-1-picrylhydrazyl) est une méthode simple, rapide et facile à mettre en œuvre. Elle est utilisée par Dong-Sun Lee et col (2001). Les composés antioxydant présents dans les extraits de nos espèces végétales peuvent réduire le radical libre (DPPH) selon la réaction suivante : $\text{DPPH}\cdot + \text{AH} \longrightarrow \text{DPPH-H} + \text{A}\cdot$

La réaction DPPH. S'accompagne par le passage de la couleur violette à la couleur jaune de la solution, mesurable à $\lambda=517$ nm. La solution de DPPH à 0.025 g/l est préparée à l'avance (au moins 3 ou 4 heures) car la solubilisation est difficile, et elle ne se conserve pas de 48h à l'obscurité. On prend 50 μl de l'extrait à différentes concentration (g/l) on lui ajoute 1.95 ml de DPPH dessous dans le méthanol. On incube à la température ambiante et à l'obscurité pendant 30 minutes. On mesure la

densité optique à λ 517 nm. Les valeurs obtenues sont la moyenne de trois répétitions. L'acide ascorbique est un contrôle positif. L'absorbance lue est transformée en pourcentage d'inhibition par rapport à l'absorbance de la solution témoin.

$$I\% = ((A_t - A_e) / A_t) \cdot 100 \text{ (Wang et Col, 2002).}$$

Où A_t : L'absorbance de DPPH sans extrait, A_e : La densité optique de DPPH avec extrait, $I\%$: pourcentage d'inhibition.

La courbe traçant la relation entre le pourcentage d'inhibition et la teneur en composés phénolique n'étant pas linéaire mais logarithmique (plateau atteint vers 80% d'inhibition), Les extrait sont donc dilués ou concentrés pour obtenir un pourcentage d'inhibition aux alentours de 50%. Afin de comparer les extraits entre eux un indice est calculé : EC₅₀ quantité en (μ g) de composés phénoliques nécessaire pour obtenir 50 % d'inhibition.

Partie 3. Résultats et discussion

1. Rendement en huile essentielle

Les huiles essentielles ont été extraites des matériaux végétaux secs, le rendement en huile essentielle varie beaucoup avec la plante utilisé (figure 11), le matériel employé pour l'extraction et la période de récolte. *Lavandula multifida* ne renferme que des traces d'huiles. Alors que pour les deux autres plantes, le rendement était largement variable où *Thymus fantasia* présente le rendement le plus élevé. En revanche, *Daucus crinitus* présentent un rendement moyen de 1,5 %.

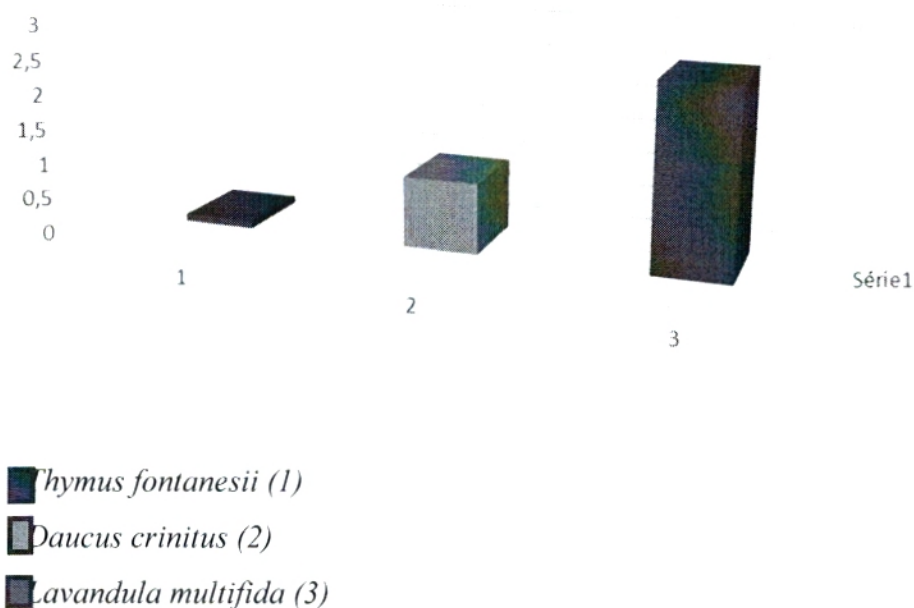


Figure 11. Teneur en huile essentielle.

2. **Taux de polyphénols** : Les teneurs en polyphénols totaux sont rapportées en équivalent gramme de l'acide gallique (figure 12).

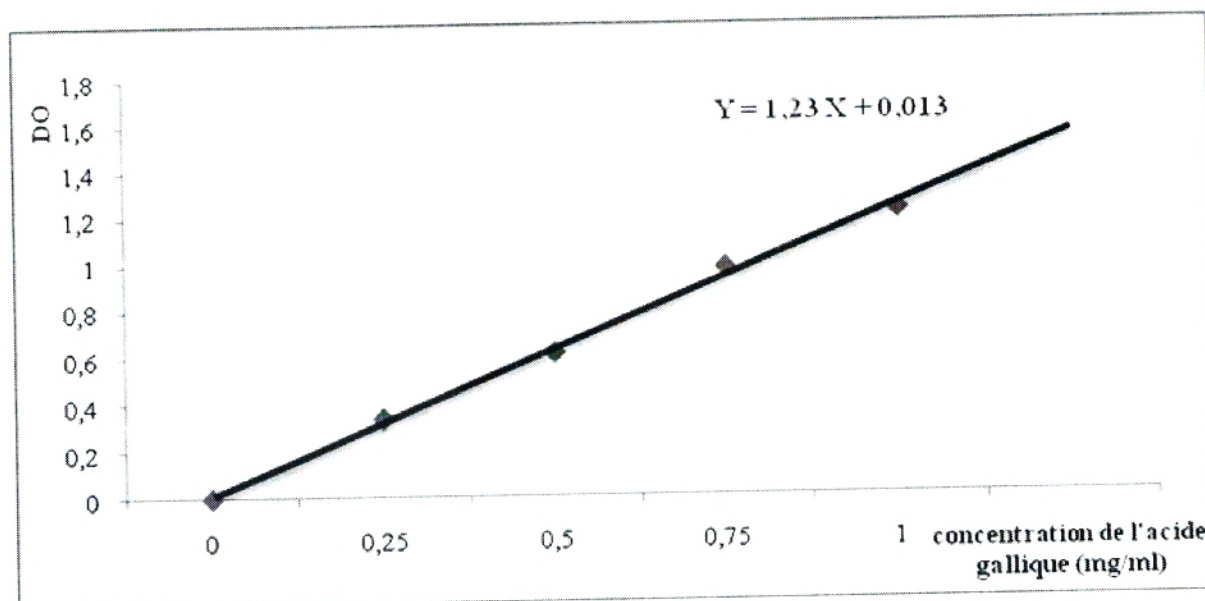


Figure 12. Courbe d'étalonnage des polyphénols.

L'étude quantitative en polyphénols des extraits au moyen des dosages spectrophotométriques est présentée par la figure 13.

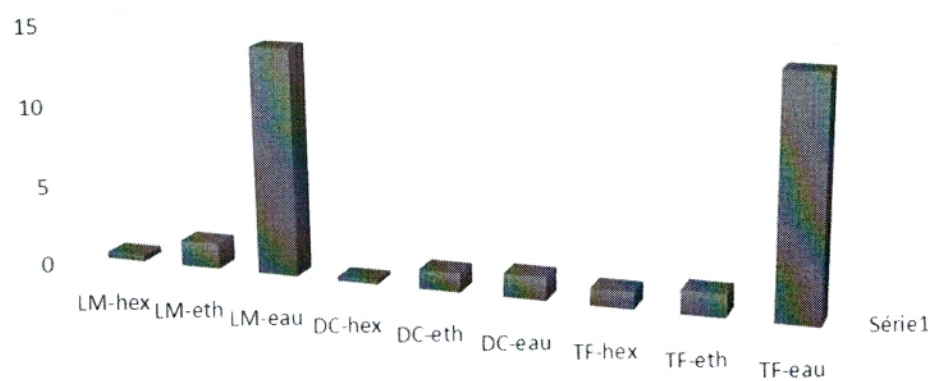


Figure 13. Teneur en polyphénols totaux des différentes plantes (g/100g de poids sèche de la plante).

On remarque que les extraits aqueux de lavandula et de Thymus sont riches en polyphénols.

3. Taux des flavonoïdes

Une courbe d'étalonnage a été tracée pour doser les flavonoïdes, réalisée avec un extrait de catéchine (figure 14).

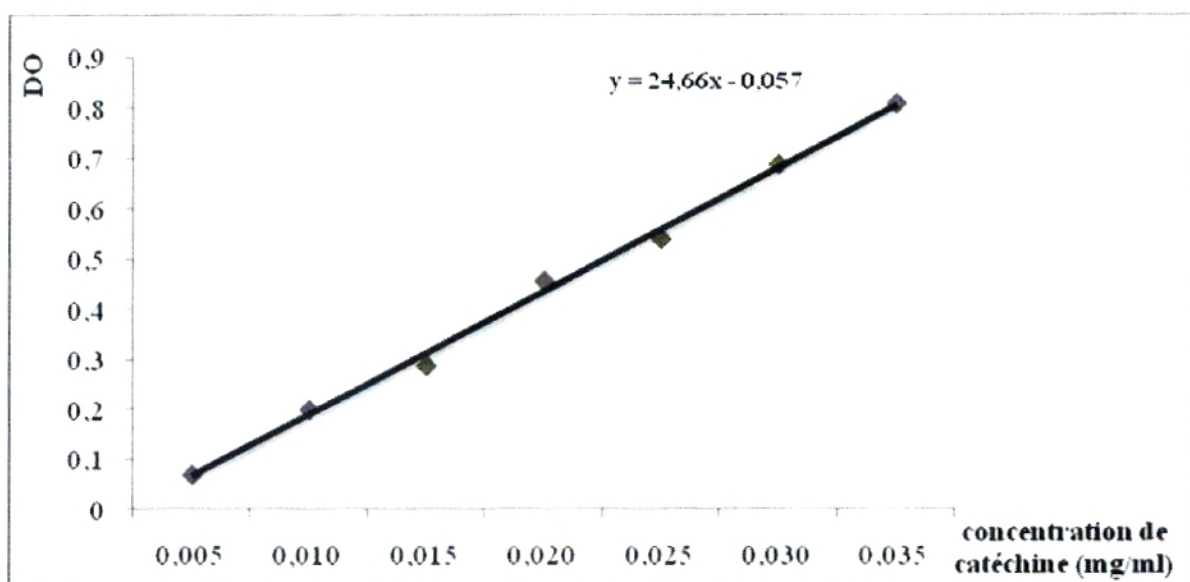


Figure 14. Courbe d'étalonnage des flavonoïdes

Les résultats du dosage des flavonoïdes des fractions brutes, d'acétate d'éthyle et N-butanol sont donnés par les figures 15. Les quantités des flavonoïdes correspondantes ont été rapportées en équivalent gramme de l'étalon utilisé et déterminés par l'équation de type: $y = ax + b$.

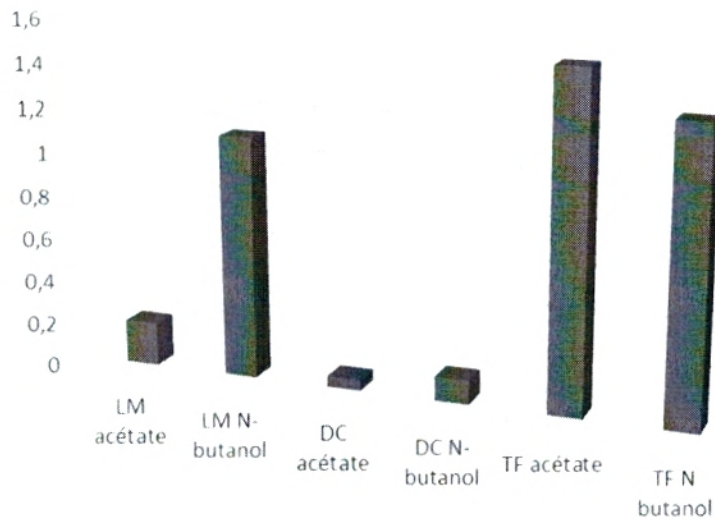


Figure 15. Teneur en flavonoïdes (g/100g de matière végétale).

Selon les figures ci-dessus, on remarque que *Thymus fontanesii* renferme le taux le plus élevés des flavonoïdes, dont la fraction acétate 1,5% et N-butanol 1,31%, alors qu'on a constaté des quantités infimes pour le *Daucus crinitus* et *Lavandula multifida*, dont les résultats sont respectivement : Acétate d'éthyle (0,05% ; 0,2%), (N-butanol 0,11% ; 1,1 %).

4. Résultats des tests du pouvoir antiradicalaire par la méthode de DPPH

L'activité antiradicalaire des différents extraits vis-à-vis du radical DPPH a été évaluée spectrophotométriquement en suivant la réduction de ce radical qui s'accompagne par son passage de couleur violette à la couleur jaune mesurable à 517 nm. Cette capacité de réduction est déterminée par une diminution de l'absorbance induite par des substances anti radicalaires.

Afin de comparer cette activité à celle de l'acide ascorbique et BHT, des courbes d'étalonnage sont réalisées et tracées dans les figures 16 et 17.

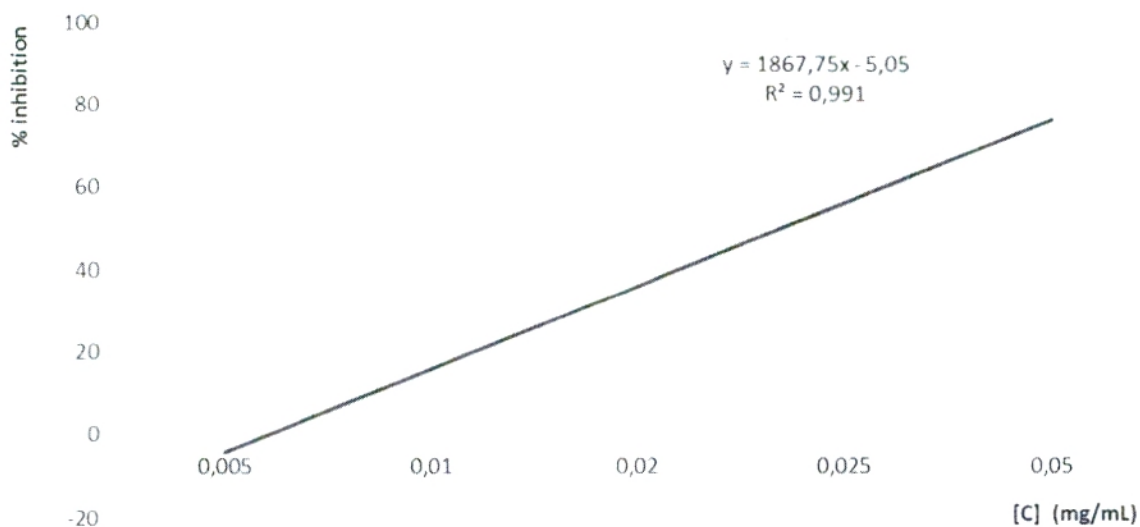


Figure 16. Pourcentage d'inhibition en fonction de la différente concentration de l'acide ascorbique.

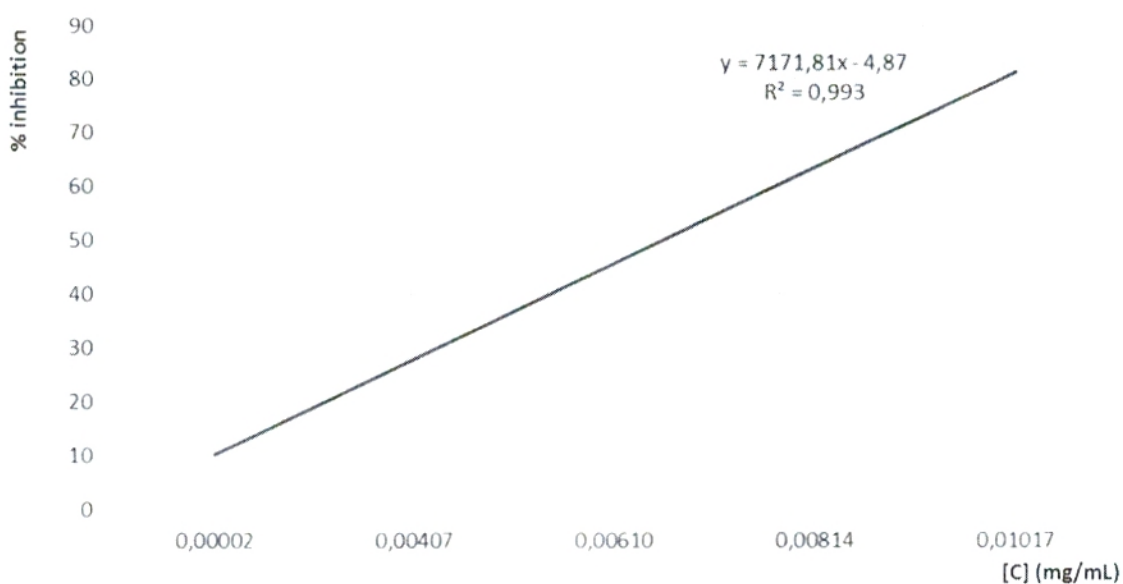


Figure 17. Pourcentage d'inhibition en fonction des différentes concentrations de BHT.

Les résultats au DPPH en fonction des concentrations d'HE, extraits bruts (extrait hexanique, éthanolique et aqueux) et des fractions flavonoïdiques (acétate d'éthyle ; N-butanol) sont présentés par les figures suivantes de 18 à 34 :

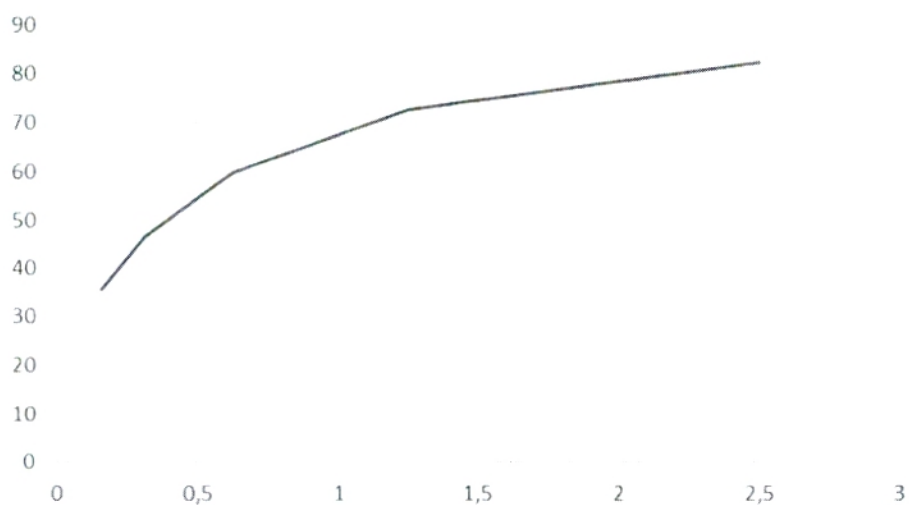


Figure 17. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentrations d'HE (*Lavandula multifida*).

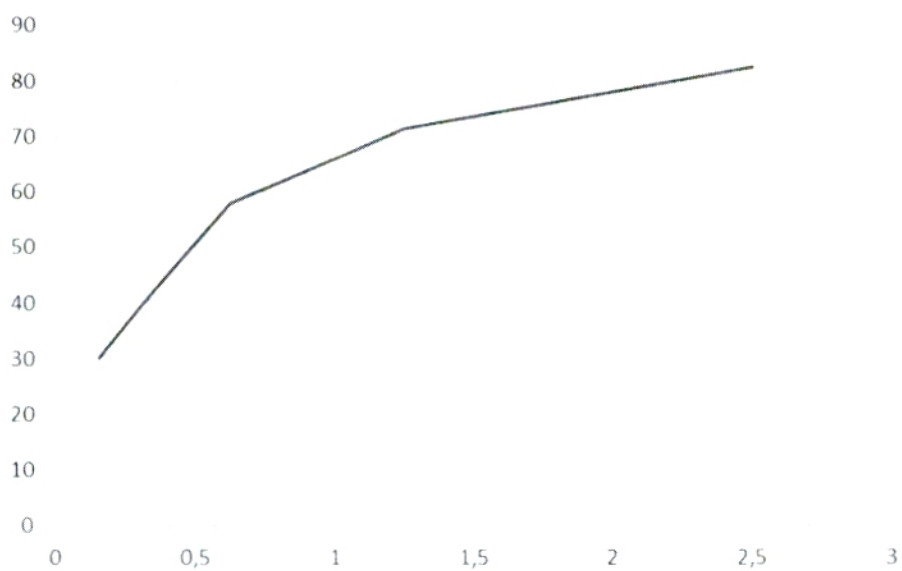


Figure 18. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentrations d'HE (*Thymus fontanesii*).

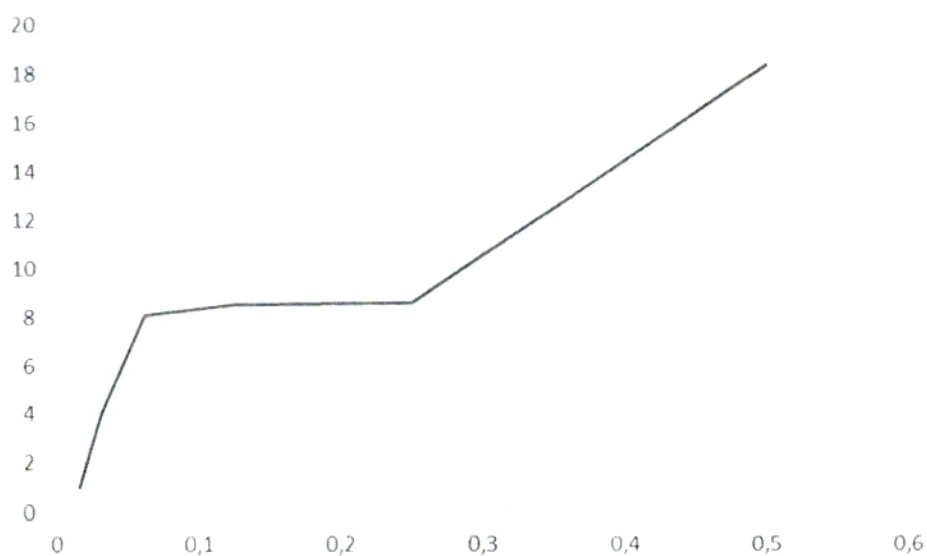


Figure 19. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentrations d'HE (*Daucus crinitus*).

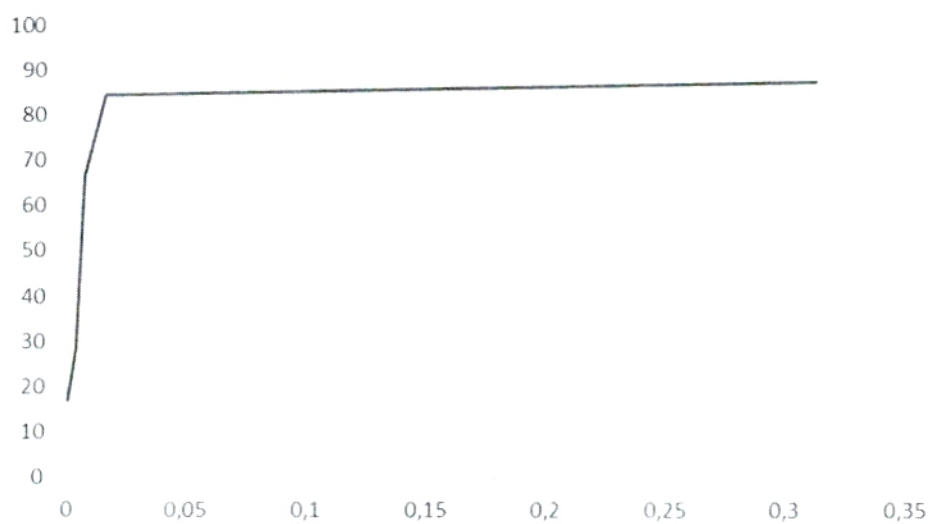


Figure 20. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentrations d'extrait aqueux (*Lavandula multifida*).

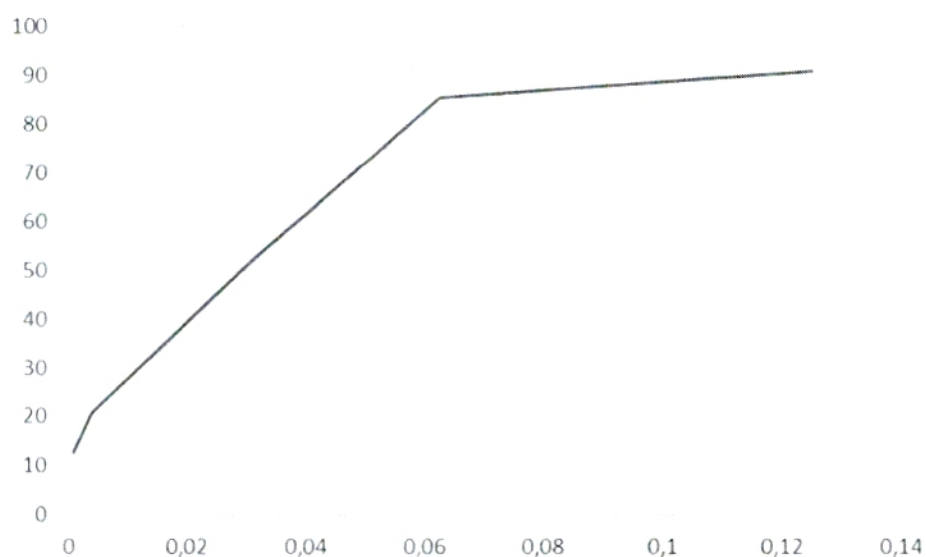


Figure 21. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentrations d'extraits éthanolique (*Lavandula multifida*).

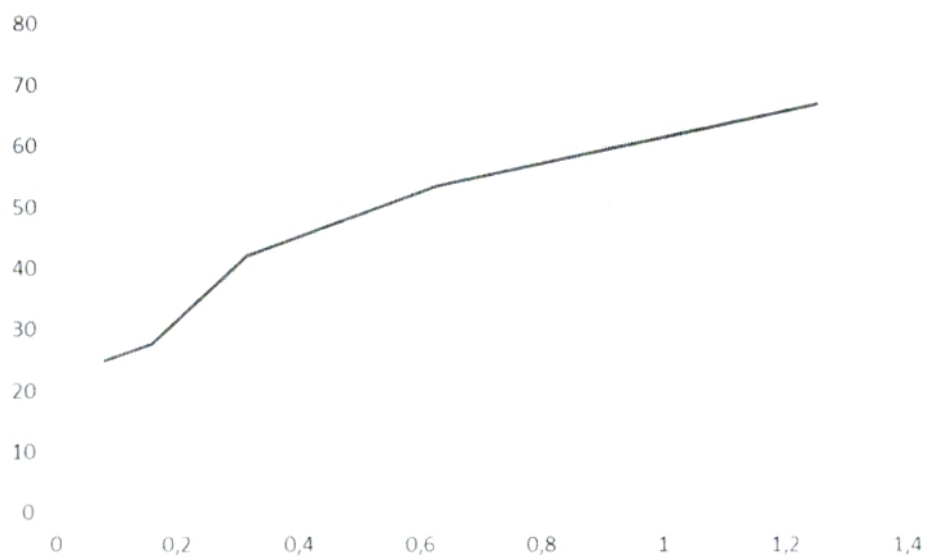


Figure 22. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentrations d'extrait d'hexane (*Lavandula multifida*).

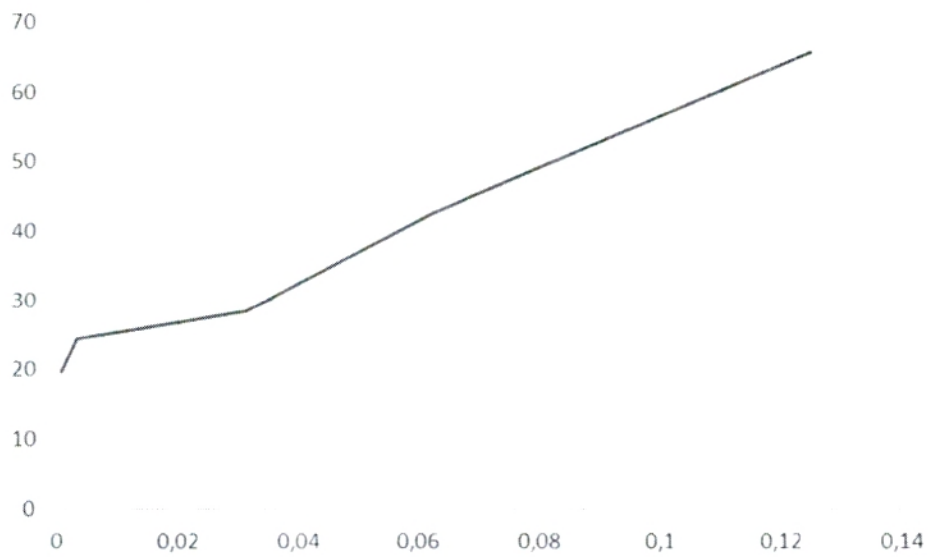


Figure 23. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentrations d'extrait flavonoïdique, fraction N-buthanol (*Lavandula multifida*).

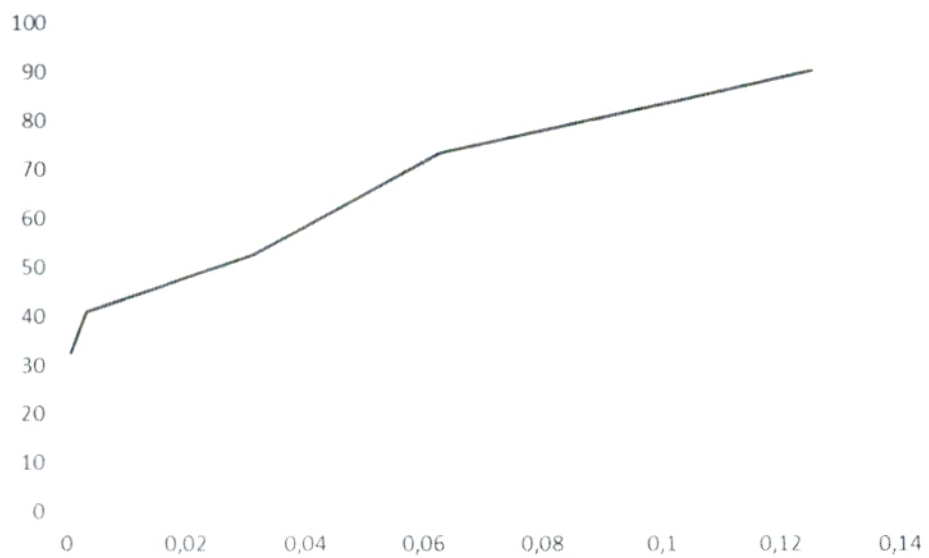


Figure 24. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentrations d'extrait flavonoïdique, fraction acétate d'éthyle (*LM*).

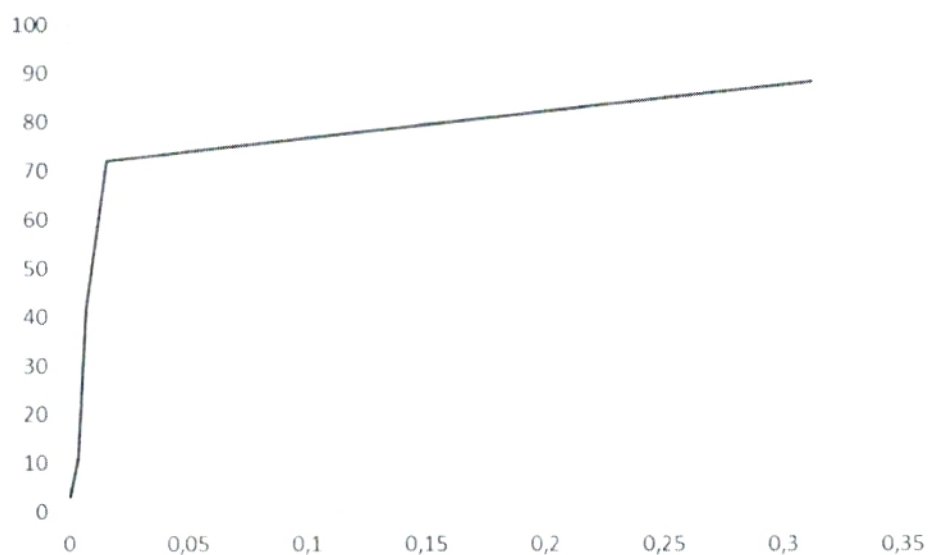


Figure 25. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentrations d'extrait aqueux (*Thymus fontanisia TF*).

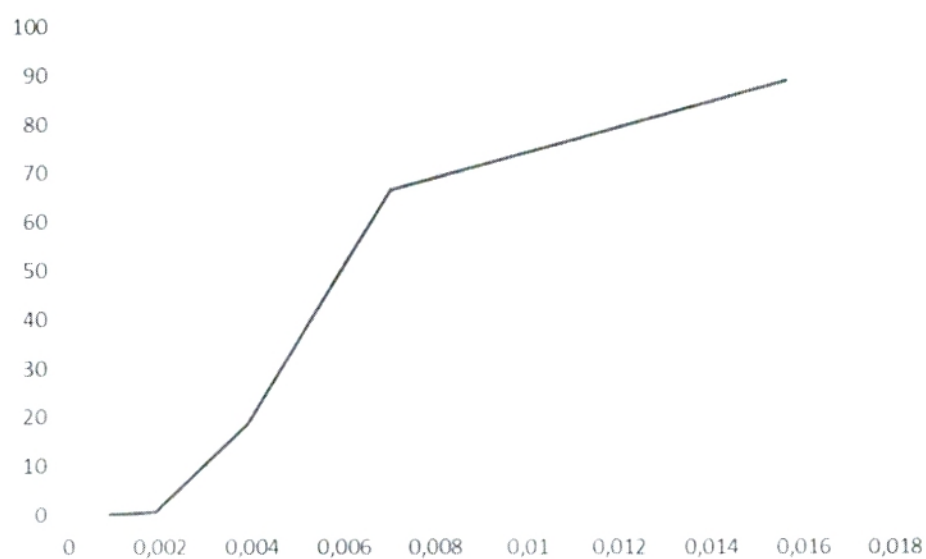


Figure 26. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentrations d'extrait éthanolique (*TF*).

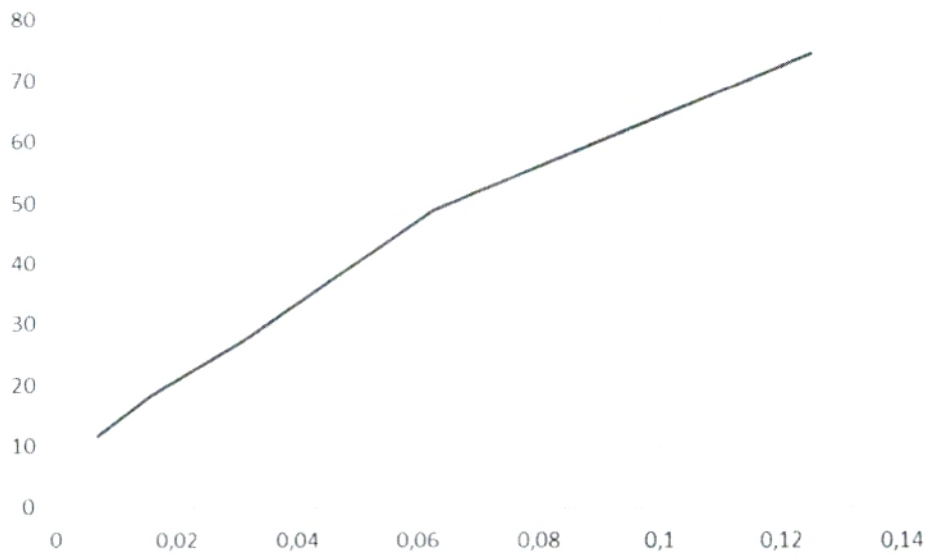


Figure 27. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentration d'extrait d'hexane (*TF*).

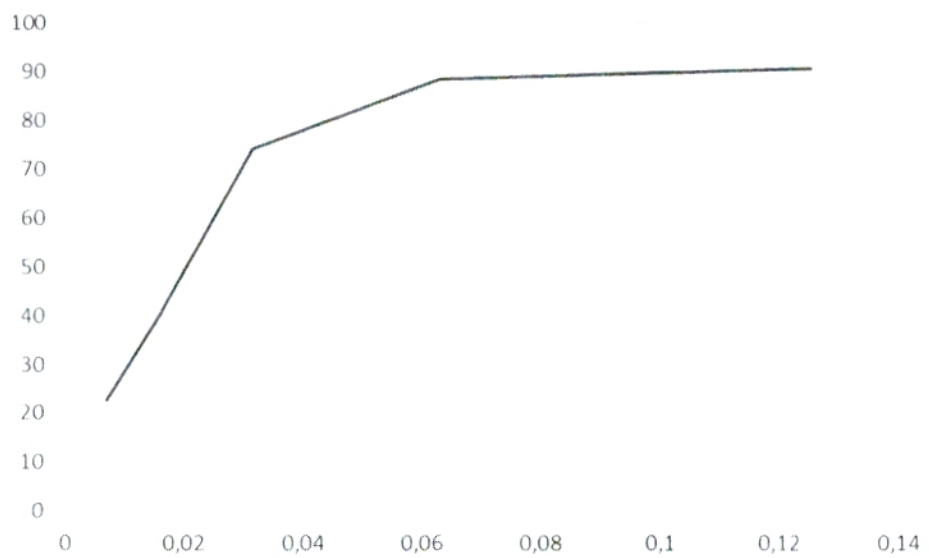


Figure 28. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentrations des flavonoïdes, fraction N-butanol (*TF*).

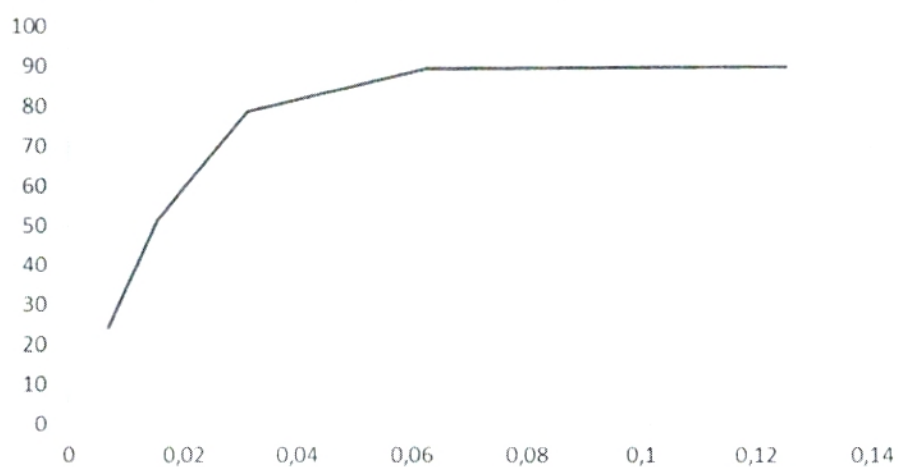


Figure 29. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentrations des flavonoïdes, fraction acétate d'éthyle (TF).

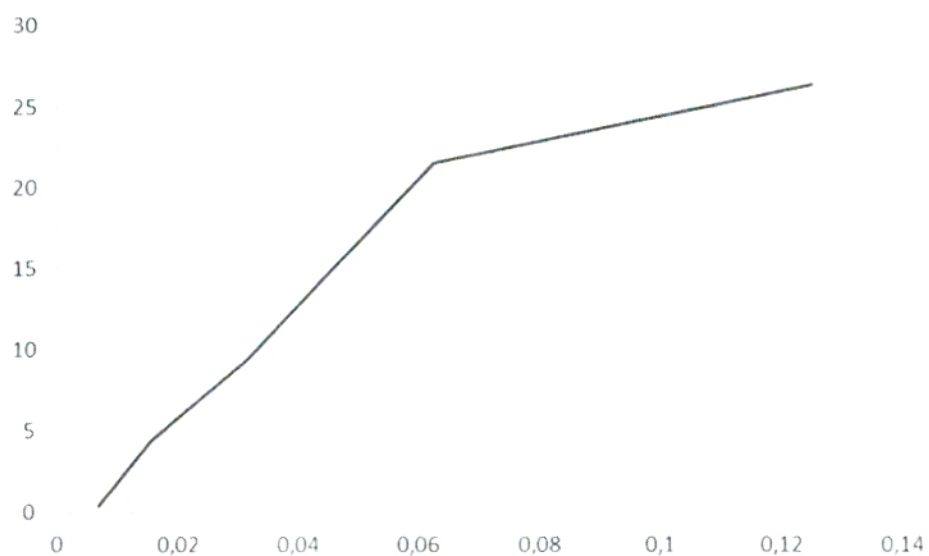


Figure 30. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentrations d'extrait aqueux (*Daucus crinitus*).

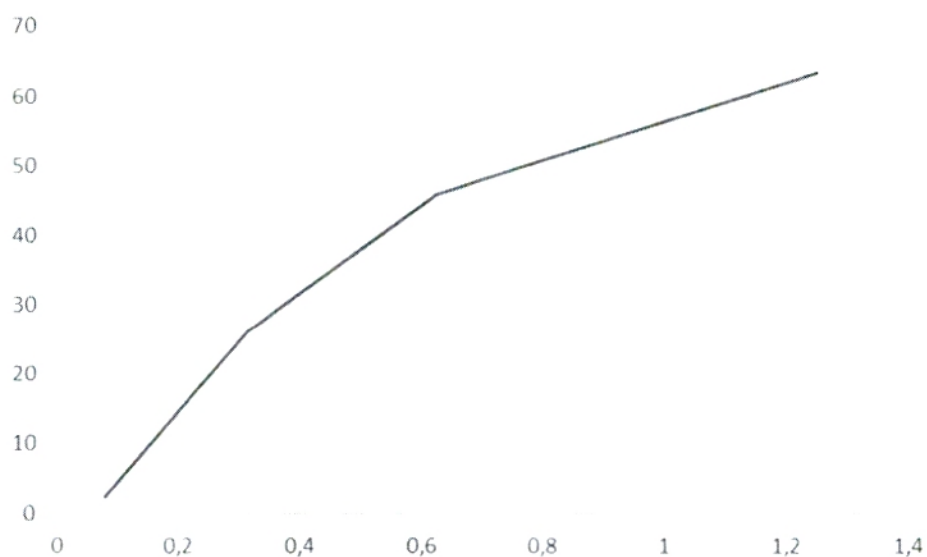


Figure 31. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentrations d'extrait éthanolique (DC).

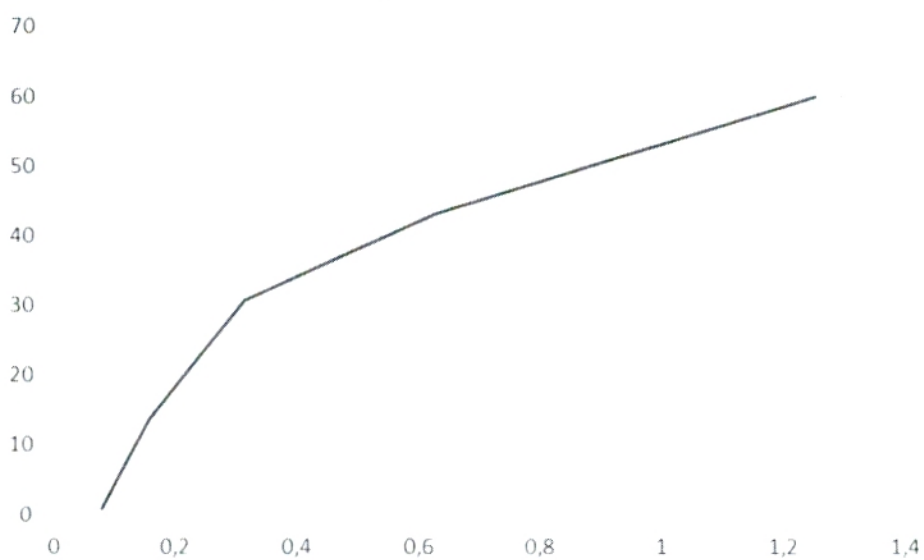


Figure 32. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentrations d'extrait d'hexane (DC).

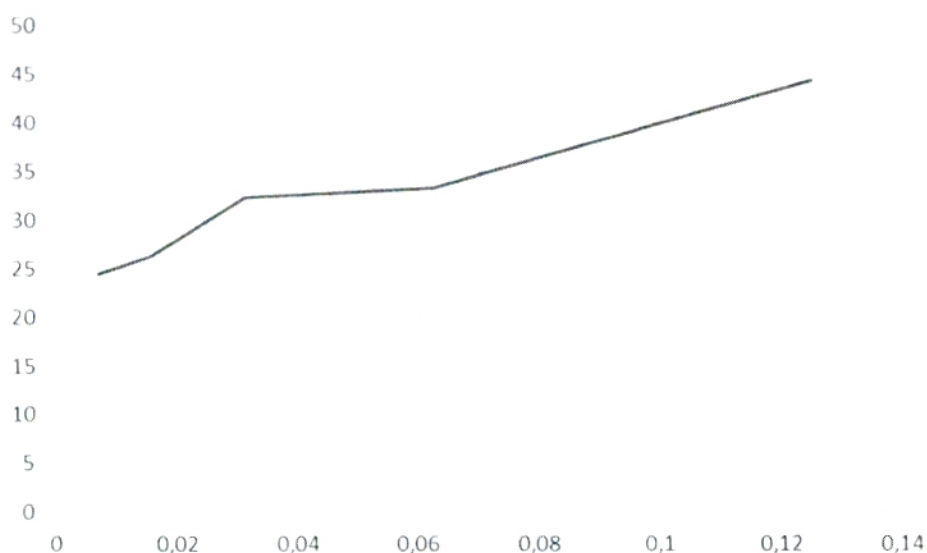


Figure 33. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentrations des flavonoïdes, fraction N-buthanol (*DC*).

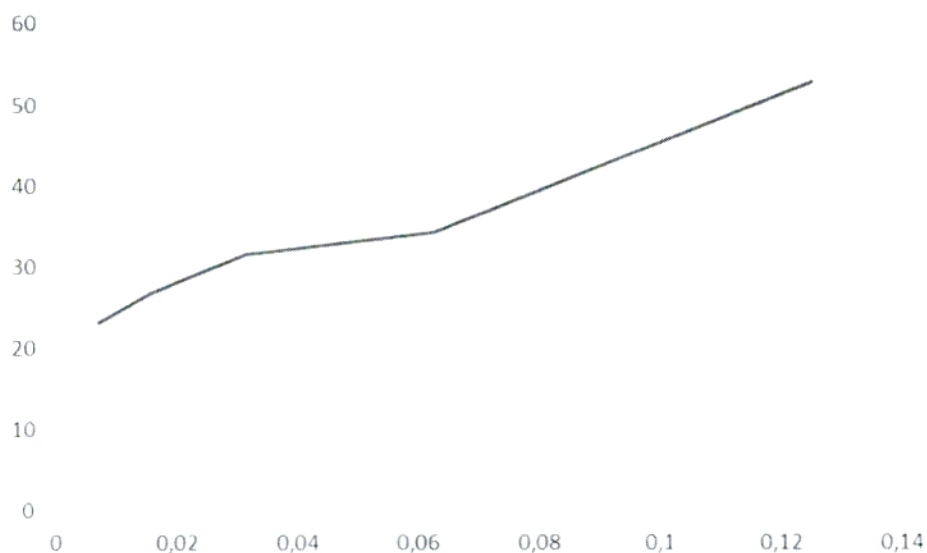


Figure 34. Pourcentage d'inhibition de radical libre DPPH en fonction des concentrations des flavonoïdes, fraction acétate d'éthyle (*DC*).

L'activité antiradicalaire de nos extraits exprimée en IC₅₀ (Tableau 6), ce paramètre a été apparemment introduit par Brand-Williams et ses collaborateurs et a été ensuite

employé par plusieurs groupes de chercheurs pour présenter leurs résultats, il définit la concentration efficace de l'extrait qui cause la perte de 50 % de l'activité de DPPH (couleur) (Molyneux, 2004).

Tableau 6. Les valeurs des IC₅₀ des différents extraits.

Extrait	IC₅₀ (mg/ml)
H.E (Lavandula multifida)	0,5
H.E (Daucus crinitus)	Pas d'activité
H.E (Thymus fontanisia)	0,7
E.F.LM (Fraction acétate d'éthyle)	0.9
E.F.LM (Fraction N-butanol)	0,8
E.F.DC (Fraction acétate d'éthyle)	0,12
E.F.DC (Fraction N-butanol)	0.10
E.F.TF (Fraction acétate d'éthyle)	0,01
E.F.TF (Fraction N-butanol)	0,03
Extrait aqueux(LM)	0,01
Extrait éthanolique (LM)	0,19
Extrait de l'hexane (LM)	0,64
Extrait aqueux (DC)	Pas d'activité
Extrait éthanolique (DC)	0,9
Extrait de l'hexane (DC)	1
Extrait aqueux (TF)	0,1
Extrait éthanolique (TF)	0,008
Extrait de l'hexane (TF)	0,085
Acide ascorbique	0.0295
BHT	0,0063

Comme figurant dans le tableau ci-dessus, tous nos extraits sont des excellentes antioxydants naturels, mise à part l'huile essentielle Daucus, fraction N-butanol DC et la fraction acétate d'éthyle LM.

Les extraits bruts et les fractions flavonoidique possèdent une forte capacité de neutralisation du radical libre DPPH. Tous les IC₅₀ sont très basses, comprises entre 0,008 et 1mg/ml.

Conclusion

Les plantes médicinales représentent une source inépuisable de substances et composés naturels bioactifs. L'étude des propriétés antioxydantes a concerné trois plantes de la région de Nedroma sélectionnés parmi celles poussant à l'état spontané.

La détermination des rendements en huiles essentielles ont montré une rentabilité.

L'étude du pouvoir antiradicalair par la méthode de DPPHa confirmé les propriétés puissantes qui possèdent les flavonoïdes à piéger les radicaux libres, suivant les résultats qu'on a obtenus expérimentalement, nous pouvons prédire que les flavonoïdes sont des agents antioxydants de première classe.

En fin, l'ensemble de ces résultats obtenus in vitro ne constitue qu'une première étape dans la recherche de substances naturelle biologiquement actives. Des essais complémentaire seront nécessaires afin d'éprouver in vitro et in vivo le pouvoir antiradicalair et antioxydant de nos extraits seuls et sous forme d'alicaments.


Références bibliographiques

A

1. AFNOR. (1992) Recueil des normes françaises sur les huiles essentielles. Paris
2. AmjadHossain M. (2005) Neem seed oil : Bangladesh. Examples of the development of pharmaceutical products from Medicinal plants. Bangladesh Council of scientific and IndustrialResearch (BCSIR). 10, 59-63.
3. ANTON R. Et WICHTEL M., (1999).Plantes thérapeutiques : traditions, pratiques officinales, science et thérapeutique. 3^{ème} édition, ED françaisesstrasbourg.
4. Atawodi S.E. (2005) Antioxidant potential of African medicinal plants. African Journal of Biotechnology. 4(2), 128-133.

B

5. Bahorun T. (1997) Substance Naturelles actives : La flore Mauricienne, Une source d'approvisionnement potentielle. AMAS. Food and Agricultural Research Council. Réduit. Mauritius.
6. BABA AISSA F., (1999). ✓
7. BARDEAU., (1966) Pharmacie du bon dieu. Ed.Stock, Paris ,350.
8. Bartosikova L., Necas J., Suchy V., Kubinova R., Vesela D., Benes L., Illek J., Salplachta J., Florian T., Frydrych M., Klusakova J., Bartosik T., Frana P. Et Dzurova J. (2003) antioxydantes effects of Morine in Ischemia-Reperfusion of Kidneys in the laboratory Rat. Acta Vet. Bmo. 72, 87-94.
9. BECKER M., PICARD J.F., ET TIMBAL J., (1982).Larousse des arbes, des arbustes et des arbisseaux de l'Europe occidentale. Ed.. Librairie Larousse, Paris, 330.

10. BekkaraAtik F. (1999) Etude des signaux chimiques impliqués dans la symbiose entre *Vicia faba* et *Rhizobium leguminosarum*. Thèse pour l'obtention du diplôme de doctorat d'état Es-science. Option : biologie végétal e. Faculté des science. Univ. ABB. Tlemcen.
11. BELLAKHDAR J., BERRADA M., DENIER C., HOLEMAN M ET EL IDRISI A.,(1986). 
12. BELLAKHDAR J., (1978)Médecine traditionnelle et toxicologie ouest sahariennes, Rabat.
13. BCELENS M.H., (1995).Chemical and sensory evaluation of *Lavandula* oils. Perfumer and flavorist, vol 20, 23-50.
14. BOUMLIQUE M., (1995).Systématiques des spémaphytes. 2.01.3998
15. Boyd B., Ford C., Kopeke Michael C., Gary K., Horn E., Mc Analley B. (2003) .Etude de pilote ouverte de l'effet antioxydant d'arubrotose AOTM sur des personnes en bonne santé. GlycoScience& Nutrition 4(6),7p.
16. BRICKELL, C et MIOULANE P., 2002. Encyclopédie Universelle de 15000 plantes et fleurs de jardin Edit. Bordas F.N.A.C, Paris.
17. BRICKELLE C. Et MIOULANE P., (2002).Encyclopédie Universelle de 15000 plantes et fleurs de jardins Edit. Bordas F.N.A.C, Paris
18. Bruneton, J (1999).Pharmacognosie et phytochimie. Plante médicinales. 3^{ème} édition. Paris : Edition médicales, Int.édition Tec et Doc Lavoisier, 120 p.

C

19. Carré P. (1953) précis de technologie et de chimie industrielle. T3. Ed. Ballière JB. Et fils.

D

20. Dastidar S. G., Manna A., Kumar K A., Mazumdar K., Dutta N.K., Chakrabatary A.N., Motohashi N. Et Shirataki Y. (2004) Studies on the antibacterial potentialityv of isofavones. International Journal of Antimicribial Agents. 23, 99-102.
21. Delaveau P.(1987) Les Epices. Histoire, description et usage des différentes épices , aromates et condiments. Albin Michel Editeur. 372 p.
22. DJERROUMI A et NACEF M., (2004).100 Plantes médicinales d'Algérie.

E

23. ENCYCLOPEDIA UNIVERSALIS., (1985) Tome 1, Paris.
24. Etude chimique comparative des huiles essentielles de dix populations de *Lavandula miltifidal*du maroc. El Biruniya. Rev. Marocaine de pharmacognosie Tome1.

F

25. Favier A. (2003) le stress oxydant. Interet conceptuel et expérimentale dans la comprehension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. L'actualité chimique. 108-115.
26. Fouché J. G., Marquet A. Et Hambuckers A. (2000) Les plantes médicinales, de la plantes aux médicaments. Observatoire du monde des plantes Sart-Tilman.
27. FOURNIER P., (1947).Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France Tome
28. FRANCOIS R., (2002).Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement 2^{ème} édition.

G

29. GALLINARD NRF , 1960 Botanique encyclopédie de la pléiade.
30. GARCIA VALLEJO M.C., GARCIA VALLEJO I. AND VELASCO-NEGUERUELA A., (1989). Essentials oils of genus *Lavandula* L. In Spain 11th international congress and favours, Vol.4,15-26.
31. GARCIA VALLEJO M.C., GARCIA VALLEJO I. AND VELASCO- NEGUERUELA A., (1989).
32. GARNIER G., BEZANGER-BEAUQUESNE L. ET DEBRAUX G., (1961). Ressources médicales de la flore française. Tome 2, Vigot frères éditeurs, Paris 8^{ème}.
33. Géorgetti S. R., Casagrande R., Di Mambro V .M., Azzolini Ana ECS. Et Fonseca Maria. J.V. (2003) Evaluation of the Antioxidant Activity of Different Flavonoids by the Chemiluminescence Methode. *AAPS PharmSci.* 5(2), 5

H

34. Hadi M. (2004) La quercétine et ses dérivés : molécules à caractère pro-oxydant ou capteurs de radicaux libres ; étude et application thérapeutique. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en science de l'Université Louis Pasteur Domaine : Pharmacochimie. 155p.
35. Hale A. L. (2003) Screening Potato Genotypes for antioxidant Activity, Identification of the Responsible compounds, And Differentiating Russet Norkotah Strains Using Aflp and microsatellite Marker Analysis. Office of Graduate studies of Texas A&M University. Genetics. 260p.

J

J. Hubert, « caractérisation biochimique et propriétés biologiques des micronutriments du germe de soja : étude des voies de sa valorisation en nutrition et santé humaines », phd, 2006.

36. JEAN-FRANCOIS R., (2003). Les lavandes dossier du plantymag N°24

K

Karumi y., Onyeyili P A. Et Ogugbuaja V.O. (2004) Identification of Active Principles of *M. balsamifera* (Balsam apple) Leaf extract. J. Med. Sci. 4 (3), 179-182.

37. KLAUS R., (1991). Plante d'Afrique du nord Deutsche Gesellschaft für

Technische Zusammenarbeit (GTZ) Gmbh, Eschborn.

38. Kripette-Drews P., LANG F., Haussinger D. Et Drews G. (1994) H₂O₂ induced hyperpolarization of pancreatic B-cells. Pflügers Arch. 426, 552-554.

L

39. LAMARCK, M. ; Poiret, J.L.M (1811). Encyclopédie méthodique botanique ; Tome Agasse, Paris.

40. LAUMONNIER R., (1959). Cultures florales méditerranéennes. Ed Baillière 317.

41. LE PETIT LAROUSSE EN COULEUR., (1998).

42. Lee K. W., Kim Y. J., Lee H. J. et Lee C. Y. (2003) Cocoa Has More

Phenolic Phytochemicals and a higher antioxidant capacity than Teas and red Wine. J. Agric. Food Chem. 51, 7292-7295.

43. Lugasi A., Hovari J., Sagi K. V. et Biro L. (2003) The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. Acta Biologica Szegediensis. 47(1-4), 119-125.

M

44. Marfac A. (2003) Radiolyse Gamma des flavonoides. Etude de leurs Reactivite avec les radicaux Issus des Alcools : formation de Depsides. Thèse pour obtenir le grad de docteur de l'Université de Limoges. Spécialité : Biophysique. 187p.
45. Medic- Saric M., Jasprica I., Smolcic-Bubalo A. Et Mornar A. (2004) Optimization of Chromatographique condition in Thin Layer Chromatography of Flavonoides and Phenolic Acids. *CroaticaChemica Acta*. 77(1-2), 361-366.
46. Morel Y. EtBarouki. (1999) Repression of gene expression by oxidative stress. *Biochem J*.342 (3),481-496.
47. MOURRE C. (1923)La lavande francaise, sa culture, sonindustrie, son analyse.Ed. Ganthier-Villars et cie, Paris.

N

- Narayana K. R., reedy M. S., Chaluvadi M. R. Et Krishna D. R. (2001) bioflavonoids classification. Pharmacological, biochemical Effects and Thérapeutic Potential. *Indian Journal of pharmacology*. 33, 2-6.
48. Nakagawa K., Kawagoe M., Yoshimura M., Arata H., Minamikawa T., Nakamura M. Et Matsumoto A. (2000) Differential Effects of flavonoides
49. Noveilli G. P.(1997) Role of free radicals in septic schock. *J PhysiolPharmacol*. 48, 517-527
50. M.Oyaizu, « studies on products of browing reaction- Antioxidative activities of products of browing reaction prepared from glucosamine », Vol.44, p. 307-315,1986.

P

51. Pedneault., Leonhart S., Angers P., Gosselin A., Ramputh A., Arnason J.T. et Dorais M. (2001) Influence de la culture hydroponique de quelques plantes Médicinales sur la Croissance et la concentration en composés secondaires des Organes végétaux. Text de conférence – 5^{ième} colloque sur les produits naturels d'origine végétale. Université Laval, Qc, Canada. 2p.
52. Pieroni A., Janiak V ., Durr C. M., Ludeke S., Trachsel E. Et Heinrich M. (2002) In vitro antioxidant Activity of Non-cultivated Vegetables of Ethnic Albanians in Southern Italy. *Phytother .RES .* 16, 467-473.
53. Pincemail J., Meurisse M., Limet R. Et Defraigne J. O .(1999) L'évaluation du stress oxydatif d'un individu : une réalité pour le médecin, vaisseaux, Coeur, Poumon. 4(5).
54. Pincemail J., Meurisse M., Limet R. et Defraigne J. O. (1998) Mesure et utilisation des antioxydants en médecine humaine. MS. 73.
55. Porter N. (2001) Essential oils and their production. *Crop& Food Reasearch.* Number 39.
56. PUDAJAS SALVA, A. J. (2003). *DaucusL.* In *Flora Iberica ; Volume X ; Araliaceae-Umbelliferae.* Real Jardin Botanico de Madrid. 97-125

Q

57. QUEZEL P ET SANTAS S., (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques et méridionales. Tome 2. Ed. CNRS Paris 57-1170

R

58. Rai M. K., Acharya D. Et Wadegaonkar P. (2003) Plant derived-antimycitics : Potential of asteraceous plants, In : *Plant-derived antimycotics : curents Trends and Futurr prospects,* Haworth press, N-yrok, Londin, Oxford. 156-185.

59. ROQUES H .,(1959).Précis de botanique pharmaceutique. Tome 2. Edit.

MaloinesS.A .Paris210-320

S

60. Smallfield B. (2001). Introduction to growing herbs for essential oils, medicinal and culinary puposes. Crop& Food Research. Number 45, 4p.

61. Scientifiquecorrespondance. (2003) Broad spectrum antimycotic drug for the treatment of ringworm infection in human beings. 85(1), 30-34.

62. Soto-Mendivil E.A, Moreno-Rodriguèze J.F, Estarron-Espinossa M, Garcia-Fajardo JA et Obleo-Vasquez E.N – Chemicals composition and fungicidal Activity of the essential oil of *Thymus vulgaris* against *Alternariacitri-E-Gnosis* (online) ; Vol.4 ;N°16. 2006.

63. Svoboda K.P. et Hampson J.B. (1999) Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants : Antibacterial, antioxidant, antiinflammatoryand other related pharmacological Activities. Plant biologyDepartment, SAC Auchincruive, Ayr, Scotland, UK., KA6 HW

U

J. G. R. TM Upson, « Leaf flavonoids as systematic charcters in the genera *Lavandula* and *Sabaudia.*, *Biochem. Syst. Ecol.*, vol.28,n°10, p. 991-1007, 2001.

V

64. Vansant G. (2004) Radicaux libres et Antoxydants : principes de bases.

Symposium « Antioxydants et alimentation». Institut Danone.

W

65. Wang J. etMazza G. (2002) Effects of Anthocyanins and Other phenolic Compounds on the production of Tumor Necrosis Factor α in LPS/INF- γ -Activated RAW 264.7 Macrophage. *J. Agric. Food Chem* 50, 4183-4189.

Remerciement

Nous remercions notre créateur Allah, Grand et Miséricordieux, le tout puissant pour le courage qu'il nous a données pour mener ce travail à terme.

Nous commençons par exprimer notre profonde reconnaissance et nos vifs remerciements au monsieur Tefiani qui nous 'a honorées en acceptant de nous encadrer, pour ses encouragements, ses conseils, sa disponibilité et surtout pour sa patience. Nous avons été satisfaites de votre qualité exceptionnelle de bon enseignant, merci de nous 'avoir guidées avec patience et d'avoir consacré autant d'heures pour nous ; nous ne pouvons, monsieur, que sincèrement vous exprimer notre respect et notre gratitude.

Nous tenons à remercier monsieur AZZI d'avoir accepté la présidence du jury de notre travail, qu'il trouve ici toutes nos expressions respectueuses.

Nous tenons à remercier monsieur BENYOUBE d'avoir accepté de faire partie des membres du jury de notre travail vous avez su faire partager votre expérience nous tenons à vous remercier pour tout ce que vous nous 'avez apporté tout au long de nos études.

Nous tenons à exprimer notre très grande considération, et notre profond respect au madame BENMAHDI d'avoir acceptée de juger ce modeste travail, malgré toutes ses responsabilités et ses nombreuses occupations. Vous trouver ici toutes nos expressions respectueuses.

Nos remerciements s'adressent au chef de service du laboratoire de la microbiologie

Dédicaces

Je Dédie ce modeste travail à :

*Mes chers parents, pour leur endurance et leurs sacrifices sans limites
Mon frère et mes sœurs, en reconnaissance de leur affection toujours
constante*

Mes neveux :Hmida et Boubou et ma nièce Ratile

Tous mes proches

Ma binôme

Mes amis

Mes camarades de promotion

Tous mes enseignants

Tous ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de ce mémoire

Amal

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A ma chère mère, qui m'a soutenue moralement et matériellement dans ma vie et mes études en particulier et je dis ici : « Tu es précieuse dans ma vie ; dans la joie comme dans l'ennui ; merci pour tout et que Dieu te garde pour nous ».

A mon très cher et admirable père Mohammed qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la science et la volonté forgent les grands esprits

A mon frère Ahmed, et mes sœurs Zineb, Imane, Khadouj et Bouchera

A tout mes amies : surtout mes princesses Amoula, Nounou Samsouma Biba

A tout mes amis : surtout Mebarek, Ayoub, Abdel Madjid, Amine et Hicham

A ma chère amie qui m'a partagée la tache Amal

A mes collègue de la promotion : 2013-2014

Spécialité technologie des industries Agro alimentaire

Asma

Résumé

L'effet inhibiteur de certaines huiles essentielles des plantes aromatiques sur le développement et la multiplication des bactéries a amené à l'emploi de ces plantes dans la conservation des produits à caractères périssable. Dans cet objectif, nous avons étudié l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Curcuma longa*. Cette activité a été évaluée sur un bouillon de viande bovine contaminé par la bactérie *Echerichia Coli* O157 :H7, l'extraction des huiles essentielles à été effectué par hydrodistillation. Les échantillons du rhizome du *Curcuma longa* ont fourni un rendement en huiles essentielles de 0,96%. L'activité des huiles essentielles du *Curcuma Longa* sur *E. Coli* montre que le pouvoir antibactérien de ces huiles est faible.

Mots clé : *Curcuma longa* - huiles essentielles - activité antibactérienne - *Echerichiacoli* O157 :H7- viande bovine hachée -

Abstract

The inhibitory effect of some essential oils of aromatic plants on the development and multiplication of bacteria has led to the use of these plants in the preservation of perishable products. For this purpose, we studied the antimicrobial activity of essential oils of aromatic plant *Curcuma Longa*. This activity was evaluated in a broth of beef contaminated with *Echerichia Coli*. The extraction of essential oils was carried out by steam distillation. Samples of *Curcuma Longa* provided a yield of 0.96% essential oils. The activity of essential oil of *Curcuma Longa Coli* O157: shows that the antimicrobial potency of these oils is very important.

operative word : *curcuma longa* - essential oils - antibacterial activity *Echerichiacoli* O157 - minced beef

المخلص

إن اثر التثبيط لبعض الزيوت الأساسية للنباتات العطرية على نمو وتكاثر البكتيريا أدى إلى استعمال هذه النباتات في المحا فضة على المتوجات القابلة للتلف. تحقيقا لهذا الهدف قمنا بدراسة نشاط مضادات الميكروبات للزيوت الأساسية للنبته العطرية المسماة الكركم. تم تطبيق هذا النشاط على مرق لحم البقر الذي يحتوي على البكتيريا القولونية. تم استخراج الزيوت العطرية من عن طريق التقطير بالبخار الذي أعطى مردودا يقدر ب 0.96 %. ومن هذا نستنتج إن الكركم له فعالية مضادات البكتيريا القولونية H7 : 1570

الكلمات المفتاحية : الكركم - الزيوت الأساسية - مضادات البكتيريا - البكتيريا القولونية H7 : 1570

ABREVIATIONS

% : Pourcentage.

°C : degré Celsius.

Ac : acide.

AFNOR : Association Française de Normalisation.

Cm : centimètre.

Mm : millimètre.

Ed : Edition.

FAO : Food and Agriculture Organisation.

g : Gramme.

Kg : kilogramme.

Mg : milligramme.

µg : Microgramme.

l : Litre.

ml : Millilitre.

µl : Microlitre

S : seconde.

h : Heure.

mn : Minute

J : jour.

HE : Huiles essentielles.

Log : logarithme décimale.

M.T : Million de Tonnes.

R^{mt} : Rendement.

T° : température.

TIA : toxi-infection alimentaire.

V : volume.

A_w : activité de l'eau.

UFC : Unité formant de colonie.

SM : spectrométrie de masse.

CPG : chromatographie en phase gazeuse.

CCM : chromatographie a couche mince.

CMI : concentration minimale inhibitrice.

B.H.I.B. : Bouillon cœur-cerveau.

UE : Union Européenne.

S.B : suspension bactérienne.

Liste des figures

Figure 1 : Dessin représentant la plante entière.....	1
Figure 2 : Rhizome primaire.....	1
Figure 3 : Structure chimique de la molécule de Curcumine.....	1
Figure 4 : Structures chimiques des principaux composés présents dans la poudre de <i>Curcuma longa</i>	2
Figure 5 : Structures chimiques des quelques curcuminoïdes naturels	3
Figure 6 : Structure chimique de quelques composés des huiles essentielles	3
Figure 7 : Appareillage utilisé pour l'hydrodistillation des huiles essentielles.....	4
Figure 8 : structure chimique de la curcumine.....	4
Figure 09 : <i>curcuma longa</i>	66
Figure 10 : le montage d'hydrodistillation employé pour l'extraction des huiles essentielles.....	67
Figure 11 : La révifcation d' <i>E. Coli</i> O157 : H7.....	69
Figure 12 : la décontamination de la viande.....	69
Figure 13 : la pesée de l'échantillon de la viande de veau.....	70
Figure 14 : opération de versement du contenu de la boite pétrie dans les flacons contenant BHIB.....	70
Figure 15 : préparation des différentes solutions mères.....	71
Figure 16 : Remplissage des boites de pétris par le milieu Mueller Hinton.....	72
Figure 17 : Les différentes dilutions utilisées à partir de la solution mère.....	72
Figure 18 : Ensemencement des boites de pétris par les différentes dilutions.....	73
Figure 19 : l'incubation des boites pétries à l'étuve.....	73
Figure 20 : Effet des huiles essentielles de <i>Curcuma longa</i> sur la viande bovine hachée contaminée par <i>E. coli</i> O157:H7 et conservée à la température de 4°C.....	77
Figure 21 : Effet des huiles essentielles de <i>Curcuma longa</i> sur la viande bovine hachée contaminée par <i>E. coli</i> O157:H7et conservée à la température de 20°C	77

Liste des tableaux

Tableau 01 : production mondiale de viande en millions de tonnes (FAO, 2000).....	40
Tableau 02 : la consommation moyenne de viande par an et par habitant en kg (FAO, 2002).....	41
Tableau 03 : évolution de la production de viande en Algérie. (En milliers, poids carcasse) (FAO, 2005).....	41
Tableau 04 : composition globale de la viande (Cheftel, 1980).....	42
Tableau 05 : composition globale de la viande bovine (Bouchat et al., 2008).....	42
Tableau 06 : les principales protéines musculaires le pourcentage(%) est exprimé par rapport aux protéines totales (Werner et al., 2010).....	43
Tableau07 : Les principaux facteurs de la qualité de la viande et des produits de viande (FRAYSS et DARRE, 1990).....	48
Tableau08 : Quantité d'énergie dans un morceau de bœuf (CIV, 1996).....	49
Tableau10 : Teneurs en principaux minéraux dans des morceaux de la viande de bœuf (CIV, 1996)..	50
Tableau 11 : Teneurs en vitamines des morceaux de la viande de bœuf (CIV, 1996).....	52
Tableau 12 : Composition d'acide gras en % pour 100g de viande crue (CIV, 1996).....	52
Tableau 13 : les germes rencontrés chez les bovins (ROTHENBERG, 1982).....	53
Tableau 14 : les valeurs minimum d'activité d'eau (Aw) pour quelques microorganismes (Gyang, 1984).....	60
Tableau15 : quelques types de germes et leurs risques sanitaires (PALUMBO, 1986).....	62
Tableau 16 : caractères organoleptiques de l'H.E de <i>curcuma longa</i>	75
Tableau 17 : le rendement d'huile essentielle de <i>curcuma longa</i>	75

Tableau des matières

INTRODUCTION

Chapitre I : *Curcuma longa*

I.1. Etymologie.....	01
I.2. Historique.....	01
I.3. Utilisation en médecine traditionnelle.....	01
I.4. D'autres utilisations.....	02
I.5. Les travaux antérieurs réalisés sur <i>Curcuma longa</i>	03
I.6. Systématique et classification.....	04
I.7. Nomenclature.....	04
I.8. Description.....	04
II. La plante étudiée.....	06
II. Définition d'une plante médicinale.....	06
II.2. La récolte des plantes médicinale.....	07
III. Origine et représentation de la plante.....	07
III.1 Culture et distribution.....	07
III.2 Croissance et développement.....	07
III.3. Ecologie.....	08
III.4. Multiplication et plantation.....	08
III.5. La récolte.....	09
III.6. Le rendement.....	10
III.7. Traitement après récolte.....	10
III.8. Propriétés et activités biologiques.....	10
III.9. Composition chimiques.....	12
• Les huiles essentielles volatiles.....	12
• La fraction non volatile.....	13

Le deuxième chapitre

II.1. Généralités.....	16
II.2. Définition des huiles essentielles.....	17
II.3. Bref historique.....	18
II.4. Production mondiale.....	19
II.5. Répartition et localisation.....	19
II.6. Rôle des huiles essentielles.....	20
II.7. Propriétés physiques.....	20
II.8. Chimie des huiles essentielles.....	21
II.8.1 les terpénoides.....	22
II.8.2 les phénylpropanoides.....	23
II.8.3 les composés d'origines diverses.....	23
II.9 Mode d'action des huiles essentielles.....	23
II.10 Paramètres influençant la composition des huiles essentielles.....	24
II.11 Analyses des huiles essentielles et critères de qualité.....	25
II.12 Données toxicologiques.....	26
II.13 Principales utilisations des huiles essentielles.....	27

II.13.1 En pharmacie.....	27
II.13.2 En parfumerie.....	27
II.13.3 Dans les industries agro-alimentaires.....	28
II.13.4 Dans diverses industries.....	28
II.14.Méthodes d'extraction et d'identification.....	28
II.14.1 Extraction par entraînement à la vapeur d'eau.....	29
II.14.2 Extraction par hydrodistillation d'huile essentielle.....	29
II.14.3 Expression à froid.....	29
II.14.4 Extraction par solvants organiques.....	30
II.14.5 Extraction par fluide à l'état supercritique.....	31
II.14.5 Extraction par micro-ondes.....	31
II.15 Les procédés d'obtention.....	32
II.16 Activités biologiques des huiles essentielles.....	33
II.16.1 Activités antioxydante	33
II.16.1.1 Essais de l'activité antioxydante dans les aliments.....	35
II.16.1.2 Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante.....	35
II.16.2 Activité antimicrobienne.....	35
II.16.3 Activité antifongique.....	37
II.17 Les huiles essentielles de Curcuma longa.....	38
II.17.2 L'activité antibactérienne des huiles essentielles de Curcuma longa.....	38
II.17.3 L'activité antioxydante des huiles essentielles de Curcuma longa.....	39

Le troisième chapitre

III.1 Définition de la viande.....	41
III.2 Production de la viande bovine	41
III.2.1 Production mondiale de la viande.....	41
III.2.2 Consommation de la viande bovine par habitant dans le muscle.....	42
III.2.3 La production nationale.....	43
III.3. Composition globale de la viande bovine.....	44
III.3.1 Composition chimique du muscle squelettique.....	45
III.4 Description du procédé d'abattage des bovins.....	46
III.5 Transformation de muscle à une viande.....	49
III.5.1 La phase de pante latence.....	49
III.5.2.Phase de rigidité cadavérique (Rigor-mortis.....	49
III.5.3 Phase de maturation.....	49
III.6.Mécanisme de la maturation.....	50
III.7 Les facteurs de la qualité des viandes.....	51
III.8 Le rôle de la viande dans l'alimentation.....	51
III.8.1 Apports nutritionnels.....	51
III.8.2 Aspect diététique.....	54
III.9 Les indices de la qualité microbiologique.....	55
III.9.1 Flore mésophile.....	55
III.9.2 Les Staphylocoques.....	

III.9.3 Les coliformes et les coliformes fécaux.....	55
III.9.4 Clostridium sulfito-réductrice.....	56
III.9.5 Salmonelles.....	56
III.9.6 Contamination de la viande par micro-organismes pathogènes.....	57
III.10 Les origines de la contamination.....	57
III.10.1 Origines endogènes.....	58
III.10.2 Origines exogènes	58
III.11. Les facteurs des viandes.....	60
III.11.1 Les facteurs d'altération microbienne de la viande.....	61
III.11.2 Les différents types d'altérations de la viande.....	61
III.12 Les risques sanitaires	63
III.12.1 Intoxication alimentaire.....	63
III.12.2.Toxi-infection alimentaire.....	63
III.12.3.Intoxication de type histaminique.....	64
III.12.4 Empoisonnement alimentaire.....	64
III.13 Les procédés de conservation de la viande bovine.....	64
III.13.1 Les techniques de conservation par le froid.....	64
III.13.2 Les techniques de conservation chimique.....	64
III.13.3 Traitement divers.....	65
	66

CHAPITRE IV : MATERIELS ET METHODES

IV.1.Matériel végétal.....	
I IV.2.1 .Préparation des extraits	68
V.2. Méthode	68
•Extraction par hydrodistillation	68
IV.3-l'activité antibactérienne.....	68
•Microorganisme utilisé	70
•Préparation des milieux de culture.....	70
•Choix de la viande.....	70
La révifcation.....	70
• La décontamination de la viande.....	70
•Préparation de la solution mère.....	71
•Préparation de milieu.....	71
• Les dilutions	72
• L'ensemencement.....	73
• Incubation.....	74
• Incubation.....	74
Chapitre v discussions et résultats	74
Propriétés organoleptiques de l'huile essentielle extraite.....	
Teneur en huiles essentielles.....	75
L'évaluation de l'activité antimicrobienne.....	76
Conclusion.....	76

Introduction



Introduction :

L'Algérie, par sa situation géographique, offre une végétation riche et diverse. Un grand nombre de plantes aromatiques y pousse spontanément. L'intérêt porté à ces plantes n'a pas cessé de croître au cours de ces dernières années. .

A cet effet, on s'est intéressé à l'une des espèces de la famille des Zingibéracées (*Curcuma longa*), celle-ci est utilisée comme source mondiale d'épices et d'extraits à fort pouvoir antimicrobien et antioxydant.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est de mettre en évidence l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de (*Curcuma longa*) et d'étudier leur action sur la croissance ?

Ce travail est structuré en deux parties importantes :

La première partie est consacrée à des données bibliographiques mettant l'accent sur trois chapitres : le premier chapitre présentant quelques généralités sur notre plante étudiée, ainsi que l'utilisation de cette plante, sa culture, son historique et sa production. Le second chapitre est consacré à l'étude de l'huile essentielle de *Curcuma longa*, répartition, rôle, propriétés.... Le troisième chapitre présente la viande bovine : production consommation compositions qualité microbiologique et contamination.

La deuxième partie illustre le matériel et les méthodes utilisés ainsi que les résultats obtenus. En ce qui concerne les principales analyses effectuées, elles ont porté sur:

- L'extraction de l'huile essentielle de *Curcuma longa* par hydro distillation.
- L'évaluation du rendement.
- Etude du pouvoir antibactérien.

Enfin, une conclusion générale qui résume l'ensemble des résultats obtenus.

Partie I
Etude bibliographique



Chapitre I

Chapitre I : *Curcuma longa*

I.1. Etymologie

Le terme *Curcuma* est d'origine irano-indienne; il dérive du sanscrit *kartouma* qui a donné *kurkum* en persan ancien, *kourkoum* en arabe et *Curcuma* en latin (DELAVEREAU, 1987).

De même, son nom chinois *jianghuang*, signifie gingembre jaune, une allusion au fait qu'il est de la même famille botanique que le gingembre et à la remarquable couleur de son rhizome (HOMBOURGER, 2010).

I.2. Historique

Historiquement, le curcuma est utilisé en orient d'abord en tant qu'épice, il entre notamment dans la composition du curry. Il est utilisé aussi en médecine ayurvédique, pour traiter l'asthme, l'allergie, les désordres hépatiques comme la jaunisse, l'anorexie, les rhumatismes le rhume, la sinusite. En médecine traditionnelle chinoise, il est utilisé pour traiter les douleurs abdominales. Ainsi, des siècles d'utilisation en tant qu'aliment et de remède traditionnel ont démontré son innocuité.

Ces dernières années, avec l'augmentation entre autres des maladies inflammatoires chroniques, des cancers, de la maladie d'Alzheimer, le monde occidental s'est intéressé de plus en plus à cette épice. En effet, il a été constaté que le cancer de colon est moins fréquent dans les pays où l'on consomme du curry quotidiennement. Ses propriétés anti-oxydantes ont alors été découvertes.(HOMBOURGER,2010).

I.3. Utilisation en médecine traditionnelle

Le *Curcuma* était très estimé des anciens indo-européens pour la teinture d'un beau jaune doré qu'on en tirait. Toutefois, son importance pour l'être humain s'est vraiment révélée lorsqu'on a découvert, il ya longtemps, qu'ajouté aux aliments le rhizome réduit en poudre permettait d'en conserver la fraîcheur, la sapidité et la valeur nutritive et comme un bon additif alimentaire. C'est précisément ce pouvoir, qu'on lui attribuait jadis de préserver la fraîcheur des aliments, qui sert aujourd'hui de modèle pour l'étude de ses applications possibles dans le domaine des soins de santé (LOAP, 2008).

La médecine traditionnelle représente un terrain fertile et une source d'exploration de nouveaux médicaments. La curcumine est, de cette catégorie, un colorant naturel jaune obtenu du

Rhizome du safran des Indes «*Curcuma longa* Linn» (BHARAT et al., 2008 ; SONG et al., 2009). Elle a été longtemps considérée, dans le monde entier, comme une substance alimentaire fonctionnelle en raison de ses propriétés sanitaires (ALMEDIA et al., 2005).

Outre son utilisation dans la cuisine Indienne en tant qu'un colorant alimentaire et conservateur, le *Curcuma* est utilisé en médecine ayurvédique pour traiter de nombreuses affections (BHARAT et al., 2008), vu sa richesse en composés phénoliques à savoir les monoterpénoïdes, sesquiterpénoïdes et les curcuminoïdes (TANG et EISENBRAND, 1992), le *Curcuma* peut être utilisé aussi pour :

- Le traitement des otites chroniques, contre les manifestations allergiques et contre les manifestations inflammatoires (PORTES, 2008).
- Les troubles digestifs et les flatulences (SINGH, 2007): antiémétiques, antiulcéreux, antispasmodiques et antidispeptiques (HURETL, 2007).
- Les affections broncho-pulmonaires :antiasthmatiques, antitussifs et expectorants (HURTEL, 2007).
- Les troubles génitaux féminins, comme «régulateur» : antiabortif, emménagogue et régulateur de la menstruation (HURTEL, 2007).
- Les maux de tête et rhumes (WICHTEL et ANTON, 2003).
- Les infections des yeux, de la peau, l'arthrite, acnés, entorses, blessures, jaunisse et autres (SINGH, 2007).
- En tant que cicatrisant dont il accélère significativement la guérison des blessures et renforce la cicatrisation des plaies chez les diabétiques (GHANBARI et al., 2008).

De plus, il a été démontré que les composants de *Curcuma longa* Linn ont des activités fongicides (KIM et al., 2003), insecticides (CHANDER et al., 1991; 1992), répulsives et antiseptiques (JILANI et SAXENA, 1990) ainsi qu'un insecticide (CHOWDHURY et al., 2000).

I.4. D'autres utilisations

Des travaux scientifiques montrent que les régimes supplémentés en curcuma ou en curcumine améliorent la stabilité des molécules organiques de notre organisme en les protégeant des dommages causés par les radicaux libres.

Le curcuma est utilisé pour traiter la dyspepsie : maux d'estomac, nausées, lourdeurs. Il permet de stimuler l'appétit

Les douleurs abdominales peuvent également être atténuées par une consommation de racine de curcuma.

Des études *in vitro* montrent que le curcuma pourrait ralentir la progression de la maladie d'Alzheimer. (LAZARO ,2011).

I.5. Les travaux antérieurs réalisés sur *Curcuma longa*

Dans la littérature, les différents essais décrits montrent que l'huile essentielle de *Curcuma longa* inhibe le développement de plusieurs microorganismes.

La curcumine a une action bactériostatique sur le staphylocoque, alors que l'extrait alcoolique ainsi que l'huile essentielle sont bactéricides (LOAP, 2008).

Thongson montre que l'huile essentielle de *Curcuma longa* est efficace sur *Listeria monocytogenes* mais non sur les salmonelles. (THONGSON *et al.*, 2005).

L'indien Mishra et ses collaborateurs ont synthétisé des dérivés bioconjugués qui se sont révélés aussi efficaces à la même concentration que le céfépime (céphalosporine), et avec une activité antifongique presque comparable que le fluconazole. (MISHRA *et al.*, 2005)

Wessler a montré que l'inhibition de NF- κ B par le curcuma dans les cellules traitées abolit complètement l'adhésion de *Neisseria gonorrhoeae*, ce qui les préserve des infections ultérieures. (WESSLER *et al.*, 2005)

Reddy a montré que, *in vitro*, un dérivé polyphénique du curcuma inhibe en culture la croissance de *Plasmodium falciparum* chloroquino-résistant.

Cependant l'efficacité de curcuma demeure documentée pour de nombreuses pathologies humaines allant du cancer à la maladie de crohn,...De ce fait, une meilleure biodisponibilité pourra certainement améliorer l'efficacité de ce produit. (REDDY *et al.* , 2005).

I.6. Systématique et classification

Unités TAXONOMIQUE	Classification
Règne	<i>Planta.</i>
Embranchement	<i>Magnoliophyta.</i>
Classe	<i>Liliopsida</i>
Ordre	<i>Zingiberales.</i>
Famille	<i>Zingibéracée.</i>
Genre	<i>Curcuma.</i>
Espèce	<i>Curcuma longa</i>

(RODOLPHE et Al, 2010).

II.7. Nomenclatures

Noms vernaculaires : Curcuma, poudre de curry (BHARAT et al., 2008), safran boubou, safran cooli, Safran de Malabar, Safran des Indes, Safran d'Océanie, souchets des indes,....

Noms latin : *Curcuma longa* Linn, *Amomum curcuma* Jacq, *Curcuma domestica* Val, *Curcuma rotundra*,.... (DIVAKARUNI, 2006).

I.7. Description

Curcuma longa Linn est une plante rhizomateuse (WICHTEL et ANTON, 2003), robuste, érigée (DIVAKARUNI, 2006), arbustive, qui fait 50 cm à 1 m de haut.

(WICHTEL et ANTON, 2003).

La structure des rhizomes, qui ont une couleur gris brun ?est typique du genre : d'un rhizome principal « mère » en forme de toupie ou de cylindre, sont issus de plusieurs rhizomes secondaire, longs et ramifiés « les doigts » qui à maturité, font 5 à 10 cm par 1 à 1.5 cm de diamètre. La cassure montre l'intérieur jaune orangé vif avec une odeur épicee (DIVAKARUNI, 2006).

Le rhizome primaire donne naissance à de très grandes feuilles oblongues, alternes, distiques, engainantes et simples (DIVAKARUNI, 2006).

L'inflo rescence sort du cœur des feuilles. Elle est cylindrique à ovoïde, de 4 à 6 cm de diamètre (DIVAKARUNI, 2006).

Les fleurs blancs jaunâtre bordées de violet, apparaissent au niveau du sol et sont formées de 3 grands pétales et de 3 sépales soudés (WICHTEL et ANTON, 2007).



Figure 1 : Dessin représentant la plante entière (HOMBOURGER, 2010).

Partie utilisée: Le rhizome une fois bouilli, lavé et séché, donne une poudre jaune (« turmeric » en anglais) riche en composés phénoliques appelées curcuminoïdes (BEDDOU, 2010).



Figure 2 : Rhizome primaire

II- La plante étudiée :

II.1. Définition d'une plante médicinale

Une plante médicinale est une culture végétale qui possède des propriétés médicamenteuses.

Les plantes «médicinales» sont celles qui présentent des propriétés curatives. Elles proviennent soit de la culture ou de la cueillette dans le milieu naturel. On les utilise fraîches, séchées ou sous formes de différents produits transformés.

Dans le monde, on évalue qu'environ 30 % des 400 000 espèces de plantes qui existent auraient déjà été utilisés par des sociétés à des fins médicinales.

(CHABRIER et CAMILLE, 2010).

II.2. La récolte des plantes médicinales

Les plantes médicinales se récoltent par temps sec, car les plantes mouillées sont plus difficiles à conditionner par la suite. Plutôt par une matinée bien ensoleillée ou vers midi.

Les racines, rhizomes, tubercules et bulbes se récoltent à l'automne pour les plantes annuelles ou au printemps pour les autres.

- Les bourgeons se récoltent dès leur apparition en début de printemps.
- Les feuilles avant la fermeture des boutons qui donnent les fleurs, au printemps ou en été.
- Les fleurs au début de leur épanouissement.
- Les fruits à maturité.
- Les graines à pleine maturité.

(VERCAUTERE, 2011).

III. Origine et représentation de la plante *Curcuma longa*

Le curcuma est une plante herbacée vivace (FAIVRE, 2007), originaire d'Asie tropicale, d'Afrique et des Antilles (WICHTEL et ANTON, 2007).

Le curcuma fait l'objet de cultures importantes aux Indes, au Sri-Lanka, en Indonésie, en Chine mais aussi dans Caraïbe et certaines îles du Pacifique où il est très prisé comme épice en cuisine et aussi en médecine traditionnelle (HURTEL, 2007).

III.1. Culture et distribution

Cette plante est cultivée et utilisée dans nombreux pays tropicaux, ou elle est réputée pour conserver la fraîcheur, la saveur et les qualités nutritives des aliments. Ce que l'on traduit en langage moderne : bactéricide et antioxydant (FAIVRE, 2007).

Souvent cultivée comme une annuelle, vers la fin de la saison sèche (LOAP, 2008), le curcuma est propagé par division du rhizome et avec une préférence pour le rhizome principal qui donne des pieds matures plus rapidement (DIVAKARUNI, 2006).

La culture nécessite un arrosage lorsque les feuilles se forment et la récolte se fait lorsque les feuilles dépérissent (LOAP, 2008).

III.2. Croissance et développement

A la mise en place de la culture, la germination des plants de *Curcuma* est achevée en deux à quatre semaines ; après quoi intervient une période de croissance végétative active. La floraison et le développement des rhizomes débutent environ cinq mois après la plantation (Jansen et al., 2005).

Les rhizomes continuent de se développer activement pendant à peu près sept à dix mois en fonction du cultivar et des conditions climatiques; puis les feuilles inférieures jaunissent et la récolte est prête à être arrachée (Jansen et al., 2005).

III.3. Ecologie

Le *Curcuma* demande un climat humide et chaud. Il peut être cultivé dans la plupart des régions tropicales et subtropicales pourvu que les précipitations soient suffisantes (1000-2000 mm) ou que l'on puisse irriguer. Des précipitations de 1200 à 1400 mm bien réparties sur cent à cent-vingt jours sont idéales (Jansen et al., 2005).

La culture a été étendue à des régions où les précipitations dépassent 2000 mm. Le *Curcuma* est cultivé jusqu'à 1200 m d'altitude sur les contreforts de l'Himalaya mais il pousse mieux à des altitudes comprises entre 450 et 900 m (Jansen et al., 2005).

Les températures optimales sont de 30 à 35°C pendant le démarrage. De 25 à 30°C pendant le tallage, de 20 à 25°C pendant l'initiation des rhizomes et de 18 à 20°C pendant leur développement (Jansen et al., 2005).

Le *Curcuma* pousse sur divers types de sol, mais préfère des limons fertiles ou argileux, bien drainés, meubles et friables, riche en matières organiques, et de pH 5 à 7,5, il ne supporte pas l'asphyxie racinaire ou les sols alcalins, des sols graveleux, pierreux et lourds ne conviennent pas au développement des rhizomes (JANSEN et al., 2005).

Affectionnant l'ombre, il vient bien à mi-ombre et peut être cultivé sous des arbres fruitiers (JANSEN et al., 2005).

III.4. Multiplication et plantation

La multiplication du *Curcuma* se fait de façon végétative par rhizomes. On utilise généralement des rhizomes mère, entiers ou coupés en morceaux, et des rhizomes filles (les doigts). En tant que matériel de reproduction, les rhizomes mères sont meilleurs que les filles. Néanmoins, il a aussi été établi que des rhizomes filles de grande taille germaient mieux et avaient des rendements supérieurs à ceux des mères. Les doigts se stockent plus facilement, tolèrent mieux les sols humides et peuvent être plantés à une densité inférieure (JANSEN et al., 2005).

Il faut entreposer les rhizomes deux à trois mois entre la récolte et la plantation. Pour cela, on les étale on couche fine sous une couverture de feuilles de *Curcuma* ou bien on les entrepose en tas sous une couche de paille et de terre (JANSEN et al., 2005).

Le champ doit être bien préparé par labour ou bêchage, en retournant la terre jusqu'à environ 30 cm de profondeur, afin d'obtenir une bonne couche arable. D'importantes quantités d'engrais organique (fumier de ferme, tourteau d'oléagineux, feuilles vertes) sont généralement appliquées. L'optimum serait d'environ 25 tonnes /hectare de fumier ou de compost et 65 kg/hectare d'azote venant du tourteau (JANSEN et al., 2005).

Il ya en général deux façons de planter le *Curcuma* : à plat ou sur billons. La culture à plat est normalement meilleure, mais aux endroits trop ou pas assez humides, la culture sur billons s'avère supérieure, car elle facilite le drainage et l'irrigation. Les billons doivent avoir 20 à 25 cm de haut et 45 à 50 cm de large et les rhizomes doivent être plantés a une distance de 30 à 40 cm et à une profondeur de 7,5 cm. Le meilleur espacement en culture à plat est de 25 cm x 25 cm. Toutefois, de bons résultats ont été obtenus avec des espacements de 30cm x 15 cm ou 15cm x 15 cm. Si le *Curcuma* est en culture associée, l'espacement est ajusté en conséquence (JANSEN et al., 2005).

Le moment de la plantation dépend de cultivar, du matériel de reproduction ainsi que des conditions agro-climatiques. Une méthode de multiplication accélérée du *Curcuma* a été signalée, utilisant la culture *in vitro* de jeunes bourgeons végétatifs prélevés sur des rhizomes en cour de germination. La formation des jeunes plantes s'est fait tout au long de l'année sans que se manifeste la période de dormance habituelle chez les plantes au champ (JANSEN *et al.*, 2005).

III.5. Récolte

Le *Curcuma* est prêt à être récolté sept à dix mois voire douze mois après la plantation lorsque les feuilles inférieures jaunissent. La récolte se fait en retournant la terre. Il faut faire attention à ne pas abimer les rhizomes et s'assurer que l'on arrache toute la touffe en même temps que la plante sèche. On coupe alors les sommités feuillées, on retire les racines et la terre qui y est attachée, puis on lave soigneusement les rhizomes. Les doigts sont séparés du rhizome mère. Quelques rhizomes peuvent être utilisés frais et, à l'exception de ceux qui sont nécessaires à la replantation, le reste est séché (JANSEN *et al.*, 2005).

III.6. Rendement

Le rendement moyen en rhizomes frais de *Curcuma* est de 17 à 23 tonnes/hectare si la culture est irriguée, et de 6,5 à 9 tonnes/hectare en culture pluviale. Toutefois, les rendements dépendent en grande partie du cultivar. Certains d'entre eux peuvent produire 30 à 35 tonnes/hectare de rhizomes frais (JANSEN *et al.*, 2005).

III.7. Traitement après récolte

Afin de renforcer la belle couleur jaune et l'arôme si caractéristique, les rhizomes nettoyés sont mis à cuire dans de l'eau bouillante pendant 1 heure dans un bain légèrement alcalin, puis séchés au soleil pendant six à huit jours. On utilise également des séchoirs à air chaud. Les rhizomes séchés sont polis pour en lisser la surface et aussi pour en rehausser légèrement la couleur. Le polissage peut se faire dans un simple tambour en fer, rotatif, cylindrique et galvanisé, actionné à la main, ou dans d'autres types d'appareils. Une petite quantité de poudre de *Curcuma* versée à l'intérieur du tambour durant le polissage confère un bel aspect au produit (Jansen *et al.* 2005).

III.8. Propriétés et activités biologiques

Les antioxydants sont des composés qui protègent les cellules du corps des lésions occasionnées par les radicaux libres (EDEAS, 2006).

Ces derniers sont des molécules très réactives qui seraient impliquées dans le développement des maladies cardiovasculaires, de certains cancers et d'autres maladies liées au vieillissement (TRUDEAU, 2006)

En autres, l'effet antioxydant de la curcumine laisse entrevoir un effet protecteur contre les maladies reliées au stress oxydatif (TRUDEAU, 2006).

Elle inhibe la peroxydation lipidique et neutralise les radicaux super-oxydes et hydroxyde. Elle réduit la génération des radicaux oxydo-nitrique de manière dose dépendante (EDEAS, 2006).

Le plus souvent et grâce à ses caractéristiques anti-oxydantes et anti-inflammatoires déjà intéressante, la curcumine a été démontrée à de nombreux avantages thérapeutiques et devrait être d'avantage exploité pour développer de nouveaux médicaments.

Une de ses propriétés, qui la différencie de beaucoup d'autres photocomposés anticancéreux, est sa capacité à empêcher l'entrée des produits chimiques dans la cellule (WOLF, 2007).

Elle possède donc une activité chimio-protectrice contre plusieurs modèles de tumeurs, y compris le cancer de la prostate, du colon, de l'ovaire, du pancréas, de la vessie, du duodénum, de l'estomac et de l'œsophage (RADHA *et al.*, 2006 ; BHARAT *et al.*, 2008 ; DUBEY *et al.* 2008).

Ainsi il a été observé lors d'une étude portant sur des cellules cancéreuses du sein que la curcumine bloque la croissance de la tumeur induite par les pesticides à caractère oestrogénique (WOLF., 2007 ; BHARAT *et al.*, 2008).

Dernièrement, on s'est aperçu que la curcumine avait un effet préventif sinon curatif sur le cancer de la peau. Ainsi, sur des patients atteints de cancer de la bouche, la curcumine a réduit, après dix-huit mois de traitement la douleur et la taille des lésions tumorales (RUBY *et al.*, 1995).

L'ensemble de ces expériences a permis d'observer que la curcumine inhibe le cancer à toutes les étapes de son développement : initiation, promotion et progression (HUANG *et al.*, 1992), par des moyens provoquant l'apoptose. Ces résultats sont prometteurs et les chercheurs estiment que de plus vastes études sont nécessaires pour confirmer l'effet thérapeutique de la curcumine sur des lésions tissulaires spécifiques (EDEAS, 2006).

La curcumine possède une activité cholérétique vérifiée, augmentant de plus de 100 la% sécrétion d'acides biliaires, ainsi que la solubilité des sels biliaires. Un essai sur l'activité cholagogue de la curcumine et de la bisdéméthoxy-curcumine a montré que cette dernière est la plus active (LOAP, 2008).

Une autre propriété de la curcumine qui a suscité beaucoup d'intérêt est sa capacité à bloquer le facteur nucléaire Kappa B (SINGH et AGGARWAL, 1995). Cette propriété a été démontré dans le cadre du traitement des ulcères gastriques qui peut être due à une activité antihistaminique et à l'activité antibactérienne contre *Helicobacter pylori* (LOAP, 2008).

Le curcuma présente de multiple effets très intéressantes pour la prévention de l'athérosclérose : hypocholestérolémiant, antioxydant, anti fibrinogène, antiplaquettaire (TRUDEAU, 2006 ; LOAP, 2008). Ces résultats laissent présager que le curcuma pourrait prévenir l'apparition de facteurs de risque de maladies cardiovasculaires, mais d'avantage d'études chez l'humain sont requises (TRUDEAU, 2006).

Les activités anti-inflammatoires et antalgique du curcuma trouvent tous naturellement leur indication dans les pathologies de l'appareil locomoteur telles que l'arthrite, les douleurs musculaires, les bursites, les tendinites (LOAP, 2008). Des essais plus approfondis ont montré que la curcumine inhibe effectivement la cyclo-oxygénase 2 (COX-2) et la lipo-oxygénase, deux enzymes qui interviennent dans les processus inflammatoires (RADHA et al 2006).

Les effets immunomodulateurs sont également bien documentés (JAGETIA et AGGARWAL, 2007). Or, grâce à l'inhibition des protéases des virus HIV-1 et HIV-2, la curcumine supprime leur réplication (PORTES, 2008).

Tout récemment, la curcumine apparaît aussi comme un traitement promoteur pour lutter contre les mucoviscidoses ou encore la maladie d'Alzheimer (PORTES, 2008).

Les applications de curcuma sont donc diverses et méritent d'être encore développées. Cependant, des études chez l'homme sont nécessaires pour confirmer les résultats promoteurs et mieux connaître les doses efficaces.

III.9. Composition chimique

La poudre de *Curcuma* issue du rhizome séché est constituée chimiquement de plusieurs fractions, une fraction volatile et une autre non volatile (Lucie, 2010).

III.9.1. Les huiles essentielles volatiles

La fraction volatile représente environ 6 à 7% de l'ensemble. Elle est obtenue par distillation. De couleur jaune, elle est composée d'huiles essentielles volatiles, dont les principaux composés chimiques sont essentiellement des monoterpènes et des sesquiterpènes dont les α - et β -turmerones et α -turmerone pour environ 60% des huiles essentielles, le zingiberène pour 25%, ainsi que d'autres éléments présents en faibles concentrations (atlantone, cinéole, d-phallandrène...) (**Sharma et al., 2007**).

Les concentrations varient en fonction des régions d'origine des plantes et du moment de la récolte par rapport au cycle végétal (**Jayaprakasha et al., 2005; Taikert et Paisooksantivatana, 2009**).

III.9.2. La fraction non volatile

La fraction non volatile comprend les curcuminoïdes et d'autres composants.

a. Les curcuminoïdes

La fraction non volatile est constituée de principes pigmentaires, les curcuminoïdes (environ 5 à 8%) riches en molécules phénoliques dont 50 à 60% sont représentés par le mélange de curcumine (diféruylméthane) à hauteur de 70-76%, de monodéméthoxycurcumine (16%) et de bisdéméthoxycurcumine (8%) (**Figures 6, 7 et 8**) (**Chattopadhyay et al., 2004 ; Kholi et al., 2005**).

Historiquement c'est au début du 19^{ème} siècle que le principe responsable de la coloration du *Curcuma longa* a été isolé et nommé "curcumine" par **Vogel et Pelletier** en **1815**, puis caractérisé chimiquement pour la première fois en 1910 et identifié comme responsable de l'activité anti-inflammatoire de l'extrait (**Chattopadhyay et al., 2004 ; Sharma et al., 2007**).

En 1973 **Roughley et Whiting** ont déterminé sa structure chimique.

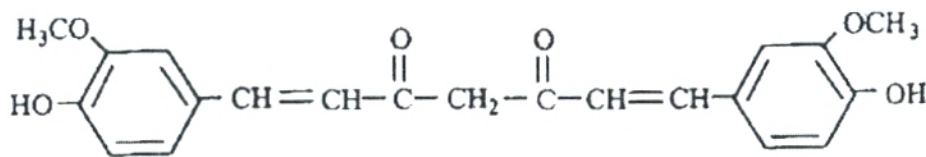


Figure 3 : Structure chimique de la molécule de Curcumine (Vaquier, 2010).

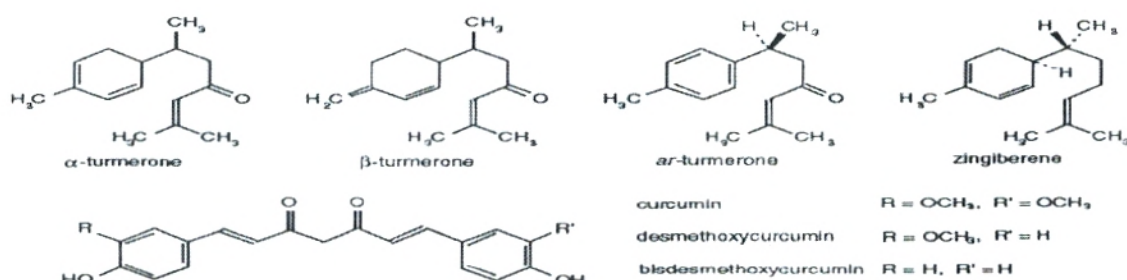
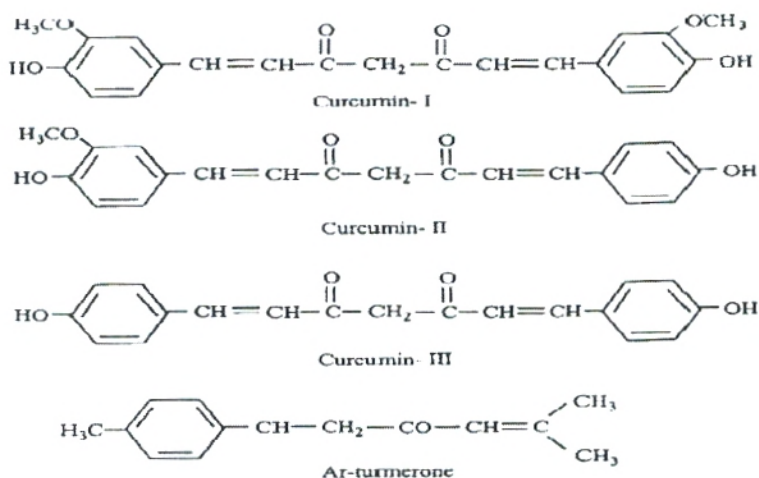


Figure 4 : Structures chimiques des principaux composés présents dans la poudre de *Curcuma longa* (Vaquier, 2010).



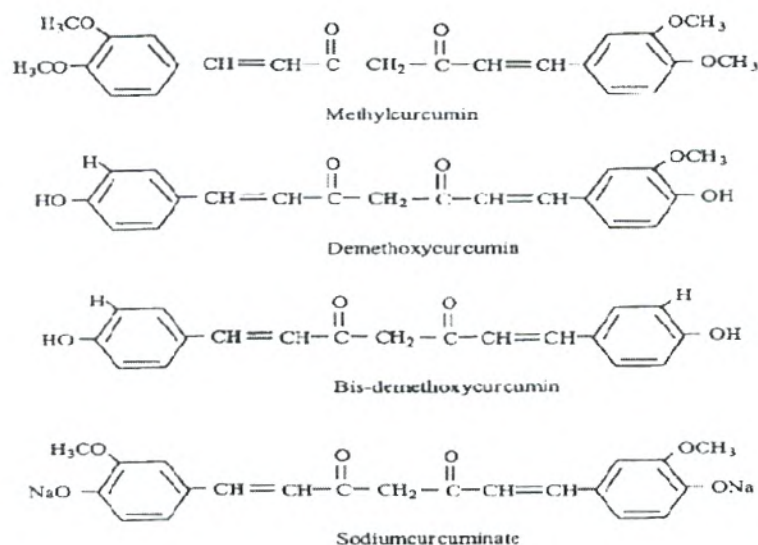


Figure 5 : Structures chimiques des quelques curcuminoïdes naturels (**Chattopadhyay et al., 2004**).

Les curcuminoïdes constituent la fraction active de l'extrait de *Curcuma*. Ils sont insolubles dans l'eau et doivent être extraits à l'aide de solvants (**Jayaprakasha et al., 2005**).

Parmi eux, la curcumine est effectivement l'élément majeur du large spectre d'activités attribuées à cette épice. Ses deux dérivés les plus proches (deméthoxycurcumine aussi dénommée curcumine II et bisdeméthoxycurcumine, curcumine III) présentent également une certaine activité biologique; parfois, en fonction des essais menés, le cocktail des 3 dérivés présente une meilleure activité que celle des dérivés étudiés individuellement (**Jayaprakasha et al., 2005**).

La curcumine est une 1,7-bis-(4-hydroxy-3-méthoxyphenyl)-1,6-heptadiène-3,5-dione, de formule chimique $C_{21}H_{20}O_6$ (**Cikriçi et al., 2008**). La chaîne principale est aliphatique insaturée (composé carboné acyclique ou cyclique, ici insaturé, à l'exclusion des composés aromatiques) et le groupe aryle (groupement fonctionnel qui dérive d'un noyau aromatique, exemple le benzène) peut être substitué ou non (**Cikriçi et al., 2008**).

Son point de fusion se situe généralement à 176-177°C, mais Cikriçi et son équipe l'ont évalué à 184°C (**Cikriçi et al., 2008**). La curcumine est un polyphénol lipophile, soluble dans l'éthanol, les milieux alcalins, les cétones, l'acide acétique et le chloroforme, quasiment insoluble dans l'eau et assez stable à pH acide comme celui de l'estomac (**Jurenka, 2009 ; Araujo et Leon, 2001**). Ces propriétés physicochimiques sont en cause dans la faible biodisponibilité présentée par la curcumine et que nous évoquerons dans la partie consacrée à l'étude pharmacocinétique.

Elle est le composant majeur des activités biologiques relevées chez *Curcuma longa*.

La plupart des préparations de *Curcuma* contiennent entre 2 et 8% de curcumine.

b. Les autres composants

Le rhizome de *Curcuma* est riche en amidon (45 à 55%) et autres glucides (presque 70% en tout). Il contient aussi des protéines, 6,3% dont la turmerine, peptide hydrosoluble (**Sharma et al., 2007**), des lipides à hauteur de 5% environ et 3,5% de minéraux (**Chattopadhyay et al., 2004**).

Chapitre II

Chapitre II : Les huiles essentielles

II.1. Généralités

Le terme huiles essentielles (**HES**) dérive de « *quinta essentia* », un nom donné par le médecin suisse Paracelus aux extraits de plantes obtenues par distillation, il signifie la fragrance et la quintessence de la plante. (**HART et al**).

Contrairement à ce que le terme pourrait laisser penser, les huiles essentielles ne contiennent pas de corps gras (lipides), et ne sont pas « *essentiel* » dans le sens qu'elles sont nécessaires à la croissance ou au métabolisme. Ce sont des composés aromatiques volatils, qui ont un aspect huileux, elles sont obtenues à partir de plantes aromatiques par plusieurs procédés d'extraction. (**BURT, 2008**).

Elles sont solubles dans les lipides et les solvants organiques et possèdent une densité inférieur à celle de l'eau. (**BAKKALI et al, 2008**).

Approximativement 3000 **HES** sont connues, alors que 300 sont commercialement importantes. Grace à leurs activités antimicrobiennes, antifongiques, antiparasitaires et à leurs fragrances, les HES sont utilisées dans les domaines pharmaceutiques, alimentaire, cosmétique... néanmoins, une seule huile peut avoir plusieurs utilisations à la fois. (**BAKKALI et al, 2008**).

Le rendement et la composition des **HES** varient selon l'environnement (température, salinité, pluviosité...), la période de récolte (saison, stade de développement), l'état de plante (fraîche ou séchée) et la technique d'extraction (hydrodistillation, entraînement à la vapeur d'eau, extraction par solvant...). Ces variations sont aussi observées entre les HES extraites des différentes parties de la même plante (feuilles, fleurs, tiges, graines et racines) (**DORMAN et DEANS, 2000 ; DUDAREVA et al, 2004**). De même que des huiles extraites des graines de la même plante. (**DELAQUIS et al, 2002**).

Les **HES** peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : feuilles, fleurs, écorces, rhizomes, fruits et graines. La synthèse et l'accumulation des HES sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées. Les HES sont synthétisées dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent dans des cellules glandulaires recouvertes d'une cuticule. Les cellules endodermales se situent toujours à l'abri de ces substances, grâce à la présence d'un autre type de cellules appelées les cellules de gardes. La forme et le nombre des structures histologiques

sécrétrices varient d'une famille botanique à l'autre et même d'une espèce à une autre. Néanmoins, plusieurs catégories de tissus sécrétrices peuvent coexister simultanément chez une même espèce

Les trichomes glandulaires sont les formes les plus répandues, ils représentent à la fois le site de biosynthèse et de stockage des HES. (COMBRINCK *et al*, 2007).

II.2. Définition des huiles essentielles

La Pharmacopée française (Edition de 1965) donne une définition officielle des huiles essentielles :

Produits de composition généralement assez complexe renfermant les principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation. Pour extraire ces principes volatils, il existe divers procédés. Deux seulement sont utilisables pour la préparation des essences officinales : celui par distillation dans la vapeur d'eau de plantes à essences ou de certains de leurs organes, et celui par expression »

Depuis la neuvième édition (1972), la pharmacopée n'utilise plus que le terme d'huile essentielle. En octobre 1987, l'AFNOR (association Française de la normalisation) propose une autre définition :

« produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques, soit par distillation à sec, l'huile essentielle est ensuite séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques. »

Cette définition paraît encore restrictive car elle exclut de nombreux procédés d'extraction très utilisés sur les marchés de la pharmacie, de l'industrie cosmétique et agroalimentaire. Une définition encore plus large donc été donnée :

« Nom générique pour tous les produits lipophiles, volatils, préexistant dans une plante ou une drogue végétale. Une huile essentielle est constituée de nombreuses substances chimiques peu solubles dans l'eau. Dans la plante, celles-ci résultent pour la plupart du métabolisme des terpènes et de composés en C6C3 et sont localisées dans des organes ou elles sont bio synthétisées (papilles, cellules et poils, poche, canaux). Les huiles essentielles sont obtenues par distillation à la vapeur, par hydrodistillation (entraînement à la vapeur d'eau) par dissolution dans des lipides, et plus fréquemment maintenant dans des gaz supercritiques (dioxyde de carbone). L'extraction par dissolution dans des solvants fournit une fraction chargée de divers constituants liposolubles

(cires, hydrocarbures....) ; après élimination du solvant ou de dioxyde de carbone, on obtient une « concrète » que l'on prive des constituants indésirables par refroidissement à la température du réfrigérateur (glaçage). Suivi de décantation et de filtration ». (BUDAVARI et al, 1996).

Dans la pratique courante, le terme d'essence ou d'huile essentielle est parfois utilisé pour désigner des produits odorants issus de la dégradation enzymatique d'un substrat de la plante. Dans le cas des fruits, on parle d'arome. (BRUNETON, 1993).

II.3 Bref historique

Les premières preuves de fabrication et d'utilisation des huiles essentielles datent de l'an 3000 avant J.C (BASER et BUCHBAUR, 2010). Les huiles essentielles semblent donc avoir accompagné la civilisation humaine depuis ses premières genèses. Les égyptiens puis les grecs et les romains ont employé diverses matières premières végétales ainsi que les produits qui en découlent, notamment les huiles essentielles. Ces utilisations concernaient différents domaines : parfumerie, médecine, rites religieux, coutumes païennes, alimentation, etc.

L'étape byzantine de la civilisation a permis l'instauration des bases de la distillation et, avec l'ère arabe de la civilisation, l'huile essentielle devient un des principaux produits de commercialisation internationale. Ainsi, vers l'an mille, Avicenne, médecin et scientifique persan, a défini précisément le procédé d'entraînement à la vapeur. L'Iran et la Syrie deviennent les principaux centres de production de divers types d'extraits aromatiques.

Par la suite, les huiles essentielles ont bénéficié des avancées scientifiques au niveau des techniques d'obtention et de l'analyse de leur composition chimique.

Parallèlement, leur utilisation a aussi tiré profit de l'avènement de l'aromathérapie. René-Maurice Gattefosse a créé en 1928, le terme de l'aromathérapie et il a mené de nombreux travaux concernant les huiles essentielles, notamment leurs propriétés ; ces résultats seront à l'origine de nombreuses autres recherches (BESOMBES, 2008).

II.4. Production mondiale

Plusieurs pays tirent une grande partie de leurs ressources de l'exploitation des plantes à huiles essentielles. On estime aujourd'hui à environ 40 000 le nombre d'espèces aromatiques croissant dans le monde dont 3000 ont été étudiées et 300 sont exploitées industriellement

(SOUZA *et al*, 2006b). Plus de 90 %des espèces à étudier et à valoriser poussent dans les pays tropicaux (QUAMBA, 1991).

II.5. Répartition, localisation

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs : il y aurait, selon LAWRENCE, 17500 espèces aromatiques. Les genres capables d'élaborer les constituants qui composent les huiles essentielles sont répartis dans un nombre limité de familles, par exemple : *Mytaceae*, *Lauraceae*, *Rutaceae*, *Lamiaceae*, *Asteraceae*, *Apiaceae*... (LAWRENCE, 1995).

Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : fleurs bien sur (bergamotier, tubéreuse), mais aussi feuilles (eucalyptus, laurier noble, menthe poivrée) et, bien que cela soit moins habituel, dans des écorces (cannelier), des bois (bois de rose, santal blanc), des racines (angélique), des rhizomes (*curcuma*, *gingembre*), des fruits (aneth, anis, badiane), des graines (muscade).

Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer de l'huile essentielle, la composition de cette dernière peut varier selon sa localisation. Ainsi ,dans le cas de l'oranger amer(*C.aurantium L.ssp.aurantium,Rutaceae*),le péricarpe frais de fruit, fournit l'huile essentielle d'orange amère ou « essence de Curaçao »,la fleur fournit « l'essence de Nérolé » et l'hydrodistillation de la feuille ,des ramilles et des petits fruits conduit à « l'essence de petit grain bigaradier ».la composition de ces 3 huiles essentielles est différente.

La synthèse et l'accumulation des huiles essentielle sont généralement associé à la présence de structure histologiques spécialisées, souvent localisées sue ou à proximité de la surface de la plante : cellules à huiles essentielles des *Lauraceae* ou des *Zingiberaceae*, poils sécréteurs des *Lamiaceae* (origan vulgaire), poche sécrétrices des *Mytraceae* ou des *Rutaceae*, canaux sécréteurs des *Apiaeae* ou des *Asteraceae*. (SVOBODA, 2000 ; SVOBODA, 2003).

II.6. Rôle des huiles essentielles

Plusieurs hypothèses ont été avancées sur le rôle des huiles essentielles. La plus ancienne a été de dire que les huiles essentielles sont des produits métaboliques sans intérêt biologique. Depuis le XXème siècle, différentes suppositions ont été établies (FIGUEREDO, 2012). Nous nous contenterons d'en énumérer quelques-unes.

D'après Verschaffelt et Stahl, les essences constituent un moyen de défense contre les prédateurs en modulant les comportements de ceux-ci vis-à-vis des plantes. (VERSCHAFFELT *et* STAHLI, 1915).

Les constituants des huiles essentielles sont considérés par Lutz comme des modérateurs des réactions d'oxydation intramoléculaire protégeant la plante contre les agents atmosphériques. Selon lui, certains de ces composés se comporteraient aussi comme source d'énergie à la suite d'une baisse de l'assimilation chlorophyllienne. (LUTZ, 1940).

Bousquet considère que certains de ces produits des composés intermédiaires du métabolisme et qu'il se trouverait à l'état libre durant certaines périodes en relation avec l'activité végétative de la plante. (BOUSQUETT, 1972).

Les travaux de Nicholas ont montré que les monoterpènes et sesquiterpènes peuvent jouer des rôles aussi variés qu'importants dans la relation des plantes avec leur environnement (NICHOLAS, 1973).

Bruneton estime que la volatilité et l'odeur marquée de ces essences en font des éléments de la communication chimique. (BRUNETON, 1973).

Enfin, une mise au point de Croteau montre que les huiles volatiles auraient en réalité un rôle de mobilisateur d'énergie lumineuse et de régulateur thermique au profit de la plante. Elle régulerait la transpiration diurne en absorbant les rayons ultraviolets par leurs constituants insaturés. La présence et la teneur en huiles essentielles dans les plantes seraient donc en rapport avec la photochimie. (CORTEAU, 1988).

II.7. Propriétés physiques

Les huiles essentielles sont constituées de molécules aromatiques de très faible masse moléculaire (DEGRYSE *et al*, 2008). Elles sont très inflammables et très odorantes, liquides à température ambiante. Exposés à l'air, les huiles essentielles se volatilisent. Elles ne sont que très rarement colorées. Leur densité est en général inférieure à celle de l'eau sauf les huiles essentielles de saffran, de girofle et de cannelle. Elles ont un indice de réfraction élevé et la plupart dévient la lumière polarisée (optiquement active) (BRUNETON, 1999 ; RHAYOUR, 2002 ; DESMARES *et al*, 2008).

Elles ont parfois un toucher gras ou huileux mais ce ne sont pas de corps gras. Par évaporation, peuvent retourner à l'état de vapeur sans laisser de traces, ce qui n'est pas le cas des huiles fixes (olives, tournesol,...) qui ne sont pas volatiles et laissent sur le papier une trace grasse persistante (BERNARDET, 2000).

Les huiles essentielles ne sont que très peu solubles ou pas du tout dans l'eau. Entrainables à la vapeur d'eau, elles se retrouvent dans le protoplasme sous forme d'émulsion plus ou moins stable qui tend à se collecter en gouttelettes de grosse taille (RHAYOUR, 2002 ; BENINI, 2007 ; BENAYAD, 2008). Par contre, elles sont solubles dans les solvants organiques usuels (BRUNETON, 1999).

II.8. Chimie des huiles essentielles

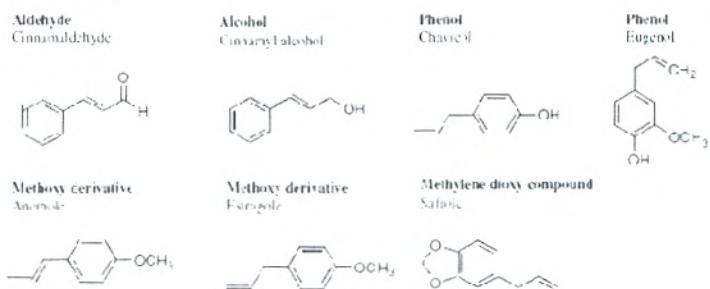
Les huiles essentielles représentent un mélange complexe de molécules chimiques qui peuvent comporter plus de soixante composants différents, parmi lesquels deux ou trois sont des comportements majeurs constituants 20 à 70 % du mélange comparativement aux autres qui se trouvent le plus souvent sous forme de traces. Généralement ces composants majeurs déterminent les propriétés biologiques de l'huile essentielle. (BAKKALI *et al*, 2008).

La plus part des composants des HES sont inclus dans deux groupes : les terpénoïdes et les phénylpropanoïdes, les deux sont synthétisés à travers deux voies métaboliques séparées (BRUNETON, 1993 ; CALSAMIGLIA *et al*, 2007).

II.8.1. Les terpénoïdes

Ils représentent le groupe le plus diversifié des métabolites secondaires, végétaux, plus que 15000 composés différents sont décrits dans la littérature. Ils dérivent d'une structure de base à cinq carbones (C₅H₈), communément appelée isoprène. Selon le nombre répétitif de cette unité, les terpénoïdes sont classés en : monoterpénoïdes (C₁₀), sesquiterpénoïdes (C₁₅) et diterpénoïdes (C₂₀). Dans la composition de la plus part des huiles essentielles les monoterpénoïdes et les sesquiterpénoïdes forment la majeure partie. (BENCHAAR *et al*, 2008 ; CALSMIGLIA *et al*, 2007).

2. Aromatic compounds



3. Terpénoides (isoprénoides)

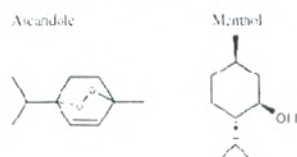


Figure 6 : Structure chimique de quelques composés des huiles essentielles

(Bakkali *et al.*, 2008)

II.8.1.1. Les monoterpènes

Les composés monoterpéniques sont constitués de deux unités d'isoprène, leur formule chimique brute est C₁₀H₁₆ (Rahal, 2004). Ces composés peuvent être: monoterpènes acycliques (myrcène, ocimènes), monoterpènes monocycliques (α - et γ -terpinène, p-cymène) et aux monoterpènes bicycliques (pinènes, camphène, sabinène). Selon Bruneton (1999), la réactivité des cations intermédiaires justifie l'existence de nombreuses molécules caractérisées par différentes fonctions: alcools, cétones, esters, aldéhydes, éthers, peroxydes, phénols (Rahal, 2004).

II.8.1.2. Les sesquiterpènes

Ils comportent trois unités d'isoprène, leur formule est C₁₅H₂₄ soit une fois et demie (sesqui) la molécule des terpènes (BELAICHE, 1979). Ils présentent une grande variété dans les structures conduisant à un nombre élevé de possibilités, ce qui a retardé l'élucidation de leurs structures (Rahal, 2004). Les sesquiterpènes peuvent être également, comme les monoterpènes, acycliques (farnésol), monocycliques (humulène, α -zingibèrene) ou polycycliques (matricine, artéannuine, β -artémisinine). Ils renferment aussi des fonctions comme alcools (farnésol, carotol, β -santalol, patchoulol), cétones (nootkatone, cis-longipinane-2.7-dione, β -vétivone), aldéhydes (sinensals), esters (acétate de cédryle) (BRUNETON, 1999 ; LAOUER, 2004).

II.8.2. Les phénylpropanoïdes

Ils sont moins fréquents par rapport aux terpénoïdes. Néanmoins, certaines plantes possèdent ces composés avec des proportions significatives. Les phénylpropanoïdes dérivent majoritairement de la phénylalanine.

Ils sont constitués d'une chaîne carbonée liée à un noyau aromatique à six carbones. (SANGWAN *et al.*, 2001).

II.8.3. Les composés d'origines diverses

Ce sont des produits résultant de la transformation de molécules non volatiles entraîna- bles par la vapeur d'eau. Il s'agit de composés issus de la dégradation d'acides gras, de terpènes. D'autres composés azotés ou soufrés peuvent subsister mais sont rares. Enfin, il n'est pas rare de trouver dans les concrètes des produits de masses moléculaires plus importantes non entraîna- bles à la vapeur d'eau, mais extractibles par les solvants : homologues des phénylpropanes, diterpènes, etc.... (BRUNETON, 1999). Le composé soufré le plus rencontré est l'allyl-isothiocyanate issu de la dégradation d'un glucoside sinigrósido qui se trouve dans les graines de moutarde noire. Ce composé est incolore, fluide et de saveur piquante. Certaines plantes aromatiques produisent des huiles essentielles dont les composés terpéniques renfermant l'élément nitrogène. Parmi ces composés on cite l'indole, qui se trouve dans l'huile essentielle de citron et des fleurs de jasmin (ABOU ZEID, 1988).

II.9. Mode d'action des huiles essentielles

Plusieurs théories sont proposées pour expliquer le mécanisme par lequel les HES exercent leur activité antimicrobienne. La composition complexe des HES tend à prouver que cette activité serait due à plusieurs mécanismes d'actions différentes, liés à la nature chimique de ces composés (BURT, 2004 ; CARSON *et al.*, 2002).

La plupart des mécanismes d'action sont attribués à l'interaction des composants des HES avec la membrane cellulaire (BENCHAAR *et al.*, 2008). Les HES sont constituées de molécules lipophiles capables de pénétrer la double couche phospholipidique, leur accumulation entre les phospholipides entraîne alors un changement de conformation et un mauvais fonctionnement de la membrane cellulaire, perturbant ainsi le transport membranaires des substances nutritives (ULTEE *et al.*, 1999). Les HES peuvent aussi perturber le gradient ionique de part et d'autre de

la membrane cytoplasmique ce qui diminue la stabilité membranaire et perturbe aussi le transport membranaire. Mais certaines bactéries sont capables de contrebalancer cet effet par l'utilisation de la pompe ionique, dans ce cas la croissance ralentit grâce à l'épuisement de l'énergie de la pompe. D'autres mécanismes d'action sont liés à la coagulation des constituants cellulaires par la dénaturation des protéines. D'autres inhibent la croissance microbienne par l'inactivation des acides nucléiques.

L'action des **HES** dépend aussi de la nature des microorganismes ciblés. Les bactéries à gram positif sont plus sensibles à l'action des **HES**, par rapport aux bactéries à Gram négatif. Cela peut être expliqué par la présence de la membrane externe chez les bactéries à **Gram** négatif, elle représente en effet une barrière capable de diminuer la perméabilité des composés hydrophobes (**KHENAKA, 2011**).

II.10. Paramètres influençant la composition quantitative et qualitative des huiles essentielles

Les huiles essentielles présentent une très grande variabilité, tant au niveau de leur composition, qu'au plan du rendement des plantes d'origine. Cette variabilité est fondamentale car les activités biologiques qui découlent des huiles essentielles peuvent être très différentes (**GARNERO, 1991 ; BRUNETON, 1999 ; BENINI, 2007**). Cette variabilité peut s'expliquer par différents facteurs d'origine intrinsèques, spécifiques du bagage génétique de la plante ou extrinsèque, liés aux conditions de croissance et de développement de la plante.

❖ Facteurs intrinsèques

Une huile essentielle doit avant tout autre chose être rapportée au matériel botanique d'où elle est issue pour éviter toutes dénominations trompeuses du matériel végétal (**BRUNETON, 1999**). L'influence du stade végétatif, l'organe de la plante, les hybridations, les facteurs de mutation, la polyploïdie et le polymorphisme chimique « chimiotypes ou formes physiologiques » sont les principaux facteurs intrinsèques qui influencent la composition et le rendement des huiles essentielles. (**BRUNETON, 1999**).

❖ Facteurs extrinsèques

Les conditions environnementales influencent aussi la composition des huiles essentielles.

La température, la quantité de lumière, la pluviométrie et les conditions édaphiques représentent autant de causes potentielles de variations de la composition chimique d'une plante aromatique donnée. Il n'y a pas eu mal des travaux ayant mis en évidence l'influence de l'origine géographique de la matière première, les conditions culturales telles que la date de semis, la date de récolte, les traitements phytosanitaires, l'emploi d'engrais, ainsi que les techniques de récoltes influençant aussi la composition et le rendement des huiles essentielles.

L'instabilité des constituants des huiles essentielles explique que la composition du produit obtenu par l'hydrodistillation soit, le plus souvent, différente de celle du mélange initialement présent dans les organes sécréteurs du végétal. Au cours de l'hydrodistillation, l'eau, l'acidité et la température peuvent induire l'hydrolyse des esters mais aussi des réarrangements, des isomérisations, des racémisations, des oxydations, etc.

La méthode d'extraction et l'état du matériel végétal influent aussi sur la composition et le rendement des huiles essentielles. Il faut aussi signaler que le stockage des matières premières avant distillation peut également influencer la composition et le rendement des huiles essentielles.(FANTINO,1990 ; VERZELE *et al.*,1988).

II.11. Analyse des huiles essentielles et critères de qualité

Selon **Bouchbauer (2000)**, seulement une connaissance détaillée des constituants d'huile essentielle mènera à une utilisation appropriée. Selon la pharmacopée française et européenne, le contrôle des huiles essentielles s'effectue par différents essais. Ce contrôle a pour but de définir les caractéristiques physico-chimiques de l'huile essentielle comme masse volumique, indice de réfraction, indice d'acide, indice d'ester, etc. Ces caractéristiques propres à chaque huile seront ensuite utilisées pour décrire l'huile essentielle et servir de critère de qualité.les méthodes de détermination des caractéristiques physico-chimiques à utiliser sont décrites avec précision dans le recueil de normes publiées par l'association française de normalisation (**AFNOR, 1996**), elle-même identiques aux normes internationales de l'ISO (**ISO, 1997**)

Deux autres types d'analyses qui ont pour but d'identifier les différents constituants de l'huiles essentielles afin d'en connaître la composition chimique : la chromatographique en phase gazeuse GC et la chromatographique en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse GC/MS.

La chromatographique en phase gazeuse GC est utilisée pour l'analyse quantitative et la chromatographique en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse GC/MS pour l'analyse

qualitative (LAMARTI *et al.*, 1993 ; MARRIOT *et al.*, 2001 ; LAHLOU, 2004 ; BOURKHISS *et al.*, 2007).

La GC et la GC/MS permettent, en plus de connaître très exactement la composition chimique, la recherche d'éventuelles traces de produits indésirables tels des pesticides ou des produits chimiques ajoutés (RENTA *et al.*, 2006 ; BASER et BUCHBAUER, 2010). Des composés qui ne sont pas facilement séparés par GC, et les molécules structurellement semblables comme les composés stéréoisomérique d'huiles essentielles sont analysés par C-NMR.

II.12. Données toxicologiques

Les huiles essentielles sont présentées, généralement comme « sans danger ». Mais ces substances naturelles sont aussi des composés puissants (DEGRYSE *et al.*, 2008). Par leur composition chimique complexe, les huiles essentielles doivent être utilisées avec extrême prudence, du fait qu'elles peuvent présenter des très graves dangers lors d'une utilisation aléatoire autonome (BENZEGGOUTA, 2005).

Les effets toxiques d'une huile essentielle varient considérablement selon sa nature (TRAORE, 2006). Certaines huiles essentielles se révèlent cytotoxiques. Les huiles essentielles du thym et de la lavande, selon la phase dans laquelle elles sont mises en contact ; à titre d'exemple, elles sont avérées cytotoxiques pour des cellules de hamster chinois. Par ailleurs, des huiles essentielles de différentes variétés d'origan ont montré une forte cytotoxicité sur des cellules humaines dérivées du cancer (PIBIRI, 2006).

En règle générale, les huiles essentielles ont une toxicité aiguë faible ou très faible par voie orale : une DL50 comprise entre 2 et 5 g/kg pour la majorité des huiles couramment utilisées (anis, eucalyptus, girofle, etc.) ou le plus fréquemment supérieure à 5 g/kg (camomille, citronnelle, lavande, marjolaine, vétiver, etc.) ; d'autre ont une DL50 inférieure à 1g/kg : l'huile essentielle de boldo (0.13g/kg) ; l'essence de moutarde (0.34g/kg) ; les essences d'origan de la sarriette (1.37g/kg) ; les huiles essentielles du basilic, de l'estragon et de l'hysope (1.5ml/kg). Tandis que la toxicité chronique est assez mal connue (BRUNETON, 1999 ; BENZEGGOUTA, 2005).

II.13. Principales utilisations des huiles essentielles

II.13.1 En pharmacie : Leurs propriétés pharmacologiques leur confèrent une utilisation médicale. Les huiles essentielles ont en effet :

Un pouvoir antiseptique : contre des bactéries variées ainsi que des champignons et levures.

Des propriétés spasmolytiques et sédatives : Certaines drogues à huiles essentielles sont réputées efficaces pour diminuer les spasmes gastro-intestinaux. L'amélioration de certaines insomnies et de troubles psychosomatiques divers est également notée.

Des propriétés irritantes : De nombreuses crèmes, pommades à base d'huiles essentielles, sont destinées à soulager entorses, courbatures ou claquages musculaires. En effet par voie externe, certaines huiles essentielles augmentent la microcirculation, et dans certains cas une légère anesthésie locale.

Ces huiles essentielles constituent également le support de l' « aromathérapie » : traitement des maladies par des essences de plante.

Les huiles essentielles sont très efficaces et utiles si elles sont utilisées dans des limites strictes et leur délivrance doit être contrôlée car trop d'accidents sont apparus lors d'utilisation inconsidérée, comme nous le beurrons ultérieurement.

II.13.2. En parfumerie

C'est le principal débouché des huiles essentielles. La cosmétologie et le secteur des produits d'hygiène sont aussi consommateurs, même si le cout élevé des produits naturels conduit à privilégier parfois les produits synthétiques. Elles sont intégrées dans des analgésiques pour la peau, les produits solaires ainsi que de nombreux produits d'ambiance comme les liquides pour pots-pourris.

On les retrouve aussi dans des préparations pour bains avec possibilités d'absorption percutanée. Intégrées aux huiles de massage, leur teneur ne doit pas dépasser 3 à 4/ il y a alors possibilité d'absorption percutanée.

II.13.3. Dans les industries agro-alimentaires

Certaines drogues sont utilisées en nature (épices et aromates), d'autres sous forme d'huiles essentielles ou de résinoïdes dispersés, encapsulés ou complexés. Si la réfrigération et d'autres moyens de conservation se sont substitués aux épices. Pour assurer la conservation des aliments, le développement de nouvelles pratiques culinaires (plats préparés, surgelés), le goût pour l'exotisme

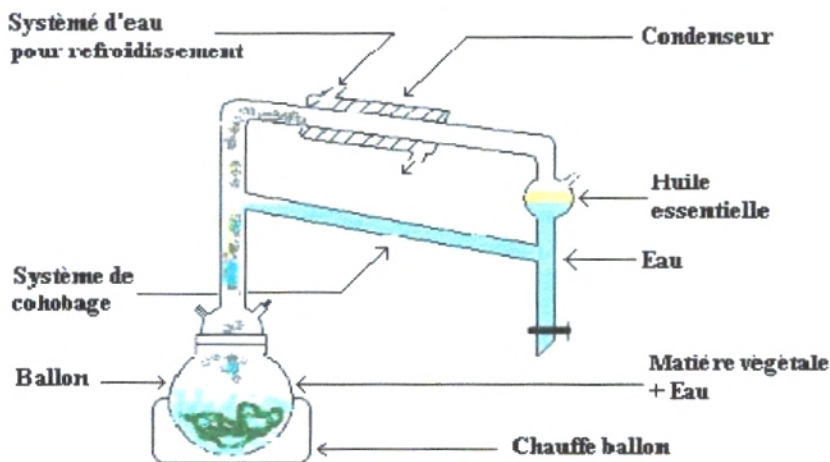


Figure 7 : Appareillage utilisé pour l'hydrodistillation des huiles essentielles

(HERNANDEZ OCHOA, 2005)

❖ Expression à froid

L'expression à froid est réservée à l'extraction des composés volatils dans les péricarpes. Il s'agit d'un traitement mécanique qui consiste à déchirer les péricarpes riches en cellules sécrétrices (Basil *et al.*, 1998).

❖ Extraction par solvants organiques

L'extraction par solvant organique volatil reste la méthode la plus pratiquée. Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol moins fréquemment le dichlorométhane et l'acétone (Legrand, 1993 ; Dapkevicius *et al.*, 1998 ; Kim et Lee, 2002).

En fonction de la technique et du solvant utilisé, on obtient (AFNOR, 2000) :

- Des hydrolysats : extraction par solvant en présence d'eau
- Des alcoolats : extraction avec de l'éthanol dilué

et les qualités gustatives, conduisent à une rapide augmentation de la consommation de ce type de produits. On note leur intégration dans : les boissons non alcooliques, les confiseries, les produits laitiers ou carnés, les soupes, les sauces, les snacks, les boulangeries, ainsi que la nutrition animale.

II.13.4. Dans diverses industries

Ce sont surtout des industries chimiques qui utilisent des isolats (substances pures isolées des huiles essentielles) comme matière premières pour la synthèse de principes actifs médicamenteux, de vitamines, de substances odorantes, etc... (GRYSOLE, 2004).

II.14. Méthodes d'extraction et d'identification des composés des huiles essentielles

Le procédé d'obtention des HE intervient d'une façon déterminante sur sa composition chimique (Garnero, 1977). Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales, cette diversité est due à la variété des matières premières et à la sensibilité considérable de certains de leurs constituants.

❖ Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

Dans ce système d'extraction, le matériel végétal est soumis à l'action d'un courant de vapeur sans macération préalable. Les vapeurs saturées en composés volatils sont condensées puis décantées. L'injection de vapeur se fait à la base de l'alambic (Richard et Peyron, 1992).

❖ Extraction par hydrodistillation d'huile essentielle

Ce mode d'extraction a été proposé par Garnier en 1891, c'est la méthode la plus utilisée pour extraire les HE et pouvoir les séparer à l'état pur mais aussi de fournir de meilleurs rendements. Le principe consiste à immerger directement la matière végétale à traiter dans un ballon rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition, les vapeurs hétérogènes vont se condenser sur une surface froide et l'HE sera alors séparée par différence de densité (Bruneton, 1993).

Des teintures ou solutions non concentrées obtenues à partir de matières premières traitées par l'éthanol ou des mélanges éthanol/eau.

- De résinoïdes ou extraits éthanoliques concentrés

L'emploi restrictif de l'extraction par solvants organiques volatils se justifie par son coût, les problèmes de sécurité et de toxicité, ainsi que la réglementation liée à la protection de l'environnement (**Lagunez Rivera, 2006**).

❖ Extraction par fluide à l'état supercritique

L'extraction par gaz liquéfié ou par fluide à l'état supercritique met en œuvre généralement le dioxyde de carbone (**Aghel et al., 2004**).

D'autres travaux de recherche de **Luque de Castro et Jiménez (1998)** ; **Gámiz-Gracia et Luque de Castro (2000)** ; **Ozel et al.(2003)** ; **Deng et al. (2005)** montrent l'utilisation de l'eau dans son état supercritique. Dans ce système, le solvant est utilisé en boucle par interposition d'échangeurs de chaleur, d'un compresseur et d'un détendeur afin de porter le solvant à l'état désiré à chaque stade du processus. La séparation de l'extrait a lieu en phase gazeuse par simple détente.

L'avantage de cette méthode est la possibilité d'éliminer et de recycler le solvant par simple compression détente. De plus, les températures d'extraction sont basses dans le cas de dioxyde de carbone et non agressives pour les constituants les plus fragiles. A ces différents avantages s'ajoutent ceux de l'innocuité, d'inertie et d'ininflammabilité de CO₂ (**Lagunez Rivera, 2006**).

Le frein du développement de cette technologie est le coût élevé des appareillages liés à l'application de pressions de plusieurs centaines de bars (**Lagunez Rivera, 2006**).

❖ L'extraction par micro-ondes

C'est un procédé utilisant les micro-ondes et les solvants transparents aux micro-ondes pour extraire de façon rapide et sélective des produits chimiques de diverses substances (**Paré, 1997**). Le matériel végétal est immergé dans un solvant transparent aux micro-ondes de manière à ce que seul le végétal soit chauffé. Les micro-ondes vont chauffer l'eau présente dans le système glandulaire et

vasculaire de la plante, libérant ainsi les produits volatils qui passent dans le solvant (non chauffé). On filtre et on récupère ensuite l'extrait (**Figure 11**). L'extraction par micro-ondes a le grand avantage de réduire le temps d'extraction à quelques secondes (**France Ida, 1996**). Ce procédé, très rapide et peu consommateur d'énergie, livre un produit qui, est le plus souvent, de qualité supérieure à celle du produit d'hydrodistillation traditionnelle (**Bruneton, 1999**). Par ailleurs, l'analyse des huiles essentielles obtenues par cette méthode a montré selon **Scheffer (1996)** que la composition qualitative des huiles essentielles était la même que celle des huiles obtenues par distillation mais le pourcentage des constituants variait de manière significative.

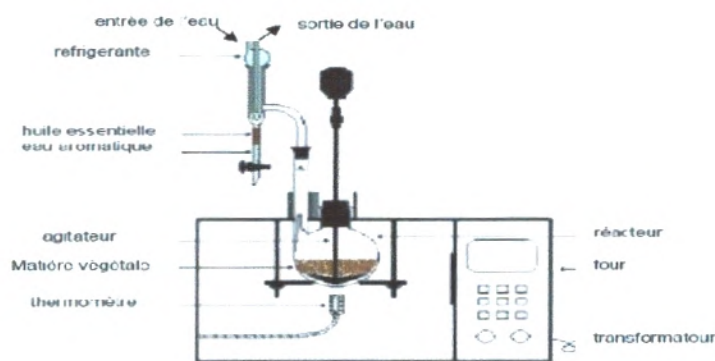


Figure 8: Principe schématisé de l'appareillage d'hydrodistillation sous micro-ondes (LAGUNEZ-RIVERA, 2006)

II. 15. Les procédés d'obtention

En fonction de la plante, les procédés d'obtention varient. Selon la pharmacopée et l'afnor, plusieurs types de fabrication sont à

- ❖ Huiles essentielles obtenues sans changement significatif de leur nature
 - Huiles essentielles obtenues à froid (exemple des agrumes : dans le procédé classique, on exerce sous un courant d'eau une action abrasive de la surface du fruit et après élimination des déchets solides, l'huile est séparée de la phase aqueuse par centrifugation)
 - Huiles essentielles de jus de fruits, obtenues pendant la concentration ou le traitement rapide à haute température (exemple flash pasteurisation).

- ❖ Huiles essentielles obtenues avec changements significatifs de leur nature :
 - Huile essentielle « diterpénée » (les hydrocarbures monoterpéniques sont éliminés partiellement ou totalement).
 - Huiles essentielle « desesquiterpénée » (hydrocarbure mono- et diterpéniques éliminés partiellement ou totalement).
 - Huile essentielle privée de « x » (huile essentielle de laquelle un constituant « x » a été éliminé. Exemple : huile essentielle de bergamote privée de bergaptène).
 - Huile essentielle rectifiée, soumise à une distillation fractionnée.
 - Huile essentielle concentrée (traitée par un procédé physique qui concentre un ou plusieurs constituants particuliers).

II.16. Activités biologiques des huiles essentielles

Les vertus des huiles essentielles sont connues et utilisées depuis longtemps, mais cette utilisation se basait sur des pratiques traditionnelles et des applications sans bases scientifiques précises. De nos jours, leur emploi se fait sur des bases scientifiques et rationnelles puisque de nombreux travaux de recherches ont porté sur les activités antimicrobiennes et antioxydantes des huiles essentielles des plantes aromatiques.

II.16.1. Activité antioxydant

Le progrès de l'oxydation a comme conséquence la détérioration complète des aliments. La dégradation oxydative des constituants de nature lipidique de nos aliments présente des inconvénients à la fois aux plans organoleptiques, nutritionnels, fonctionnels, économiques et hygiéniques. La lutte contre l'oxydation des lipides représente donc un enjeu considérable pour les industriels alimentaires. Pour supprimer ou ralentir l'oxydation des lipides, deux voies sont envisageables : tenter de réduire les facteurs favorables à cette oxydation et/ou trouver un réactif qui ralentit l'oxydation : c'est le rôle de l'antioxydant. Ce dernier est défini comme une substance qui, à de faibles concentrations comparées à celles des substrats oxydables, prévient significativement ou retarde l'initiation du processus d'oxydation. (HIMED, 2011)

II.16.1.1. Essais de l'activité antioxydant dans les aliments

Quelques récentes publications ont rapporté que certaines huiles essentielles sont plus efficaces que quelques antioxydants synthétiques. Les effets antioxydants d'huiles essentielles et d'extraits

des plantes sont dus principalement à la présence des groupes d'hydroxyle dans leur structure chimique. (HUSSAIN et al., 2008, 2010)

Des études de l'équipe du laboratoire de recherche en sciences appliquées à l'alimentation (resala) de l'INRS-IAF ont montré que l'incorporation des huiles essentielles directement dans les aliments (viandes hachées, légumes hachées, purées de fruit..) ou l'application par vaporisation en surface de l'aliment (pièce de viande, charcuterie, poulet, fruits et légumes entiers...)(CAILLET et LACRXIX, 2007)

Banias et al ont étudié les activités antioxydantes de combinaison des extraits de plantes de thym, origan, marjolaine et sauge avec l'acide citrique en saindoux stockés à 75°C. Ils ont trouvé une efficacité synergique de l'acide citrique avec les extraits de thym.

Une étude a été conçue pour comparer l'activité antioxydante de l'huile essentielle de *Centelle asiatica* et celle du BHA. Les teneurs en acide gras libre (FFA), les teneurs en peroxyde(PV), les teneurs en iode, les diènes conjugués(CD) et les trienes conjugués (CT) sont déterminés pour surveiller l'activité antioxydante de l'huile essentielle et du BHA dans l'huiles du tournesol. L'huile essentielle a montré une activité antioxydante forte en interdisant l'augmentation des paramètres oxydants mentionnés ci-dessus (RAZA et al., 2009). Récemment, une autre étude a été réalisée pour essayer la formulation des margarines de table additionnées d'huiles essentielles de Citrus Limon, en vue de les exploiter et de substituer à un additif synthétique : le Tocoblend. L'évaluation de la stabilité oxydative est réalisée par les tests de Rancimat et Schaal, les résultats obtenus ont montré que les margarines à l'huile essentielle de Citrus limon étaient plus résistantes que celle au Tocoblend vis-à-vis de l'oxydation forcée (HIMED, 2011).

II.16.1.2. Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante

Les méthodes utilisées pour évaluer l'activité antioxydante dans des huiles essentielles sont relativement peu nombreuses et font intervenir en général la coloration ou la décoloration d'un réactif spécifique en présence d'agent antioxydant (huile essentielle). Selon la bibliographie, les méthodes les plus utilisées sont celles de la réduction du 2,2-diphényle-1-picryl-hydrazyl (DPHH'), de l'inhibition de la peroxydation de l'acide linoléique, de la chélation des métaux et de blanchiment du b-carotène dans l'acide linoléique.

II.16.2. Activité antimicrobienne

La qualité antimicrobiologique des aliments constitue l'une des bases essentielles de leur aptitude à satisfaire aussi bien la sécurité des consommateurs que la conservation des aliments. Un aliment, exposé à la détérioration par les bactéries et les moisissures peut voir diminuer ses caractéristiques sensorielle, nutritive et sanitaire (ROZIER *et al.*, 1986 ; GUIRAURAT, 2003).

L'essor de la chimie a permis l'apparition de nouvelles substances antimicrobiennes. Ces dernières sont définies comme étant des substances utilisées pour détruire les micro-organismes ou empêcher leur croissance, y compris les antibiotiques et autres agents antibactériens et antifongiques (CE, 2001). Ces substances synthétiques ont été employées couramment. Cependant, en raison du souci croissant des consommateurs aux denrées contenant de tels additifs chimiques, la recherche des additifs naturels, particulièrement d'origine végétal, a notamment augmenté ces dernières années. Par conséquent, le développement des produits naturels possédant une activité antibactérienne s'avère nécessaire et utile (ROZMEN *et JERSEK*, 2009).

Les huiles essentielles sont connus pour posséder l'activité antimicrobienne et certaines sont classées comme substances sûres et pourraient donc être employées pour empêcher la croissance des microorganismes pathogènes et contaminants (GACHKAR *et al.*, 2007 ; RASOOLI *et al.*, 2008).

II.16.2.1. Essais de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles dans les aliments

Les plantes aromatiques et leurs huiles essentielles ont été employées pendant des milléniums pour fournir des saveurs caractéristiques pour les aliments et les boissons (BAYDAR *et al* 2004).

En plus de la saveur contribué aux aliments, beaucoup de plantes aromatiques et leurs huiles essentielles montrent une activité antimicrobienne et pourraient empêcher la croissance des microorganismes d'altération et pathogènes, amélioration de ce fait la sécurité alimentaire (SACHETI *et al.*, 2005 ; HADIZADEH *et al.*, 2009 ; PIYO *et al.*, 2009 ; UDOMSILP *et al.*, 2009 ; SOUZA *et al.*, 2009). La plupart des publications ont confirmé la possibilité d'employer les huiles essentielles dans les aliments pour prolonger la durée de conservation des aliments. Par exemple l'origan, le romarin, la sauge et le thym sont les assaisonnements typiques particulièrement dans la région méditerranéenne. Ces herbes ont un statut de GRAS donné par Food and Drug administration (2006), signifiant qu'elles sont généralement sûres et sans danger pour la consommation humaine (RASCOLI *et al.*, 2008).

Parmi le groupe diversifié des constituants chimiques des huiles essentielles, le carvacrol, qui exerce une action antimicrobienne bien distinguée, est additionné à différents produits alimentaires en industrie agro-alimentaire (FENAROLI, 1995). Il y est rajouté pour améliorer le goût et pour empêcher le développement des contaminants alimentaires (RHAYOUR, 2002).

Plusieurs travaux ont montré que les huiles essentielles de thym, d'origan, de cannelle et d'autres plantes aromatiques ont un effet inhibiteurs sur la croissance et la toxinogénèse de plusieurs bactéries et champignons responsables de toxi-infections alimentaires (BILGRAMI *et al.*, 1992 ; BERAUD, 1990 ; NIELSEN et RIOS, 2000).

Dans certains cas, les concentrations des huiles essentielles nécessaires pour inhiber les micro-organismes dans un aliment dépassent celles *in vitro*. Quand un extrait est mélangé dans un aliment, l'effet antimicrobien est réduit par la réaction ou interaction avec les composants des aliments (PANDIT et SHLEF, 1997 ; KERATZA *et al.*, 2001). Une disponibilité d'élément nutritifs est plus élevée dans les aliments une fois comparée au bouillon ou à l'agar synthétique ce qui permet à quelque bactéries de devenir capables de réparer plus rapidement les dommages cellulaires provoqués par des composés d'huiles essentielles (SOUZA *et al.*, 2006b)

Des huiles essentielles d'eugénol, de clou de girofle, d'origan et du thym se sont avérées efficaces à un niveau de 5-10ul/g pour *Listeria monocytogenes* dans des produits à base de viande (VRINDA et GARG, 2001). La teneur en graisse semble réduire nettement l'action d'huiles essentielles dans des produits à base de viande. Par exemple, l'huile essentielle de la menthe n'était pas efficace dans les produits avec un taux élevé de graisse (TASSOU *et al.*, 1995 ; GILL *et al.*, 2002).

Plusieurs huiles essentielles des plantes aromatiques ont totalement empêché le développement fongique sur des grains de maïs et sur des grains de riz (PIYO *et al.*, 2009).

L'application des huiles essentielles comme substances antimicrobiennes dans les aliments est souvent découragée en raison de la perte potentielle d'action antimicrobienne due à leur volatilité et lipophilicité. Une alternative serait d'examiner les aliments qui n'exigent pas l'incorporation directe d'huile essentielle, par exemple la décontamination des légumes frais (BAGAMBOULA *et al.*, 2004 ; HADIZADEH *et al.*, 2009). (FODA *et al.*, 2010) ont proposé d'incorporer les huiles aux produits qui ont déjà une saveur forte, ou employer les composants les plus actifs au lieu de l'huile essentielle entière. Ceci réduirait les changements des propriétés organoleptiques, tout en maintenant l'activité antimicrobienne.

Il est recommandé d'appliquer les huiles essentielles ou leurs composés en tant qu'élément d'un système d'obstacle et de les employer comme composant antimicrobien avec d'autres techniques de conservation, par exemple en combinaison avec la température et le pH réduit (KOUTSOUMANINS *et al.*, 1999) d'employer une combinaison synergique d'huiles essentielles et de leurs composés, de ce fait permettant de diminuer leurs concentrations et de réduire au minimum des effets sensoriels défavorables.

II.16.3. Activité antifongique

Dans le domaine phytosanitaire et agroalimentaire, les huiles essentielles ou leurs composés actifs pourraient également être employés comme agents de protection contre les champignons phytopathogènes et les microorganismes envahissant la denrée alimentaires (LIS-BALCHIN, 2002).

Les huiles essentielles les plus étudiées dans la littérature pour leurs propriétés antifongiques appartiennent à la famille des *Labiatae* : thym, origan, lavande, menthe, romarin, sauge, etc... étant donnée la grande complexité de la composition chémotypique des huiles essentielles, malgré de possibles synergies certains auteurs préfèrent étudier l'effet d'un composé isolé pour pouvoir ensuite le comparer à l'activité globale de l'huile. Ainsi l'activité fongistatique des composés aromatiques semble être liée à la présence de certaines fonctions chimiques. Ils concluent que le phénol (eugénol, chavicol-4-allyl-2,6-diméthoxyphénol) sont plus antifongiques et que les aldéhydes testés (cinnamique et hydro cinnamique). Ils présentent également des propriétés fongistatiques très marquées. Les groupements méthoxy, à l'inverse, ne semblent pas apporter à ce type de molécules une fongitoxité significative. (VOUKOU *et al.*, 1988)

Cette activité est estimée selon la durée d'inhibition de la croissance déterminée par simple observation macroscopique. L'activité antifongique décroît selon le type de fonction chimique : Phénol, alcools, aldéhyde, cétones, éthers, hydrocarbures.

Parmi les aldéhydes aliphatiques, le cinnamalaldéhyde s'est révélé le plus actif. En ce qui concerne les composés phénoliques, l'activité antifongique augmente avec l'encombrement stérique de la molécule (p-n-propylphénol, thymol, isoeugénol, eugénol) (ULTRE *et al.*, 2002).

L'addition de groupements alkyls au noyau benzène du phénol augmente le caractère antifongique. Par conséquent, un certain degré d'hydrophobicité des composés phénoliques ou aldéhydes aromatiques paraît donc requis pour exprimer une caractéristique antifongique optimale.

L'activité des terpènes des huiles essentielles est en corrélation avec leur fonction chimique. Les travaux de (CHAO *et al.*, 2000), ont montré l'importance de la spécification du genre et de l'espèce, ainsi que la variété de la plante d'où provient l'extrait.

II.17. Les huiles essentielles de *Curcuma longa*

II.17.1. Composition chimique

Les huiles essentielles de *Curcuma* fraîche est caractérisée par la présence majoritaire de cétones sesquiterpéniques avec ar-turmérone et des isomères représentant plus de 70% de la composition totale. On note ensuite la présence de quelques monoterpènes (alpha-phellandrène, limonène), de monoterpènes (1,8 cineole) (LEMESLE, 2007). Ils sont responsables du goût et de l'activité antibactérienne de la substance (FAIVRE, 2007).

Elle contient aussi des polyphénols dont la teneur dans la poudre est de 3 à 6% (WOLF, 2007). Ces molécules se caractérisent par la présence d'un noyau benzénique portant un ou plusieurs groupements hydroxyles (NGYEN *et al.*, 2007).

La curcumine [1,7-bis (4-hydroxy-3-méthoxyphenyl)- 1,6-heptadiène-3,5-dione] diferuloylméthane (C₁₂H₂₀O₆) est une molécule dérivée. C'est un composé phénolique naturel extrait du rhizome de *Curcuma*, couramment utilisé depuis des siècles comme épice jaune dans les produits cosmétiques dans la médecine chinoise (FAIVRE, 2007; BHARAT *et al.*, 2008; DEBYE *et al.*, 2008; HUNG *et al.*, 2008; SONG *et al.*, 2009).

Chimiquement, bien qu'elle contient 70 à 75% de diferuloylméthane, la curcumine est composée d'environ 17% et 3% de déméthoxycurcumine (DMC) et de bisdéméthoxycurcumine (BDMC) respectivement, connus sous le nom de curcuminoïdes. Ces derniers, ayant une structure voisine (figure), appartiennent à la famille des diarylheptanoïdes (PORTES, 2008).

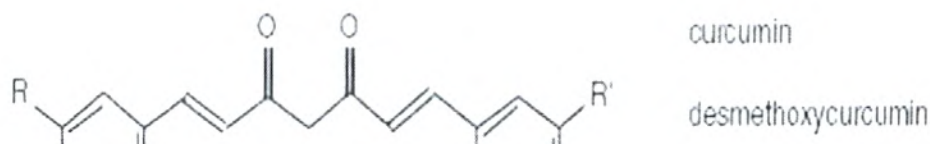


Figure 8: structure chimique de la curcumine (PORTES, 2008).

Outre ces constituants, le curcuma est composé de près de 6% de protéines, 5 à 10% de lipides (DIVAKARUNI, 2006) et des polysaccharides dérivés de l'arabinolactane facilitant l'absorption intestinale et jouant le rôle de «prébiotique» (FAIVRE, 2007).

II.17.2. L'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Curcuma longa*

La fraction huileuse de *Curcuma longa* et la curcumine suppriment la croissance de plusieurs bactéries comme *Streptococcus*, *Staphilococcus*, *Lactobacillus*... (CHATTOPADHYAY et al., 2004; ARAUJO et LEON, 2001).

L'extrait aqueux aurait des effets antibactériens, et la curcumine pourrait prévenir la croissance d'*Helicobacter pylori*, *in vitro* (CHATTOPADHYAY et al., 2004).

L'activité antibactérienne a été déterminée pour l'extrait de *curcuma* et la curcumine pure.

Aucun des échantillons n'a eu d'activité contre les bactéries gram négatives *E. Coli* et *Pseudomonas aeruginosa* (CIKRICI et al, 2008). Wessler a conclu au très fort pouvoir antibactérien de la curcumine face au germe gram négatif *Neisseira gonorrhoeae* (WESSLER et al, 2005).

Une modeste activité a été mesurée pour *S. aureus* et *E. feacalis*. Quelques signes positifs face à des mycobactéries non tuberculeuses, telles que *M. smegmatis*, *M. terrae*, *M. simiae*, *M. kansasii*, *M. szulgai* (CIKRICI et al., 2008).

II.17.3. L'activité antioxydante des huiles essentielles de *Curcuma longa*

CIKRICI et al., 2008 ont mesuré par la méthode CUPRAC (cupric reducing antioxidant capacity) l'activité d'échantillons d'extraits de curcuma ou de curcumine pure. Ils concluent que tous les extraits ainsi que la curcumine pure ont une très bonne activité antioxydante.

La curcumine est un des antioxydants les plus puissants; certains la disent 10 fois plus forte que la vitamine E (LUCIE, 2010).

Chapitre III

Chapitre III : la viande bovine

III.1. Définition de la viande

Le mot viande vient du latin « vianda » qui veut dire « ce qui sert à la vie » puisque les protéines qu'elle fournisse sont indispensables pour tout organisme vivant.

En technologie, la viande est le produit provenant de l'évolution post mortem du muscle strié. Elle est constituée de proportions variables en tissus musculaires, conjonctifs, tissus gras et tissus osseux.

La viande bovine est la viande de l'espèce *bos Taurus* (vache, taureau, veau, taurillon, génisse ou bœuf). Elle est plus couramment appelée « viande de bœuf », qui s'applique à la viande issue d'animaux de différents âges et aux deux sexes de cette espèce (vache, taureau, taurillon, génisse ou bœuf), à l'exception du veau, pour lequel on parle habituellement de viande de veau (CHEFTEL, 1980).

III.2. Production de la viande bovine

III-2.1. Production mondiale de viande

La production mondiale de viande bovine, a plus que quintuplé entre 1950 et 2000 et la croissance se poursuit depuis cette date à un rythme très soutenu.

Selon des projections de la **FAO(2008)** la production de viande pourrait à nouveau doubler entre 1950 et 2008 (**Tableau 01**)

Tableau 01 : production mondiale de viande en millions de tonnes (FAO, 2008).

1950	45
1961	71
1970	101
1980	137
1990	180
2000	234
2008	280

III.2.2. Consommation de la viande bovine par habitant dans le monde

En 2002, la consommation annuelle de viande par habitant atteignait 40 kg en moyenne dans le monde : 80 kg dans les pays développés et 30 kg dans les pays en développement. La progression de la consommation individuelle a été très forte au cours des dernières décennies, en particulier dans le groupe des pays en développement (FAO, 2002).

De nos jours, les niveaux de consommation les plus élevés se trouvent dans les pays développés et dans quelques grands pays producteurs d'Amérique latine (Argentine, Brésil). À l'autre extrême, la consommation de viande est basse dans les pays à faible revenu (8,8 kg) par habitant et par an en 2002.

La croissance globale de la consommation dans le groupe des pays en développement cache des évolutions très contrastées. C'est le groupe des pays à revenu intermédiaire qui voit la consommation progresser nettement, tandis que dans les pays d'Afrique subsaharienne, la consommation est plus basse en 2002 qu'elle ne l'était dans les années 1960. L'augmentation de la consommation annuelle de viande par habitant est spectaculaire dans de grandes puissances émergentes.

Dans les pays développés, à partir des années 1980 ou 1990, les évolutions du niveau de la consommation de viande par habitant sont le plus souvent relativement faibles et, selon les cas, on observe une augmentation ou une diminution. Pour l'ensemble des pays développés, la consommation annuelle de viande par habitant qui était de 79 kg en 1992,

baisse un peu les années suivantes pour remonter à 80 kg en 2002 (FAO, 2002). (Tableau 02).

Tableau 02 : la consommation moyenne de viande par an et par habitant en kg (FAO, 2002).

	Ensemble du monde	Pays en développement
1961	21.2	9.2
1970	24.8	11.3
1980	28.1	14.5
1990	31.2	18.8
2002	39.7	28.9

III-2.3 La production nationale

La production animale prend appui sur un cheptel en évolution progressive mais qui ne couvre que 25 à 35 % des besoins alimentaires de la population dont 80% pour la viande rouge. D'après la (FAO, 2005) la production algérienne totale en viande est de 601 mille tonnes en 2004 avec un indice de croissance de production annuel de 2% au cours de la période 2003-2004-2005. (Tableau 03).

Tableau 03: évolution de la production de viande en Algérie. (En milliers, poids carcasse) (FAO, 2005).

Années	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Total	501	527	527	550	595	503	559	601	609
Ovine	179	179	175	176	177	192	200	213	215
volaille	210	233	224	230	231	244	247	250	252
Bovine et autres	112	115	128	144	187	67	112	138	142

III-3 Composition globale de la viande bovine

La composition globale des muscles est variable entre animaux et chez un même animal, d'un muscle à l'autre. On peut toutefois retenir comme ordre de grandeur la composition suivante (Cheftel, 1980). (Tableau 04).

Tableau 04 : composition globale de la viande (Cheftel, 1980).

Eau	75-80%
Protéines	15-20%
Lipides	3%
Substance azotées non protéiques	1%
Glycogène	1%
Sels minéraux	1%

Les apports nutritionnels de la viande peuvent varier selon l'espèce, l'alimentation de l'animal, la pièce considérée (Bouchat et al., 2008). (Tableau 05).

Tableau 05 : composition globale de la viande bovine (Bouchat et al., 2008).

Protéines	26 à 31%
Lipides	2% morceau maigre à 9% morceau gras
Fer	Environ 2.5mg/100g pour la viande Environ 6mg/100g pour les abats
Zinc	Entre 2.5 et 7.0 mg pour 100g
Sélénium	10 à 14 µg/100g
Cholestérol	74.3mg/100g
Vitamine B12	Une importante quantité

III-3.1 Composition chimique du muscle squelettique

Le muscle comprend : les fibres, le tissu conjonctif qui l'entoure, les vaisseaux sanguins, les nerfs et le tissu lipidique. La myoglobine lui confère la couleur rouge et sert de réserve d'oxygène (Cheftel, 1980).

L'eau représente les $\frac{3}{4}$ du poids d'un muscle, c'est l'eau retenue par les protéines après la mort de l'animal. Les conditions de stockage ne devraient pas altérer ce pouvoir de rétention de l'eau afin de garder au muscle ses qualités organoleptiques et d'éviter des pertes de poids excessives.

Les protéines du muscle sont caractérisées par leur richesse en acides aminés indispensables, notamment en acides aminés soufrés, qui leur confèrent un intérêt particulier sur le plan nutritionnel, on distingue les :

a- protéines du stroma situées à l'extérieur des fibres musculaires et souvent qualifiées de protéines extracellulaires ; elles constituent l'essentiel du tissu conjonctif, les principales sont : le collagène, l'élastine.

b- les protéines intracellulaires situées à l'intérieur du fibre musculaire sont classées en deux sortes :

- les protéines sarcoplasmiques qui constituent l'ensemble des enzymes solubles du sarcoplasme, mitochondries, la myoglobine et hémoglobine.
- les protéines myofibrillaires dont les principales sont : la myosine, l'actine, la tropomyosine, la troponine, les protéines de strie Z (**Werner et al., 2010**).
(Tableau06)

Tableau 06 : les principales protéines musculaires le pourcentage(%) est exprimé par rapport aux protéines totales (**WERNER et al., 2010**)

Protéines myofibrillaires	[%]	Protéines sarcoplasmiques	[%]
Myosine (H et L-méromyosine)	29	Glycéraldéhyde-3-phosphate déshydrogénase	6.5
Actine	13	Aldolas	3.3
Connectine	3.7	Créatine kinase	2.7
Tropomyosine	3.2	Enzymes glycolytiques	12
Troponine C, I, T	3.2	Myoglobine	1.1
α - β	2.6	Hémoglobine (protéine extracellulaire)	3.3
- γ actinine	3.7	Total	29
Myoméline	2.1	<u>Tissus conjonctifs</u>	
Desmine	60.5		
Total		Collagène	5.2
		Elastine	0.3
		Cytochrome C, enzymes membranaires	5.0
		Total	10.5

III.4.Description du procédé d'abattage des bovins

III.4.1 L'abattoir

C'est le siège d'activités diverses dont le but principale est d'obtenir, à partir d'animaux vivants sains, des carcasses dont des conditions d'efficacité technique, sanitaire et économique, les meilleures possibles. Les autres parties de l'animal y sont traitées ou recueillies pour être valorisées et produire des viandes.

L'organisation d'un abattoir moderne répond prioritairement à un souci d'hygiène, la nécessité d'efficacité vient ensuite. Quelques principes concernant l'hygiène peuvent être considérés comme essentiels (FRAYSSE et DARRE, 1990).les plus important sont :

- Tout animal qu'on fait entrer à l'abattoir doit être abattu.
- Pas de contact entre les circuits d'animaux abattus et les animaux vivants.
- Mise en œuvre des règles d'hygiène au cours des différentes opérations.

III-4.2 L'abattage

C'est une opération fondamentale très influente sur l'avenir du produit et comporte six étapes:

▀ a-Repos et diète hydrique

L'animal emmené à l'abattoir ne doit pas être abattu immédiatement, il doit rester au moins 12 heures en repos avec une diète hydrique après le stress de transport (FRAYSSE et DARRE, 1990).

⚡ b-Inspection ante-mortem

Tous les animaux présents à l'abattage doivent être soumis, individuellement ou par lots, à une inspection ante-mortem effectuée par une personne compétente. L'inspection devrait vérifier que l'identification des animaux est correcte, de sorte que toutes conditions spéciales concernant leur lieu de production primaire, notamment les mesures relatives à la sante public et à la quarantaine animale, puissent être prises en considération lors de l'inspection ante-mortem (CAC/RCP, 2005).

Cet examen sanitaire permet de connaître les animaux qui sont atteints des maladies ou des lésions ou présentant des signes pathologiques pour être éliminés de la chaîne d'abattage (FRAYSSE et DARRE, 1990).

⚡ c-Saignée

Les règles de la religion islamique imposent que l'animal soit vivant à l'abattage et que la saignée doit être faite le plus humainement possible. La saignée se fait selon le culte musulman, sur un animal couché, avec sectionnement de la carotide et la veine jugulaire au couteau (FRAYSSE et DARRE, 1990).

⚡ d-Dépouillement

Opération qui consiste à enlever le cuir de l'animal dans les meilleures conditions pour une bonne présentation et bonne conservation des carcasses, ainsi que la récupération de la peau dans des conditions favorables pour la conservation de sa qualité. La liaison du cuir à la carcasse par des fibres conjonctives orientées cause un problème ; si le cuir est tiré dans le bon sens les fibres s'écartent facilement ; sinon, des parties musculaires et graisseuses sont arrachées en même temps. Cette opération est particulièrement délicate car le cuir est plus ou moins adhérent à la carcasse. Cette phase doit être effectuée par des professionnels qualifiés pour une bonne présentation de la carcasse (FRAYSSE et DARRE, 1990).

La tête, la mamelle, les membres postérieurs sont aussi enlevés ; c'est une phase critique pour la contamination de la carcasse à partir du cuir, donc elle doit être faite de façon très rigoureuse et rapide (FRAYSSE et DARRE, 1990).

⚡ e-L'éviscération

Elle consiste en l'ablation de tous les viscères abdominaux et thoraciques sur un animal suspendu obligatoirement, sauf les reins qui restent dans la carcasse. Le travail repose, à l'heure actuelle, sur l'habileté au couteau des ouvriers, car il faut couper les liens entre les viscères et la carcasse sans couper l'estomac ou les intestins. Chronologiquement l'opération commence par la fente de la paroi abdominale et de la symphyse pubienne, suivie du dégagement du rectum, l'estomac et les intestins qui se trouvent alors évacués à l'extérieur sur l'abdomen de l'animal, le sternum est ensuite fendu. L'ensemble cœur, poumon, est extrait de la cavité thoracique et suspendu avec la carcasse (FRAYSSE et DARRE, 1990).

↳ f-L'inspection post-mortem

Tous les corps d'animaux ,carcasses et autres parties concernées, devraient être soumis à une inspection post-mortem, elle devrait être effectuée aussi rapidement que possible après l'abattage des animaux .L'inspection devait prendre en compte toutes les informations pertinentes provenant de la production primaire et de l'inspection ante-mortem, telles que les informations issues des programmes officiels ou officiellement reconnues de maîtrise des dangers, ou encore les informations relatives aux animaux abattus considérés comme « suspects » (CAC/RCP,2005).

III-4.3 Abattages particuliers

↳ a-Abattage rituel

Les abattages rituels concernent les religions musulmane et juive. La saignée doit s'effectuer sur un animal en bonne santé, et pleinement conscient. L'égorgeage d'un animal sans étourdissement préalable rend nécessaire l'utilisation des pièges de contention adaptés à chaque espèce. la saignée est réalisée par un sacrificateur certifié par les autorités religieuses et administratives. La suite des opérations est identique aux abattages normaux (Cavalli, 2003).

↳ b-Abattage d'urgence

L'abattage d'urgence par cause d'accident est un abattage particulier qui se déroule en général pour les animaux souffrant dont la mort est proche. Ce type d'abattage concerne peu d'animaux. (CAVALLI, 2003).

III-5 Transformation de muscle à une viande

Au cours de la transformation du muscle en viande, ce dernier passe par trois phases différentes :

III-5.1 la phase de pante lance

Les muscles sont flasques, relâchés, élastiques et répressibles, ils sont mobilisables sur les axes osseux, la carcasse est agitée de frissons qui correspondent à des contractions musculaires spontanées non organisées provoquées par des excitations nerveuses qui ne durent pas plus de 20 à 30 minutes (FRAYSSE et DARRE, 1990).

III-5.2 Phases de rigidité cadavérique (Rigor-mortis)

Elle commence à s'installer lorsque le taux d'ATP atteint 50% du taux normal qui s'accompagne de l'épuisement des réserves en glycogène et donc la production d'acide qui fait baisser le pH pour atteindre les valeurs de 5.7 à 5.4 .les muscles sont solidement fixés à l'os et les membres sont très difficilement mobilisables (**FRAYSSE et DARRE, 1990**).

III-5.3 Phase de maturation :

Elle débute dès que l'état de rigidité cadavérique de la carcasse est installé. Au cours de cette longue phase, le muscle redevient : souple, mou, les membres de la carcasse peuvent être mobilisés comme lors de l'état de pante lance.

La maturation est due à l'évolution physico-chimique et biochimique des éléments intrinsèques du muscle et non à des éléments extérieurs tels que les microbes.

Des processus enzymatiques complexes dégradent la structure des fibres musculaires et participent au développement des qualités organoleptiques de la viande et plus particulièrement de la tendreté (**FRAYSSE et DARRE, 1990**).

III-6 Mécanismes de la maturation

Le muscle se transforme en viande grâce à la maturation ; il s'agit de la phase d'évolution post mortem au cours de laquelle la viande s'attendrit.

Après le rigor mortis, le muscle qui a perdu irréversiblement toutes les propriétés d'extensibilité et ne développe aucune tension, va progressivement se dégrader dans une suite de processus complexes au cours desquels s'élaborent en grande partie les divers facteurs qui conditionnent les qualités organoleptiques des viandes et en particuliers la tendreté (**LEVINE et al., 1991**).

S'agissant d'un processus enzymatique, la maturation de la viande est le résultat de l'action des diverses protéases dont l'intensité est modulée par des inhibiteurs et dépend des conditions de température, pH, et la concentration des ions. La maturation joue en effet un rôle considérable dans l'élaboration de la qualité des viandes bovines, alors que son importance est moindre dans le cas des viandes porcines et quasiment négligeables pour les viandes de poulet ou la chair des poissons (**OBLINGER et KOBURGER, 1984**).

III-7 Les Facteurs de la qualité des viandes

Tableau07: Les principaux facteurs de la qualité de la viande et des produits de viande (FRAYSS et DARRE, 1990).

Facteurs Sensoriels	Facteurs Nutritifs	Facteurs Hygiéniques et toxicologiques	Facteurs Technologiques
Couleur	Protéines	Micro-organismes	Structure
Flaveur	Peptides	Toxines	Texture
Gout	Acides aminés	Activité de l'eau	Consistance
Tendreté	Graisses	Potentiel redox	Viscosité
Jutosité	Acides gras	Additifs	Teneur en eau
PH	Minéraux	Résidus	pH
Teneur en graisse	Digestibilité	Contaminants	

III-8 Le rôle de la viande dans l'alimentation

La viande constitue une source importante de nutriments, sa composition chimique est assez constante (environ 75% d'eau, 19 à 20% des protéines, 1 à 6% des lipides, 1 à 2% des minéraux, et 1 à 2% des glucides). La quantité des lipides est variable selon l'animal et le morceau (JACOTOT et LEPARCO, 1999).

III-8.1 Apports nutritionnels

➤ a-Energie

La viande fournit une énergie variable selon sa teneur en lipides (apportant 9 kcal/g), les protéines apportent 4 kcal/g (Tableau08).

Tableau08 : Quantité d'énergie dans un morceau de bœuf (CIV, 1996).

Faux filet de bœuf grillé	
Energie (kJ/100g)	700
Protéines (g/100g)	28.1
Lipides (g/100g)	6.0

➤ b- les protéines

Les protéines sont, par excellence, les molécules actives de l'organisme. Chacune remplit une fonction, qu'elle soit de structure, de stockage de l'information, de transport, de signal, de mouvement, de défense, de catalyse etc (MEDART, 2005).

La viande est avant tout une source importante de protéines, riche, équilibrée en acides aminés indispensables (CIV, 1996), sa valeur nutritionnelle dépend de sa capacité à fournir des acides aminés de ses protéines. Ces derniers ont une teneur élevée en lysine (9.1g pour 100g de protéines) et faible en acides aminés soufrés (MOUROT, 2006). Les protéines d'origine animale sont plus digestibles (95% à 98%) que les protéines d'origine végétale (75% à 95%). Elles représentent 65% des protéines alimentaires, dont 50% proviennent des viandes et produits carnés, 35% des produits laitiers, 8% des poissons et fruits de mer et 6% des œufs (MOUROT, 2006).

De plus, ces protéines ont un effet important, ce qui permet d'une part, de limiter les grignotages et d'autre part, de contribuer à l'équilibre nutritionnel en assurant une meilleure répartition des repas (CIV, 1996).

La viande contient entre 22 et 34 g de protéines par 100g de viande (tableau09).

Tableau09 : La concentration des protéines dans des morceaux de la viande de bœuf (CIV, 1996).

Morceaux	Entrecôte grillée	Rumsteck grillé	Faux-filet rôti	Collier braisé	Plat de côtes bouilli
Protéines (g/100g)	22	25	23	33	29

➤ c- Les lipides

Les lipides sont impliqués dans de nombreux aspects de la qualité de la viande et des produits carnés. Ils déterminent, en partie, leur valeur nutritionnelle en apportant de l'énergie, des acides gras polyinsaturés, du cholestérol et des vitamines liposolubles. Ils sont très largement impliqués dans le déterminisme des qualités organoleptiques des viandes. Si la teneur en lipides des viandes influence leur jutosité, leur tendreté et leur couleur, c'est sur la saveur, et plus précisément sur l'arôme, que les lipides ont le plus d'influence (GANDEMER, 1997).

L'arôme est un facteur essentiel de l'acceptabilité de la viande parce qu'il conditionne souvent le jugement avant même l'acte de consommation (**GANDEMER, 1997**). La teneur en lipides intramusculaires est favorable au goût de la viande, critère recherché par le consommateur. En effet, la flaveur de la viande augmente lorsque la teneur en lipides intramusculaires s'accroît jusqu'à 4-5% (**HOCQETTE, 2002**).

La teneur en lipides est variable selon les morceaux et non pas selon l'espèce (**CIV, 1996**), elle est plus élevée après cuisson que dans les morceaux crus en raison de la matière grasse rajoutée pour la cuisson. De plus, le rapport Protéines/Lipides est élevé dans la viande bovine (de 2 à 12) par rapport aux œufs et au fromage pourtant riches en protéines avec un rapport moins de 1.5 (**HOCQETTE, 2004**).

La qualité des graisses données en nourriture animale détermine fondamentalement la valeur nutritionnelle des aliments qui en sont dérivés, pour la consommation humaine. La nature des acides gras des triglycérides de réserve (trouvés en quantité plus ou moins importante selon les localisations anatomiques c'est-à-dire les morceaux de boucherie) peut varier notablement en fonction de la nourriture reçue par les animaux (**BOURRE, 2003**).

Les acides gras polyinsaturés oméga-3(ω 3) bénéficient de deux grands axes de valorisation. Le premier réside dans leur importance quantitative et leurs rôles dans le maintien de divers organes, le cerveau au premier chef, Le second se trouve dans la prévention de divers pathologies, les maladies cardiovasculaires (**BOURRE, 2003**).

+ d-les minéraux

La viande des bovins en particulier, est également une source du fer héminique (3mg/100g), trois (3) fois plus importante que la viande de poulet (1.3mg/100g), le fer étant 5 à 6 fois mieux absorbé (20 à 25%) que le fer non héminique des végétaux. Le fer est utilisé dans la synthèse de l'hémoglobine jouant ainsi différents rôles : fonction oxyphorique (transport d'oxygène), transfert d'oxygène sur la myoglobine du muscle, respiration cellulaire... (**MEDART, 2005**).

La viande est aussi un aliment fondamental pour assurer un statut adéquat en zinc et en sélénium (**CIV, 1996**), (**Tableau10**). Constituant d'enzymes et intervenant dans la biosynthèse de certaines hormones.

Tableau 10 : Teneurs en principaux minéraux dans des morceaux de la viande de bœuf (CIV, 1996).

Morceaux	Entrecôte grillée	Rumsteck grillé	Faux-filet rôti	Collier braisé	Plat de côtes bouilli
Fer (mg)	2.6	2.9	1.9	4.5	3.6
Zinc (mg)	5.4	4.2	3.3	9.3	9.7
Sélénium (µg)	3.4	4.6	3.3	5.9	4

➤ e-les vitamines

La viande des ruminants est une source importante de vitamines du groupe B (B1, B2, B6, B12)), (**Tableau 11**) en particulier les vitamines B6 et B12, pratiquement absentes des produits végétaux, mais synthétisées par les microorganismes du tube digestif du ruminant(**FAVIER et al., 1995**).

Ces deux vitamines jouent un rôle préventif dans le développement des maladies cardiovasculaires (**MEDART, 2005**).

Tableau 11: Teneurs en vitamines des morceaux de la viande de bœuf (CIV, 1996).

Morceaux	Entrecôte grillée	Rumsteck grillé	Faux-filet rôti	Collier braisé	Plat de côtes bouilli
B1 (mg)	0.07	0.1	0.04	0.04	0.03
PP (mg)	6.2	7.3	5.9	3.9	2.6
B5 (mg)	1.4	1.5	0.3	1.2	1.0
B6 (mg)	0.4	0.6	0.3	0.3	0.2
B12 (µg)	1.4	1.5	0.5	1.9	1.8
E (mg)	0.6	0.4	0.2	0.6	0.77

III-8.2 Aspect diététique

Les lipides ont un rôle énergétique (en tant que fournisseurs d'énergie et réserve de celle-ci), structurel (en tant que constituants des membranes cellulaires) et fonctionnel (en tant que précurseurs des prostaglandines et modulateurs de l'expression des gènes) (**MEDART, 2005**).

La quantité et la nature des lipides déposés dans les muscles dépendent en grande partie, non seulement des apports alimentaires, mais aussi de la digestion, de l'absorption intestinale, du métabolisme hépatique et des systèmes de transport des lipides jusqu'au muscle. Chez le ruminant après sevrage, une forte proportion des acides gras insaturés (AGI) de leur ration

alimentaire est hydrogénée dans le rumen de sorte que les lipides intermusculaires des bovins et des ovins sont beaucoup moins insaturés que ceux des porcs et des volailles (HOCQUETTE et BAUCHART, 1999). Ainsi les lipides des muscles de bœuf sont constitués de 43% d'acides gras saturés (AGS) et 57% d'acides gras insaturés (AGI) (Tableau 12).

Tableau 12: Composition d'acide gras en % pour 100g de viande crue (CIV, 1996).

Acides gras saturés(AGS)	43
Acides gras mono insaturés (AGMI)	48
Acides gras polyinsaturés (AGPI)	9

III-9 Les indices de la qualité microbiologique de la viande bovine

Pour maîtriser la qualité microbiologique d'un produit, il est impératif de connaître les indicateurs de qualité. L'incidence et le nombre des *Enterobacteriaceas* sur la viande sont de bons indicateurs de l'hygiène et de la qualité, notamment en ce qui concerne la contamination d'origine fécale (ROTHENBERG, 1982)(Tableau 13).

Tableau 13: les germes rencontrés chez les bovins (ROTHENBERG, 1982).

Les germes dominants	Germes sous dominants	Germes rares
<i>Pseudomonas</i>	<i>Bacillus</i>	<i>Chromobacterium</i>
<i>Acinetobacter</i>	<i>Alcaligenes</i>	<i>Alteromonas</i>
<i>Micrococcaceae</i>	<i>Streptococcus</i>	<i>Pediococcus</i>
<i>Entérobactéries</i>	<i>Aeromonas</i>	<i>Leuconostoc</i>
<i>Flavobacterium</i>	<i>Corynebacterium</i>	<i>Kurthia</i>
<i>Microbacterium</i>	<i>Arthrobacter</i>	
<i>Lactobacillus</i>	<i>Clostridium</i>	

III-9.1 Flore mésophile

Cette flore indique le degré de la contamination bactérienne globale des viandes ; ces germes sont en relation étroite avec les bonnes pratiques de fabrication et de salubrité du produit. Le dénombrement de la flore mésophile totale reste la meilleur méthode d'appréciation de la qualité microbiologique d'un aliment (BOURGEOIS, 1980).

Selon **Tomas, (1974)**, un aliment dont la flore mésophile est trop nombreuse (10^6 - 10^5 germes) est considérée comme impropre à la consommation. Une concentration élevée (10^6 à 10^8 germes/gr) indique que le processus d'altération s'est engagé (**BOURGEOIS et CLERERET, 1980**).

III-9.2 les Staphylocoques

Leur recherche est toujours nécessaire, ce sont des germes pathogènes et leur présence dans la viande indique une contamination postérieure à l'abattage, due à la mauvaise mesure d'hygiène (**BECEL, 1992**). Ce sont des germes ubiquistes que l'on trouve aussi bien sur la peau des animaux que chez l'homme (au niveau des muqueuses, du rhino-pharynx, des plaies, et les abcès, etc...). Les aliments incriminés dans les toxi-infections alimentaires collectifs à *staphylococcus aureus*, sont essentiellement des aliments manipulés par l'homme. Ce sont des germes thermosensibles, détruits à 60°C (**DENNAI et al., 2001**).

Les symptômes d'une toxi-infection- alimentaire (TIA) à staphylocoques interviennent rapidement 2 à 4 heures après ingestion d'aliment contaminés. Les manifestations sont des vomissements, diarrhées abondante et autres troubles digestif (**ITAVI, 2008**).

III-9.3 Les coliformes et les coliformes fécaux

Les entérobactéries indicatrices des contaminations les plus importantes sont les coliformes et les coliformes fécaux. Etant considéré comme indice de contamination fécale, leur mise en évidence permet d'évaluer les pratiques ou non de l'hygiène. Dans ce groupe on s'intéresse surtout à la valeur d'*E. Coli* qui monopolise la plus grande spécificité (**BOUSSATTA, 1992**).

↓ *Escherichia coli* O157 H7:

C'est une Bactérie à Gram négatif, anaérobie facultatif. Ce germe est bien connu comme étant l'agent des maladies transmissibles par les aliments. Il n'existe cependant pas des techniques et des tests de pathogénicité standardisés. Les trois facteurs de virulence distinctes de ce sérotype de *E. coli* sont la production des cytotoxiques : toxines de type Shiga (I et II), l'hémolysine, Le sérotype O157 H7 provoque une colite hémorragique sévère .ils 'agit de colites ischémiques aiguës pouvant s'accompagner du syndrome hémolytique urémique. (**PATRICK et al., 2005**).*E. coli* O157: H7 peut causer hémorragie colite,

syndrome hémolytique et urémique, et thrombocytopénique purpura, et peut conduire à la mort (KARMALI, 1989). Depuis sa première identification en 1982, *E. coli* O157: H7 a été isolé dans de nombreuses épidémies alimentaires transmises à travers le monde.

III-9.4 *Clostridium sulfito-réductrice*

Considéré comme germe de test pour l'appréciation de la qualité hygiénique des denrées alimentaires d'origine animale (BILLO, 1980). Ces germes sont caractérisés par leur aptitude à réduire les sulfites en présence d'un donneur d' H_2 pour former du H_2S .

Selon Poumeyrol (1988), une qualité détectable de toxine se trouve dans les aliments, si le nombre de *Clostridium* atteint 10^6 spores par grammes et ceci peut entraîner des toxico-infections alimentaires.

III-9.5 Salmonelles

Depuis de nombreuses années, *Salmonella* constitue la cause majeure des infections du tractus digestif humain, liées à la consommation de denrées alimentaires d'origine animales. (VAN IMMERSEEL et al., 2005). Leur recherche et leur identification, nous renseignent aussi sur l'état d'hygiène des denrées alimentaires. Les salmonelles sont aussi des indicateurs de contaminations fécales, ce qui explique leur présence dans le tube digestif (GLEDEL, 1980).

III-9.6 Contamination de la viande par les micro-organismes pathogènes

Les bactéries comme les levures et moisissures jouent un rôle significatif dans la contamination des aliments composés d'hydrates de carbone, des protéines et des graisses, facilement utilisables. Ces substances constituent un environnement idéal pour la multiplication des microorganismes pouvant provoquer des maladies chez leurs hôtes et sont donc considérés comme pathogènes (MIKOU, 1994).

Parmi les germes pathogènes de la viande on trouve : *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Clostridium Botulinum*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* entérotoxique, *Escherichia coli* enterohémorragique. (LARPENT, 1992).

Dans les conditions normales, les muscles des animaux ne contiennent pas des microorganismes en raison de l'activité bactéricide du sang et des tissus, exception faite de quelques types de *Clostridium* en petit nombre qui résistent à cette activité bactéricide (GYLES, 1993). C'est seulement dans le cas des maladies infectieuses qu'ils peuvent en héberger. La viande est contaminée au cours des différentes phases de la chaîne d'abattage, des opérations d'éviscération, de découpe, etc.... (ADESIYUN et OYINDASOLA, 1989).

La présence des microorganismes est due à plusieurs causes :

- L'animal était abattu malade.
- La viande a été contaminée par les bactéries intestinales lors de l'abattage.
- L'abattage, la conservation, ou la préparation ont été réalisés sans respect des règles élémentaires d'hygiène.

Il existe d'autres facteurs supposés influencer le nombre et le type des microorganismes contaminant la viande (ADESIYUN et OYINDASOLA, 1989) :

- L'âge de l'animal.
- Le type de la ration alimentaire, et prise en charge sanitaire.
- La méthode d'abattage.
- Les conditions de conservation.

La contamination de la viande lors de l'abattage et de traitement des carcasses représentent un risque majeur d'infection d'origine alimentaire. Chez les humains, la plupart des agents pathogènes en cause, c'est-à-dire, les plus dominants comme *E. coli*, *Salmonella*, et *Campylobacter* sont transportés dans le cuir des bovins. (ADESIYUN et OYINDASOLA, 1989).

‡ a-Campylobacter

Les toxi-infections d'origine alimentaire à la bactérie *Campylobacter* constituent une des causes les plus fréquentes de maladies intestinales d'origine bactérienne chez l'homme (THORNS, 2000). Parmi les sources de contamination, on peut citer l'ingestion de viande crue ou insuffisamment cuite (REFREGIER-PETTON et al., 2001).

III-10 Les origines de la contamination

Deux cas sont envisageables :

III-10.1 Origines endogènes

↳ a- Flores commensales

Elle est d'origine intestinale, ce sont des bactéries anaérobies (*Clostridium*), aéro-anaérobies (entérobactérie) ou micro-érophiles (*Entérocoques*, *Campylobacter*) qui peuvent contaminer la chair musculaire à l'occasion de l'éviscération de l'animal et ou de sa découpe et aussi le fait du passage des bactéries intestinales dans le sang. Cette flore est relativement fréquente chez le bœuf et peut être dans certaines circonstances très présentes dans la chair (**LEYRAL, 2001**).

↳ b-La flore du tube digestif de l'animal

Le contenu du tube digestif de l'animal peut être à l'origine d'une contamination bactérienne, cette flore qui est estimée à 10^{10} UFC /gramme du contenu (**LEYRAL, 2001**). La contamination des carcasses et de l'environnement par *E. Coli* à partir du contenu intestinale lors de l'abattage des bovins est l'un des plus importants facteurs de risque de transmission à l'homme.

La présence, à des densités variables, d'agents pathogènes dans le contenu gastro-intestinal semble également avoir un effet significatif sur les niveaux de contamination des carcasses bovines (**HAYDADI, 1997**).

↳ c-La flore de la peau

La peau est généralement souillée, elle peut contenir jusqu'à 10^5 à 10^7 germes par cm^2 selon **SIERRA et al., (1989)**

La contamination des carcasses est importante pendant le dépouillement et au cours des opérations d'abattage, et est généralement plus grande lorsque les animaux sont sales plutôt que ceux nettoyés au moment de l'abattage. Le degré de contamination de la peau a une incidence sur le degré de contamination ultérieure de la carcasse ; ce qui peut affecter la qualité microbiologique de la carcasse (**QUILICHINI et al., 1987**).

III-10.2 Origines exogènes

Les hygiénistes de la filière savent que les contaminations s'opèrent par contact entre ce qui est contaminé et ce qui ne l'est pas encore (CARTIER, 1993).

Tout contact des carcasses ou des viandes avec les murs et les sols des environnements de fabrication est catastrophique par rapport au plan de la charge microbienne apportée aux produits à l'abattage, puis lors de la découpe la contamination par les microorganismes peuplant le cuir des animaux et ceux présents dans l'air ou sur l'outillage sont difficilement évitables. La flore bactérienne présente sur la surface de la carcasse, se situe en moyenne entre 10^3 - 10^4 /cm² parmi ; les germes isolés ; nous citons : *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Lactobacillus*, *Brochothrix* des Entérobactéries (*Klebsiella*, *Yersinia*), *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Vibrio*, *Aeromonas* mais aussi les levures et moisissures (LEYRAL, 2001).

✚ a-La flore du sol

Le sol est pourvu en microorganisme de façon abondante, le sol contient des bactéries, des champignons, algues microscopiques, un gramme de terre prélevé à la surface d'un champ contient deux milliards de bactéries parmi les groupes de bactéries présentes : *Pseudomonas*, *Actinomycetes*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Clostridium*, *Bacillus* et *Micrococcus*(LEYRAL, 2001).

✚ b-La flore de l'eau

L'eau est une source de contamination importante. L'eau naturelle traitée ou non, n'est jamais stérile, quand elle provient de nappes profondes, bien protégées, contient quelques bactéries psychotropes et oligotrophes d'origine tellurique (LECLERC et al., 1977).

✚ c--La flore de l'air

L'air représente un transit pour les bactéries, mais ces derniers ne peuvent ni s'y multiplier ni s'y installer, donc la composition de l'air en microorganismes dépend de la salle et de l'activité qui s'y est exercée (LEYRAL, 2001).

↓ d-Les locaux

Différents auteurs s'accordent à dire que les carcasses à l'abattoir subissent toutes à des degrés divers, une contamination superficielle plus ou moins importante en fonction des conditions d'hygiène des locaux (MORRIS, 1996).

Selon Jouve (1990), 80% à 90% de la microflore des viandes parvenant au consommateur résulte des contaminations survenant à l'abattoir.

↓ e-Matériels de travail

Les surfaces poreuses en particulier, outils, machines, sol, murs ; le matériel utilisé pour l'abattage peuvent entraîner en profondeur les germes de la peau (BOURGEOIS *et al.*, 1996).

Les couteaux, les mains, et les habits des travailleurs, les scies, les convoyeurs, le lavage de la carcasse sont également des sources importantes de contamination ; les planches et les murs sont aussi des sources d'inoculum (LARPENT, 1992).

Le matériel qui entre en contact avec la viande est une source potentielle de contamination, il doit être régulièrement nettoyé et désinfecté (MORRIS, 1996).

↓ f-Manipulateurs

L'homme représente une source de contamination des carcasses non négligeable, il peut souiller les aliments par sa peau, ses cheveux, ses vêtements, etc... (LECLERC *et al.*, 1977).

III-11 Alteration des viandes

III-11.1 Les facteurs d'altération microbienne de la viande

Par sa composition chimique, la viande représente toujours un milieu privilégié pour la contamination microbienne, il va dépendre des facteurs intrinsèques et extrinsèques que la prolifération soit rendue possible ou non (LETOUZE *et al.*, 1986).

↓ a- Les facteurs intrinsèques

✓ Le pH

La viande en raison de son pH situe entre 5.5 et 5.6 constitue un milieu très favorable à la croissance des bactéries (KARIB, 1995), de tels aliments sont donc souvent dégradés par les bactéries, ces dernières sont souvent inhibées à des pH acides (environ 4.0) (ROSSET, 1982).

✓ Le potentiel d'oxydo-réduction

En fonction du pouvoir d'oxydo-réduction de la viande quatre types de microorganismes sont définis : aérobies qui ne se multiplient qu'en présence d'oxygène ou dans des milieux ayant un fort pouvoir oxydatif, des anaérobies qui ne se développent qu'en absence totale d'oxygène où existent des milieux réducteurs ; entre ces deux extrêmes, se trouvent des microorganismes capables de bien se développer en présence d'oxygène des anaérobies facultatif (DETERVILLE, 1980).

⚡ b-les facteurs extrinsèques

✓ L'humidité ambiante

Une atmosphère trop humide favorise le développement intense d'une microflore de surface (GYANG, 1984) (tableau14).

Tableau 14 : les valeurs minimum d'activité d'eau (Aw) pour quelques microorganismes (Gyang, 1984).

Souches	les valeurs minimum (Aw)
<i>Pseudomonas</i>	0.97
<i>Achromobacter</i>	0.96
<i>Escherichia coli</i>	0.96
<i>Bacillus subtilis</i>	0.95
<i>Enterobacter aérogènes</i>	0.95
<i>Clostridium botulinum</i>	0.95
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.95
Levures	0.88-0.96

✓ La température

Le maintien continu de la viande dès l'abattage à des températures voisines le plus possible de 0°C limite la multiplication des germes d'altérations (MEYER, 1994).

➤ III-11.2 les différents types d'altérations de la viande

✚ a-Altération superficielle

Elle se traduit par l'apparition d'une couche visqueuse, accompagnée d'une odeur nauséabonde, les agents de cette putréfaction appartiennent aux genres *Pseudomonas* et *achromobacter*, sont des psychrotrophes et la contamination peut se développer même au froid. Il y a également des altérations superficielles causées par d'autres bactéries telles que : *Micrococcus*, *Lactobacillus*, des levures ou des moisissures (BOURGEOIS, 1980).

✚ b-Altération profonde

La putréfaction profonde s'installe dans les masses musculaires internes des carcasses des viandes, ce type d'altération est traduit par l'apparition d'une couleur anormale (grise ou verdâtres) avec un dégagement d'une odeur très désagréable due au développement des bactéries protéolytiques strictement anaérobies telles que les *Clostridium* (BOURGEOIS, 1980).

III-12 Les risques sanitaires

Pour la plupart des altérations, les microorganismes contaminant l'aliment ainsi que leurs produits métaboliques ne constituent pas un réel danger pour la santé du consommateur. Cependant certaines espèces bactériennes comme : les salmonelles, *Shigella*, *Yersinia*, *Campylobacter*, sont entéro-pathogènes pour l'homme, en se développant sur l'aliment, elles peuvent être à l'origine d'intoxication. D'autres espèces tels que : *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, produisent des toxines très actives (GYANG, 1984).

➤ III-12.1 Intoxication alimentaire

Due à des toxines préformées dans les aliments lors de la croissance bactérienne, nous citons deux exemples (GYANG, 1984):

- Intoxication due aux toxines de *Staphylocoques aureus* pathogènes genre aérobie facultatif non sporulé.

- Le botulisme dû aux toxines de *Clostridium botulinum* genre anaérobie strict sporulé.

➤ III-12.2 Toxi-infection alimentaire

Ce sont des intoxications causées par les agents pathogènes présents le plus souvent en grand nombre dans les aliments, c'est le cas des gastro-entérites aiguës à *Salmonella* et *Shigella* (JOUVE, 1990).

III-12.3 Intoxication de type histaminique

Ce sont des intoxications provoquées par l'ingestion des aliments contenant des amines de décarboxylation (histamine à partir de l'histidine, tyramine à partir de la tyrosine) produites par l'action purifiante des microorganismes (ROSSET, 1984).

III-12.4 Empoisonnement alimentaire

Le terme « empoisonnement alimentaire » s'applique aux gastro-entérites aiguës provoquées par l'ingestion d'aliments contaminés par certains germes pathogènes et / ou par des toxines, et convient aussi aux cas de botulisme dû à la nourriture (PALUMBO, 1986) (Tableau15).

Tableau15: quelques types de germes et leurs risques sanitaires (PALUMBO, 1986).

Germes	Durée d'incubation	Symptômes
Germe totaux	-	-
<i>Clostridium</i>	9 à 15 heures	Diarrhée non fébrile
<i>Staphylocoques</i>	2 à 4 heures	Diarrhée liquide
<i>E. Coli</i>	-	Diarrhée hémorragique
<i>Salmonelles</i>	12 à 36 heures	Diarrhée fébrile , vomissement
<i>Shigella</i>	1 s à 3 jours	Diarrhée sanglante

III-13 Les procédés de conservation de la viande bovine

➤ III-13.1 les techniques de conservation par le froid

L'utilisation du froid pour la conservation des aliments est sans conteste la technique la plus répandue car Les basses températures retardent le développement des micro-organismes,

les réactions chimiques et enzymatiques qui entraînent la détérioration du produit. Les enzymes et les réactions chimiques sont considérablement ralenties à des températures basses (<5°C), alors que la majorité des microorganismes ne sont plus capables d'avoir une activité métabolique à des températures inférieures à (-5°C). Certains, tels que les bactéries coliformes, sont même inactives. On distingue deux procédés qui utilisent cette technique, la réfrigération et la congélation (**Romain, 2006**).

‡ La réfrigération

Elle consiste à entreposer les aliments à une température basse, proche du point de congélation, mais toujours positive par rapport à celui-ci. Généralement, la T° de réfrigération se situe aux alentours de 0°C. A ces températures, la vitesse de développement des microorganismes contenus dans les aliments est ralentie.

La réfrigération est utilisée pour la conservation des aliments périssables à court et moyen terme. La durée de conservation va de quelques jours à plusieurs semaines suivant le produit, la température, l'humidité relative et le type de conditionnement (**ROMAIN, 2006**).

‡ La congélation

Elle consiste à entreposer les aliments à des températures inférieures au point de congélation, généralement -18°C. Elle est utilisée pour la conservation des aliments à long terme (4 à 24 mois). Pendant la congélation, l'activité métabolique de la plupart des germes pathogènes et d'altération est inhibée. Cependant, les réactions d'altération chimique ne sont pas arrêtées complètement. Les plus importantes de ces réactions sont : l'oxydation enzymatique des lipides, l'hydrolyse des glucides et la lipolyse (**ROMAIN, 2006**).

III-13.2. Les techniques de conservation chimique

Les méthodes chimiques sont avant tout proposées pour la lutte contre les bactéries pathogènes, mais elles ont néanmoins une efficacité démontrée sur la flore d'altération (**BOURGEOIS et LARPENT, 1996**).

‡ Le chlore

Le chlore (Cl₂) dissout dans l'eau donne l'acide hypochloreux (HOCL) qui a une action bactéricide, il est efficace dans la réduction de la flore superficielle de la viande sans entraîner

des changements organoleptiques à des concentrations de 200 à 250 mg/litre sous pression et débit élevé (BOURGEOIS et LARPENT, 1996).

⚡ Peroxyde de chlore

Le peroxyde de chlore a une action bactéricide élevée, il est moins coûteux et moins corrosif pour l'équipement (BOURGEOIS et LARPENT, 1996).

⚡ Acides organiques

Vu la relation qui existe entre le pH et la croissance microbienne et que certains pH sont défavorables à cette dernière, ceci conduit à l'utilisation d'acide organique pour acidifier la viande en vue de sa conservation (BOURGEOIS et LARPENT, 1996).

Les acides organiques utilisés sont : l'acide lactique, l'acide acétique, l'acide succinique, l'acide iodo-acétique et l'acide chloro-acétique qui présentent tous l'inconvénient d'altérer la couleur superficielle de la viande. Le choix de leur utilisation est en fonction d'un compromis entre le niveau bactériologique souhaité et l'obtention d'une couleur satisfaisante (BOURGEOIS et LARPENT, 1996).

L'acide acétique et l'acide lactique permettent de réduire la contamination en salmonelles des carcasses d'agneau, l'acide acétique à pH 2.5 donne une réduction de 90% sur la carcasse de porc, une solution à 3% d'acide lactique à 70°C permet une meilleure réduction pour le muscle de bœuf, l'acide acétique (4-5%) apparaît être le plus intéressant pour prolonger la durée de vie des viandes fraîches bovines (LARPENT, 1992).

➤ III-13.3 Traitements divers

⚡ Eau chaude (pasteurisation par échaudage)

La pasteurisation par l'eau chaude s'effectue soit par immersion (volatiles ou morceaux de viande) soit par vaporisation pour les carcasses de gros animaux, l'eau utilisée est en générale à 80 - 90°C sous 3 à 7 kg/cm². La ventilation, dépoussiérage et aspiration tout en appliquant l'eau chaude et /ou à la vapeur sont tous des traitements utilisés dans le commerce et qui sont efficaces pour éliminer la contamination visible des carcasses. L'immersion dans l'eau à 80°C pendant 10 secondes de l'ensemble des carcasses de bœuf prises à la fin de la chaîne d'abattage dans un abattoir, détruit 99% de la contamination des organismes coliformes et 96% du nombre totale de bactéries aérobies initialement présentes sur la surface des tissus(BOURGEOIS et LARPENT, 1996).

‡ La vapeur d'eau

La vapeur d'eau entraîne malheureusement un plissement de la peau, un brunissement dans les vaisseaux sanguins dans les régions traitées et une légère décoloration jaune après traitement (LARPENT, 1992).

‡ La conservation par les huiles essentielles

Les huiles essentielles (HE) ont de nombreux effets biologiques : antibactérien sans développement de phénomène de résistance, antioxydant activateur du système immunitaire, stimulateur des processus de digestion.

L'activité antimicrobienne d'huiles essentielles a été montrée *in vitro* par de nombreuses études, principalement contre des bactéries pathogènes telles que *Clostridium perfringens*, *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes*, et *Yersinia enterocolitica* (FABIO et al., 2003). L'étude de l'effet de ces HE sur des bactéries bénéfiques est relativement rare (LEE et AHN, 1998).

Partie II
Etude Expérimentale



Chapitre IV

CHAPITRE IV : MATERIELS ET METHODES

IV.1. Matériel végétal

Les rhizomes séchés de *curcuma longa* sont collectés d'un seul épicier de la région de Tlemcen (un seul échantillon).

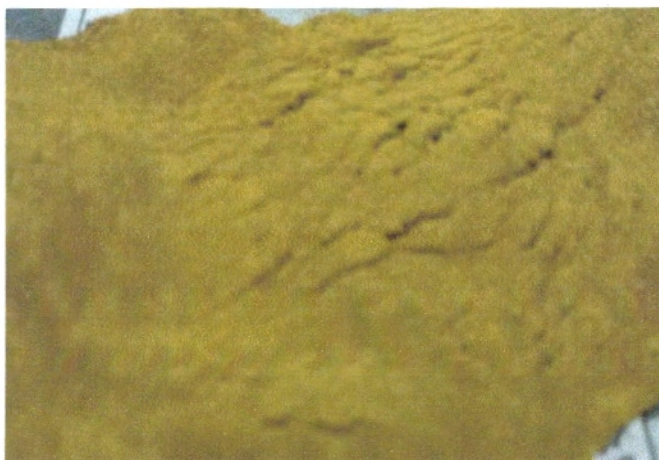


Figure 09 : *curcuma longa*

IV.2. Méthode

IV.2.1 .Préparation des extraits

On a suivi une méthode pour extraire les huiles essentielles de *curcuma longa* est celle d'hydrodistillation.

- **Extraction par hydrodistillation**

L'extraction des huiles essentielles a été effectuée par hydrodistillation dans un appareil de type clevenger (**clevenger ,1928**)





Figure 10 : le montage d'hydrodistillation employé pour l'extraction des huiles essentielles

Photo personnelle

La poudre de plante sèche 50 g (**Fig. 09**) est mise en contact avec 500 ml de l'eau distillé dans un ballon 1000 ml d'une extraction au laboratoire. Le tout est ensuite porté à ébullition ; pendant trois heures après l'apparition de la première goutte de distillat .les vapeurs sont condensés dans un réfrigérant se condensent dans une burette graduée (**Fig. 10**).

Après décantation, l'huile essentielle se sépare de l'eau par différence de densité dans un flacon.

L'huile est conservée dans flacon en verre fermé hermétiquement de l'abri de la lumière à une température entre 4et 6 °C.

❖ Remarque

Le rendement des huiles essentielles est défini comme étant le rapport entre la masse d'HE obtenue et la masse sèche du matériel végétal à traiter.

(CARRE, 1953.In : BEKHCHI, 2002)

$$R^{mt} \% = m_1 \cdot 100 / m_0$$

R^{mt} : rendement en huiles essentielles exprimé en pourcentage (%) ;

M_1 : masse en (g) d'HE ;

M_0 : masse en (g) de la matière végétale traitée ;

IV.3-l'activité antibactérienne

- **Microorganisme utilisé**

La souche *E. coli* 0157 :H7 a été fournie par le laboratoire de Microbiologie Appliquée à l'Agroalimentaire au biomédicale et à l'Environnement (LAMAABE) de la faculté des SNV/ATU, université Abou Bakr Belkaid Tlemcen. *E. coli* O157 :H7 a été choisie pour sa fréquence élevée dans la contamination, et sa pathogénicité surtout pour la viande bovine.

- **Préparation des milieux de culture :**

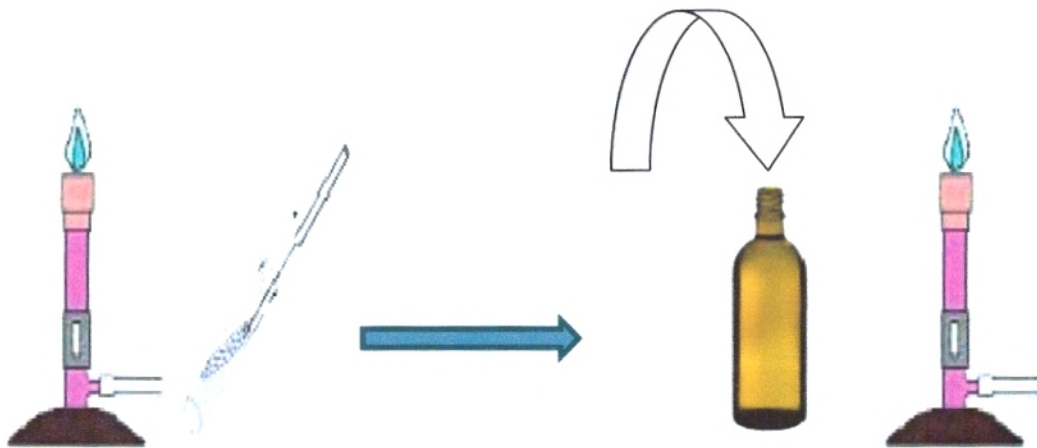
Les différents milieux de culture utilisés pour la bactérie sont bouillon cœur-cerveille (BHIB), Mueller Hinton (MH).

- **Choix de la viande**

Notre choix s'est porté sur la viande bovine. Les échantillons sont prélevés directement de l'abattoir situé à la ville de Remchi, Wilaya de Tlemcen une heure après l'abattage. Les prélèvements ont été faits la matinée du 02/06/2014. un morceau de gigot de veau sont placés dans des sachets stériles et transportés au laboratoire dans une glacière. L'échantillon sont mis au réfrigérateur jusqu'au moment d'analyse opérée le même jour.

- **La révifiation**

Pour la revivification d'*E. coli* O157 :H7 , on a prélevé des colonies par repiquage sur milieux nutritif gélosé favorable à leur croissance à l'aide d'un anse de platine à partir d'un tube incliné puis ensemencées dans un tube contenant 500 ml avec 225ml du bouillon nutritif cœur-cerveille (BHIB) puis incubées pendant 18 h à 37°C dans l'étuve avec une répétition de deux à trois fois jusqu'à l'obtention d'un bon trouble.



On prélève une colonie
d'*E. Coli O 157 : H7*.

Incubation pendant 18h à
37°C.

Figure 11 : La réverification d'*E. Coli O157 : H7*.

• La décontamination de la viande

Un morceau de gigot de veau est imbibé d'éthanol de concentration 95% puis flambés entre deux becs benzènes pour le décontaminer.



Figure 12 : la décontamination de la viande

• Préparation de la solution mère

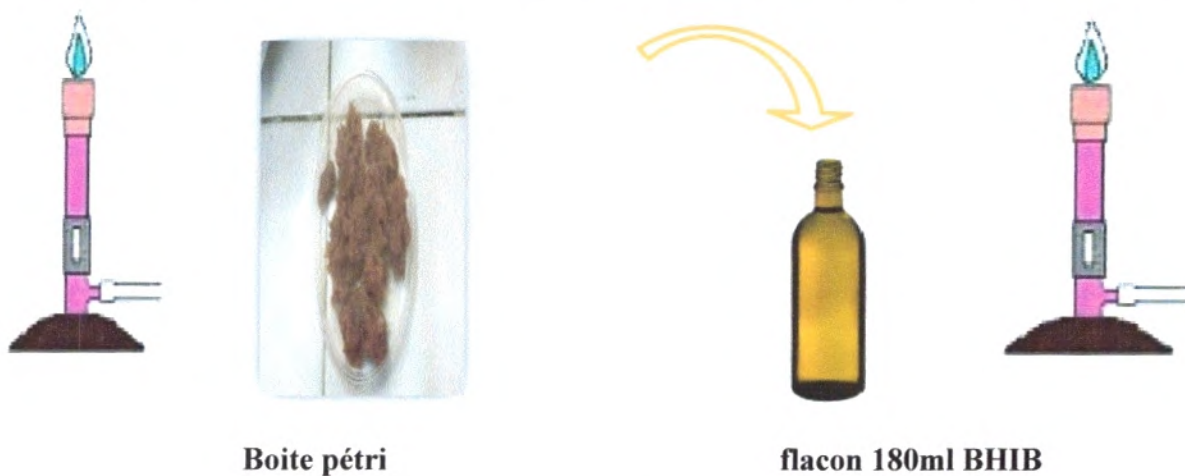
Le Broyage : Le broyage a été effectué dans le laboratoire par un broyeur stérilisé dans un autoclave à 121 °C pendant 15 min.

La pesée : Elle se fait par six (06) échantillons de 20g de viande dans des boîtes de pétris stériles, par une balance de précision et entre deux becs benzènes



Figure 13 : la pesée de l'échantillon de la viande de veau

Après le broyage le contenu de chaque boîte pétri est versé dans un flacon de 180 ml BHIB



Boîte pétri

flacon 180ml BHIB

Figure 14 : opération de versement du contenu de la boîte pétrie dans les flacons contenant BHIB

De la même façon, on obtient un deuxième ,troisième ,quatrième un cinquième et un sixième flacon contenant 180 ml de BHIB

A l'aide d'une micropipette on a introduit dans chaque flacon 1 ml de la suspension bactérien et les H.E selon les quantités suivants : 1.8 ml d'H.E (équivalent à 0.9%) 20°C, : 1.8 ml d'H.E (équivalent à 0.9%) 04°C 1.2 ml d'H.E (équivalent à 0.6%)20°C , 1.2 ml d'H.E (équivalent à 0.6%) 04°C 0.6 ml d'H.E (équivalent à 0.3%)20°C, 0.6 ml d'H.E (équivalent à 0.3%)04°C .

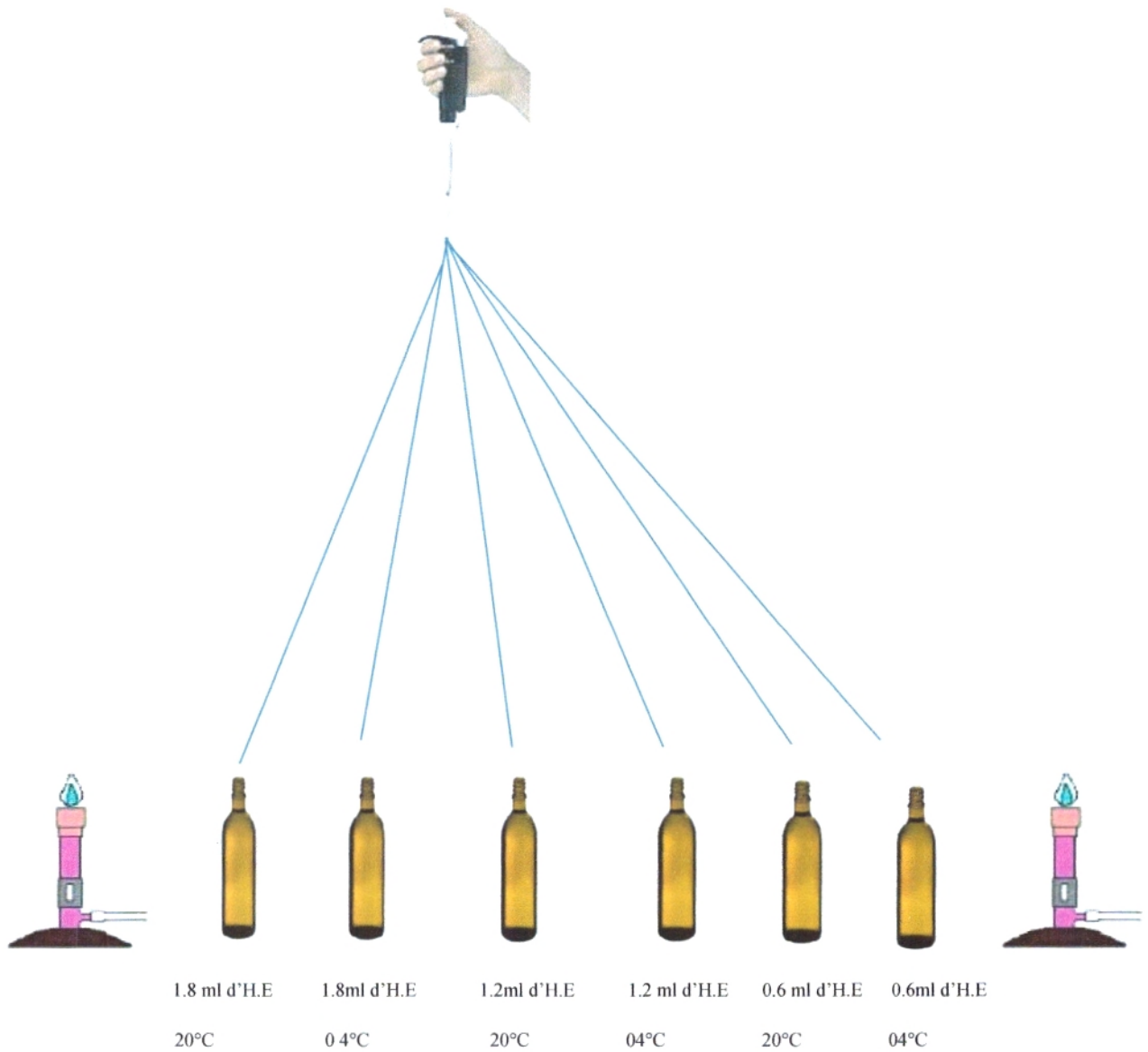


Figure 15 : préparation des différentes solutions mères

- **Préparation de milieu**

On introduit dans des boîtes pétri stériles, 15 à 18 ml de milieu Mueller Hinton contenu en flacon stérilisé à l'autoclave et refroidis à 45 °C, maintenu en suffusion à 45 °C.

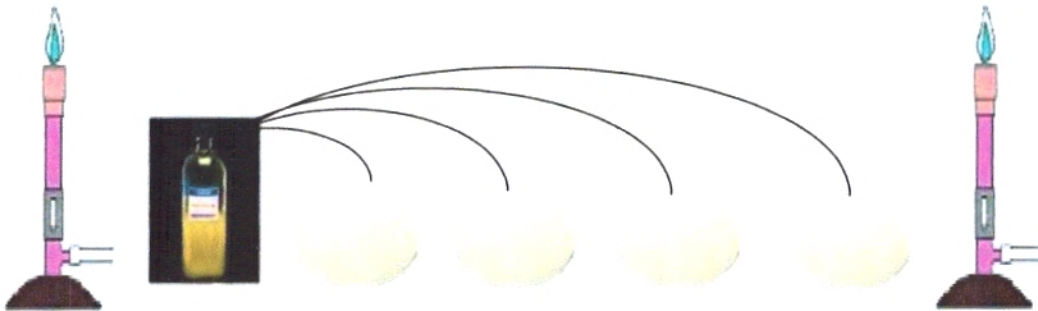


Figure16 : Remplissage des boîtes de pétris par le milieu Mueller Hinton.

- **Les dilutions**

A partir des solutions mères contenues dans des flacons, on a réalisé une série d'essais à savoir : des dilutions dans des tubes contenant 9.9 ml d'eau physiologique stérile, pour réaliser ainsi des dilutions au $1/100^e$, $1/10000^e$, $1/1000000^e$, $1/100000000^e$

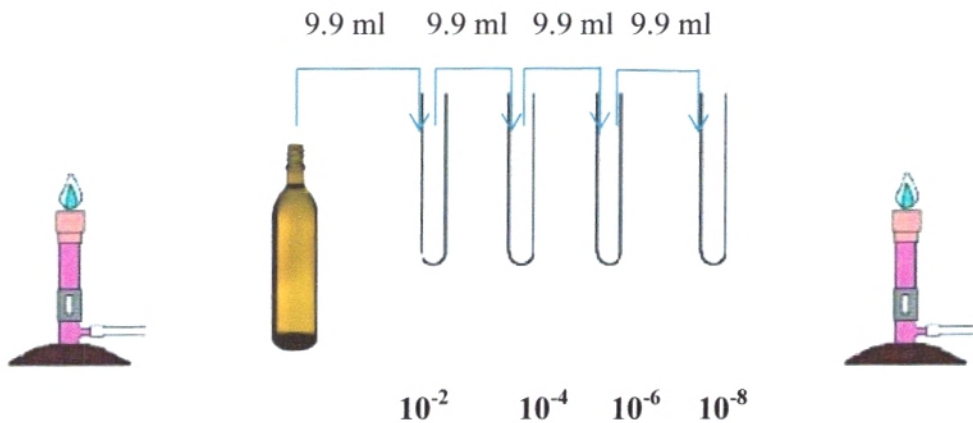


Figure 17 : Les différentes dilutions utilisées à partir de la solution mère.

- **L'ensemencement**

Après solidification du milieu, à l'aide d'une micropipette on a introduit 100 μ l du produit et de ses dilutions et on les a étalés en surface au moyen d'un râteau.

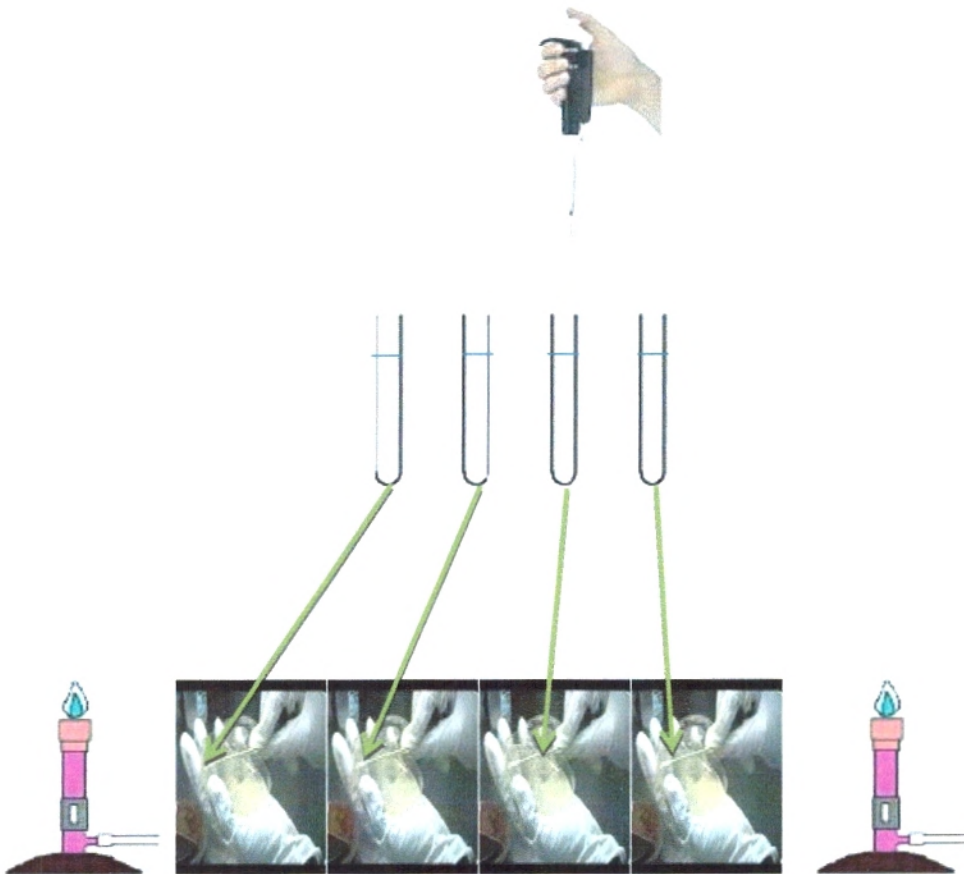


Figure 18 : Ensemencement des boites de pétris par les différentes dilutions.

- **Incubation**

Après l'ensemencement, on a retourné les boites de pétris et on les a incubé à 37° C pendant 48 h.



Figure 19 : L'incubation des boites pétries à l'étuve.

❖ Remarques

Chaque essai est répété deux fois afin de minimiser l'erreur expérimentale.

Chapitre V

Chapitre V : Résultats et discussion

V.1-Propriétés organoleptiques de l'huile essentielle extraite

L'huile essentielle de *Curcuma longa* est très aromatique. Elle est liquide et de couleur jaune. Les caractères organoleptiques de cette espèce végétale sont reportés dans le (tableau16).

Tableau 16 : caractères organoleptiques de l'H.E de *Curcuma longa*.

H.E de <i>Curcuma longa</i>	Couleur	Aspect	Odeur	Saveur
	Jaune vif	Liquide	Aromatique âcre	Fortement piquante,Caractéristique de la plante

V.2- Teneur en huiles essentielles

Les rendements en huiles essentielles sont représenté sur Tableau (17) ils ont été calculés en fonction de la matière végétale sèche des rhizomes.

Tableau 17: Rendement en huiles essentielles des différentes extractions de *Curcuma longa*.

Date d'essai	Poids de la matière sèche	La durée (heure)	Poids de l'huile essentielle	Le rendement
11-05-2014	50g	3	0.55g	1.1%
11-05-2014	50g	3	0.4g	0.8%
12-05-2014	50g	3	0.6g	1.2%
12-05-2014	50g	3	0.5g	1%
13-05-2014	50g	3	0.35g	0.7%
13-05-2014	50g	3	0.45g	0.9%
14-05-2014	50g	3	0.6g	1.2%
15-05-2014	50g	3	0.65g	1.3%
15-05-2014	50g	3	0.3g	0.6%
16-05-2014	50g	3	0.5g	1%
16-05-2014	50g	3	0.4g	0.8%
17-05-2014	50g	3	0.6g	1.2%
17-05-2014	50g	3	0.55g	1.1%
18-05-2014	50g	3	0.55g	1.1%
18-05-2014	50g	3	0.5g	1%
19-05-2014	50g	3	0.45g	0.9%
19-05-2014	50g	3	0.4g	0.8%
20-05-2014	50g	3	0.5g	1%
20-05-2014	50g	3	0.55g	1.1%
21-05-2014	50g	3	0.6g	1.2%
La moyenne				0.95

Notre rendement en huiles essentielles de *Curcuma longa*, est de l'ordre de 0.95%.à travers la bibliographie on constate que la teneur en huiles essentielles de *Curcuma longa*, obtenue par **LOC et al.(2008)** est sensiblement supérieur au nôtre (1.51%),or les travaux réalisés par **EIGNER et SCHOLZ(1999)** sur cette même espèce leurs ont permis d'obtenir un rendement en huile essentielle largement supérieur au nôtre(5.8%).

Par ailleurs l'extraction par des solvants organiques de *Curcuma longa* effectuée par **MANZAN et al.(2003)** leur ont permis d'obtenir (5.49%) et par contre l'extraction par hydrodistillation a permis d'obtenir un rendement de 0.46%.

Selon la bibliographie, les différences de teneurs en huile essentielle de *Curcuma longa* est dues à plusieurs facteurs dont parmi l'origine géographique, les facteurs écologiques notamment climatiques (la température et l'humidité), l'espèce végétal elle-même, l'organe végétal, le stade de la croissance, la période de cueillette, la conservation du matériel végétal et la méthode d'extraction. (**Granger et al., 1973 ; Rosua et Granados, 1987 ; Fournier et al., 1989 ; Heackel et Omar,1993 ; Khajah et al., 2004 et 2005 ; Viljoen et al., 2006 ; Sefidkon et al., 2007**).

V.2-L'évaluation de l'activité antimicrobiennedes huiles essentielles de *Curcuma longa*

➤ A 4°C

L'évaluation de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Curcuma longa*, à différentes concentrations (0,3%, 0,6% et 0,9%) et à différentes températures (4°C), a été faite sur la viande bovine contaminée par *E. coli* O157:H7 (Figure20).

On note que l'addition des huiles essentielles de *Curcuma longa* à la viande bovine hachée et conservée à la température de 4°C n'a pas eu d'influence sur la croissance d'*E. coli*O157:H7et ceci même après huit (08) jours de contact et quelque soit la concentration des huiles essentielles utilisées.

➤ A 20°C

L'évaluation de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Curcuma longa*, à différentes concentrations (0,3%, 0,6% et 0,9%) et à différentes températures (20°C), a été faite sur la viande bovine contaminée par *E. coli* O157:H7 (Figure 21).

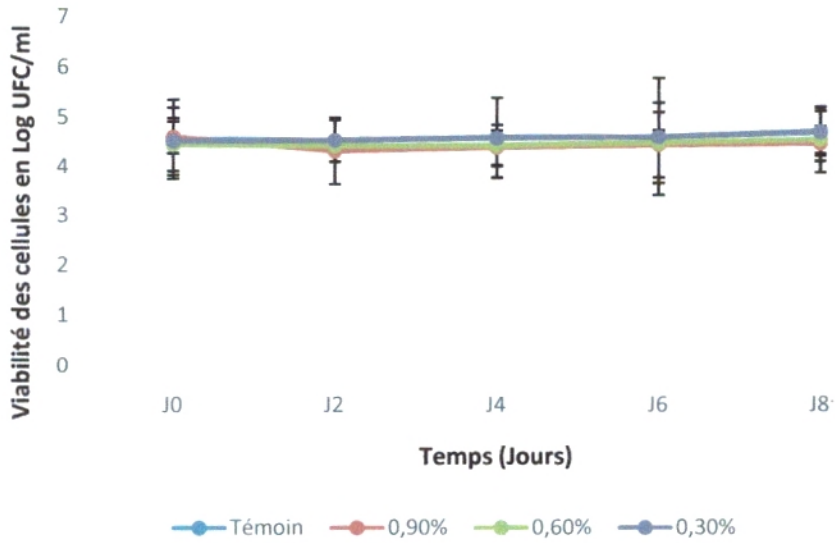


Figure 20 : Effet des huiles essentielles de *Curcuma longa* sur la viande bovine hachée contaminée par *E. coli* O157:H7 et conservée à la température de 4°C.

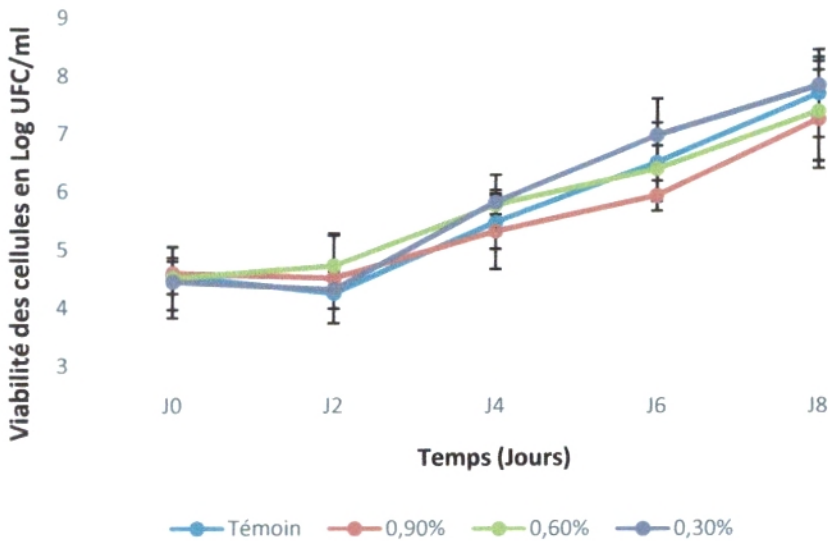


Figure 21: Effet des huiles essentielles de *Curcuma longa* sur la viande bovine hachée contaminée par *E. coli* O157:H7 et conservée à la température de 20°C.

La figure (21) nous donne une idée sur la faible activité des huiles essentielles de *Curcuma longa* sur *E. coli* O157 :H7 même à la concentration de 0,9% avec des différences non significatives ($p>0.05$) comparée à celle du témoin même après huit (08) jours de contact avec les huiles essentielles.

Contrairement à ce qu'a trouvé **Solomakos et al. (2008)** et **Emiroglu et al. (2010)** qui ont démontré que la concentration d'addition des huiles essentielles est en dépendance directe avec le degré d'inhibition des bactéries soumises au test les huiles essentielles de *Curcuma longa* n'a pas eu d'effet sur la souche bactérienne étudiée.

Dans une étude faite par **Goudarzi et al. (2011)** sur l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *CarumCopticum*Benth et Hook, ils ont constaté que *CarumCopticum* exercé une forte activité antimicrobienne contre *E. Coli* avec un diamètre d'inhibition allant jusqu'à 21 mm.

Daine et Mostefai (1998), et **Haddouchi (2007)** en étudiant l'effet antimicrobien des huiles essentielles de curcuma longa contre *E. coli* ont obtenu des zones d'inhibitions de l'ordre de 30 mm.

Solomakos et al. (2008), ont constaté qu'une faible concentration en huiles essentielles de *Thymus vulgaris* de l'ordre de 0.3% n'est pas suffisante pour inhiber la totalité d'*E. Coli*O157 : H7. Ce taux doit atteindre 0.6% et plus pour qu'il y a une inhibition totale ce qui conforte nos résultats. Ce constat a été expliqué par **Emiroglu et al. (2010)** par la complexité de composition de la matrice viande bovine comparée à d'autres milieux de cultures. De même, **Helander et al. (1998)**, ont attribué la diminution de l'activité des huiles essentielles à la réaction de leurs composés phénoliques avec les composés des aliments.

La variabilité de l'activité antibactérienne des plantes est étroitement liée à la composition chimique de leurs huiles essentielles ; **Sanny et Gopalakrishnakone (2010)**, ont montré que les huiles essentielles qui sont utilisées comme agents de flaveur pour aliments, possèdent un large spectre d'activité antimicrobienne attribué à leur teneur élevée en dérivés phénoliques comme le carvacrol et le thymol.





Conclusion générale

Conclusion

L'utilisation des huiles essentielles comme agents antimicrobiens présente deux caractéristiques principales, d'une part leur origine naturelle qui est un moyen de sécurité pour l'être humain et pour l'environnement et d'autres part, elles n'entraînent ni résistance aux germes, ni sélectivité des flores saprophytes et pathogènes, ni altération des systèmes de défense.

Dans le domaine agro-alimentaire, les huiles essentielles sont utilisées pour prévenir la détérioration des produits alimentaires qui est due à diverses bactéries.

Notre travail sur les huiles essentielles de *Curcuma longa* nous a permis de conclure que :

L'obtention des huiles essentielles par hydrodistillation reste une méthode simple et efficace et donne un rendement de 0.96%. Cette valeur est inférieure aux rendements obtenus chez d'autres espèces du même genre.

L'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Curcuma longa* est avérée faible.

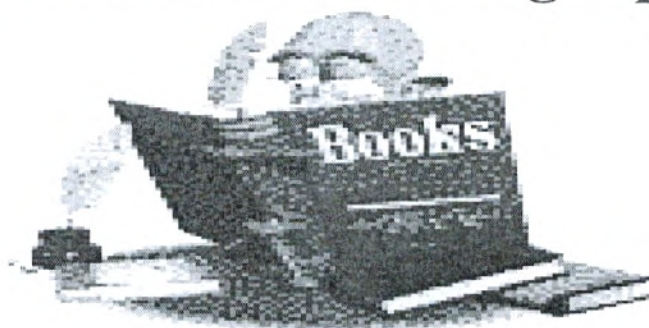
Cette étude permet la mise en valeur de l'exploitation des huiles essentielles comme conservateur dans le domaine de l'industrie agroalimentaire. Bien sur ces résultats obtenus in vitro ne constituent qu'une première étape de la recherche des produits antimicrobiens naturels qui sont proposés dans le domaine agroalimentaire. Il est nécessaire de voir l'effet de ces huiles et d'entreprendre des études toxicologiques, et pharmacologiques.

Enfin, l'ensemble de ces résultats obtenus ne constitue qu'une première étape dans la recherche de substances de source naturelle biologiquement activées. Des essais complémentaires seront nécessaires et devront pouvoir confirmer les performances mises en évidence.

Référence bibliographique



Références et Bibliographie



A

- ABDELOUAHID, D.A. ; BEKHECHI, C. (2004).** Pouvoir antimicrobien des huiles essentielles d'*AmmoidesVerticillata* (Nounkha) : *Rev, biologie et santé* 4(2) :1-10.
- ADESIYUN, A.A. ; OYINDASOLA, O.O. (1989).** Prevalence and antibiograms of *Salmonella* in slaughter cattle, slaughter amas and effluents in Zaria abattoir. *J. Food Prot.*52 : 232-235.
- AFNOR, (1987).** Huiles essentielles de Romarin (*RomarinusOfficinalis*).Norme française NF T 75-214
- AFNOR, (1992).** Association Française de normalisation, recueil des normes françaises : huiles essentielles, 3^{ème} Ed. AFNOR. Paris.
- AKGŸL, A. ; KIVANC, M. (1988).** *International journal of food microbiology* 6,263.
- ALBAYATY, F.A. (2008).** Synergistic antibacterial activity between *Thymus vulgaris* and *Pimpinellaanisum* essential oil and methanol extracts. *Journalof Ethnopharmacology.* 116 : 403-406.
- AMLAN K., PATRA J.S., 2010.**A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry.* 71 :1198–1222.
- APROTOSOAIE**
A.C.,SPACA.D.,HANCIANUM.,MIRONA.,TANASESCUV.F.,DORNEANUV.AND STANESCUU.,2010.Thechemicalprofileofessentialoilsobtainedfromfennelfruits (*Foeniculumvulgare*Mill.).*FARMACIA*, Vol. 58 (1); pp. 46-54.
- ARAUJO C.A.C., LEON L.L (2001):** Biological activities of *Curcuma longa* L.*Mem.I.OswaldoCruz.*96 (5) : P723-728.
- ASHRAF, M. ; BHATTY, M.K. (1975).** Studies on the essential oils of the Pakistan species of the family umbelliferae .1. *TrachyspermumAmmi* (L) .Spargue (Ajowan) seed oil. Pakistan.j.Sci .Ind. Res., p18, 232-235.

B

- BADJAH, H.A.T. (1987).** Extraction, analyse et évolution de la qualité des huiles essentielles des Lavandes Algériennes. Thèse de Magister, faculté des sciences de l'université d'Alger.
- BAGAMBOULAC.F.,UYTTENDAXXEM.ANDDEBEVEREJ.,2004.**Inhibitory effect of thyme and basil essential oils, carvacrol, thymol, estragol, linalool and p-cymene towards *Shigella sonnei* and *S. flexneri*. *Food Microbiology* 21: pp. 33-42.
- BAKKALIF.,AVERBECKS.,AVERBECKD.,IDAOMARM.,2008.** Biological effect of essential oils. *Food Chemical Toxicology*. 46 : 446–475.
- BALZ, R. (1986) :** Les huiles essentielles et comment les utiliser, P 152.
- BAMMI, J. ; KHELIFA, R. ; REMMAL, A. (1997) .** Etudes de l'activité antivirale de quelques huiles essentielles. In Benjilali B ; Ettalilbi M ; Ismaili-Alaoui M. et Zrira. Proceedings of the Intern. Congr. Arom. Medicinal Plants et Essential Oils, Actes Edition, Rabat, Maroc, P 502.
- BANQUOUR, N. (1984).** Etude de l'effet de thym (décoction) et son huile essentielle sur l'évolution de la flore microbienne et quelques paramètres chimiques du smen au cours de son évolution .Thèse de doctorat 3^{ème} cycle de microbiologie. Université Cadi Ayed. Faculté des sciences, Marrakech.
- BARDEAU, F. (1976).** La médecine par les fleurs. Ed. Robert Laffont.
- BARRYN., 2001.** Art d'extraire les huiles essentielles. De parfum faire soi même, pp.125-128.
- BASERK.H.C.ANDBUCHBAUER G.,2010.** Handbook of essential oils: Science, Technology, and Applications. Ed. Taylor and Francis Group, LLC. United States of America. 994p.
- BAUDOUX, D. (2008).** L'aromathérapie, se soigner par les huiles essentielles. Ed Broché. pp1.
- BAYDAR H., SAGDIC O., OZKAN G., ANDKARADOGAN T., 2004.** Antibacterial activity and composition of essential oils from *Origanum*, *Thymbra* and *Satureja* species with commercial importance in Turkey. *Food Control* 15: pp.169-172.
- BAYTOP, T. ; SULTUPINAR, N. (1996).** Characteristics of « Nanhan » cultivated in Anatolia and its volatile oil. *J. Fac. Pharm. Istanbul*, 22 :73-76.
- BECEL, P.H. (1992).** Comportement du produit de la mer a la congélation « aspect physique et bactériologiques » .Ed. coq héron 75001 Paris, p 18-20.
- BEKHCHI, C. (2002).** Analyse des huiles essentielles d'*Ammoides Verticillata* (Nunkha) de la région de Tlemcen et l'étude de son pouvoir antimicrobien. Thèse de magister, Département de biologie, université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen.
- BEKHECHI, C. ; ATICK-BEKKARA, F. ; ABDELOUAHID, D.E. (2008).** Composition et activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Origanum Glandulosum* d'Alger-phytothérapie ; Vol.6 ; pp153-159.
- BELAICHE, P. (1979).** Traite de phytothérapie et d'aromathérapie, l'aromatogramme. Ed maloine S.A, Tome I Paris.

- BELYAGOBIL.,2006.**Effetdequelquesessencesvégétalessurlacroissancedesmoisissuresde détérioration des céréales. Mémoire de magister. Université Abou Bekrbelkaid, 110p.
- BENAYADN.,2008.**Leshuileseentiellesextraitesdesplantesmédicinalesmarocaines:moyen efficace deluttecontrelesravageursdesdenréesalimentairesstockées.Université Mohammed V –Agdal. Rabat, 63p.
- BENDAHOU, M. (2007).**Composition chimique et propriétés biologiques des extraits de quelques plantes aromatiques et médicinales de l'ouest Algérien. Thèse de Doctorat d'état, option Biochimie, université Abou BakrBelkaid.
- BENINI C., 2007.**Contribution à l'étude dela diversification de laproduction d'huiles essentielles aux Comores.Mémoired'ingénieur. Université Gembloux, 109p.
- BENISTON, W.S. ; N.T. (1984).** Fleurs d'Algérie. *Ed. Entreprise nationale du livre. Alger.*
- BENJILALI, B. ; TANATAOUI-ELARAKI, A. ; IHLAL, M. (1984).** Method to study antimicrobial effect of essential oils : application to the antifungal activity of six Moroccan essences. *J.Food Protection.*47(10) :748-752.
- BENJILALI, B. (2004).** Extraction des plantes aromatiques et médicinales, cas particulier de l'entraînement à la vapeur d'eau et ses équipements. Congrès international sur les huiles essentielles, Rabat, Maroc.
- Benoit, B. (2011).** Nomenclature de la flore de la France. *Rev TelaBotanica* BDNFF v 4.02.
- BENZEGGOUTAN., 2005.**Etude de l'activité antibactérienne des huiles infusées de quatre plantes médicinales connues comme aliments .Mémoire de magister, Université de Constantine, Algérie,110p.
- BERAOUDL., 1990.** Effet de certains épices et plantes aromatiques et leurs extraits sur la croissance et la toxino-génèse d'*Aspergillusparasiticus*NRRL2999.Thèse3^e cycle. Faculté des sciences de rabat. Maroc.
- BERRAHMA, L.; SAADIT. (1989).** Investigation sur les huiles essentielles. Mémoire d'ingénieur d'état, U.S.T. Oran, 1989.
- BERRAYAH, M. (2006).** Analyse de la dynamique de systèmes et approche d'aménagement intégrée en zones de montagnes cas des monts de Trara (Wilaya de Tlemcen). *Mémoire de magistère en forestiers et steppiques Département de Biologie, Facultés des sciences, Univ de Tlemcen.*
- BETTS, G.D. ; LINTON, P. ; BETTERIDGE, R.J. (1999).** Food spoilage yeasts : effects of pH, NaCl and temperature on growth. *Food control*, 10,27-33.
- BEYLIER-MAUREL, M.F. (1976).** Activités bactériostatiques des matières premières de parfumerie. *RivistaItaliana EPPOS*, 58, pp, 283-286.
- BHARAT B., AGGARWAL B., BOKYUNG S. (2008) :** Pharmacological basis for the role of curcumin in chronic diseaseases : an age-old spice with modern targets. *Revue : article in press (Cell).*P1-10.
- BILGRAMIK.S.,SINHAK.K.&SINHAA.K.,1992.**Inhibition of aflatoxin production and growth of *aspergillusflavus*by eugenol ,onion,and garlicextracts.Indian. J.Med. Res.96,

pp.171 Bruneton J., 1993. Pharmacognosie

.Phytochimie, plantes médicinales. Tec. & Doc. Lavoisier, 2^{ème} édition, Paris. 915p.

BILLO, J. (1980). Le genre *Clostridium* in TAIAA « contrôle microbiologique » Tech et doc. Apria vol 3, Paris, p 200-210.

BOELENS, H. (1985). The essential oil from *Rosmarinus officinalis* L. Perfumer and flavorist, 10, 21-37.

BONATIRON, S. ; SMITH, S. ; MIGUEL, M.G. ; FALEIRO, M. ; RAJEB, N. ; NEFFATI, M. ; COSTA, M. ; FIGUEIREDO, A.C. ; BARROSO, J.G. ; PEDRO, L.G. (2007). Chemical composition antioxidant and antibacterial activities of the essential oils isolated from Tunisian *Thymus capitatus* Hoff. Et Link. Food chemistry 105 : 146-155.

BOUCHAT, D. ; CHANTELOT, F. ; GANDEMER, G. (2008). Qualité nutritionnelle de la viande et des abats chez le bovin (archive).

BOURGEOIS, C.M. ; CLERET, J.J. (1980). Principes de base des contrôles microbiologiques industriels in TAIAA : contrôle microbiologique. Ed. Tec et doc, vol.3, Paris, p3-11.

BOURGEOIS, C.M. ; LARPENT, J-P. (1996). Microbiologie alimentaire, Tome II. Ed. Tec et doc, Lavoisier, France, 523.

BOURKHISM, XATRANIB. & FARAH, A., 2007. Composition chimique et bioactivité de l'huile essentielle des rameaux de *Tetraclinis articulata*. Bull. Soc. Pharm.

BOURRE, J.M. (2003). Alimentation animale et valeur nutritionnelle induite sur les produits dérivés consommés par l'homme : les lipides sont-ils principalement concernés ; Oléagineux, Corps gras, Lipides. Vol 10 n°5-6, 405-424.

BOUSSATTA, H. (1992). Contribution à la recherche de *Yersinia sp*, dans la viande et quelques produits carnés. Thèse de doctorat vétérinaire. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.

BOUTEDJIRET, C. (1990). L'huile essentielle de *Artemisia herba-Alba* Asso d'Algérie. Approche des conditions optimales de son extraction par entraînement à la vapeur d'eau. Contribution à son étude analytique. Thèse de magister en génie chimique, Ecole nationale polytechnique d'Alger.

BOZI, BURZOI, ZAMFIRACHEM, M., TOMAC, AND PADURARIUC., 2009. glandular trichomes and essential oil composition of *Thymus pannonicus* All. (Lamiaceae). Analele Universitatii din Oradea, Fascicula Biologie, pp.36-39.

BRUNETON J., 1999. Pharmacognosie. Phytochimie, plantes médicinales. Tec. & Doc. Lavoisier 3^{ème} édition, Paris.

BURONZO, A.M. (2008). Grand guide des huiles essentielles. Ed. Hachette pratique. 254p.

BURT S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*. 94 : 223–253.

C

- CAC/RCP, (2005). Code d'usage en matière d'hygiène pour la viande 58.
- CAILLET, S. ; LACROIX, M. (2007). Les huiles essentielles : leurs propriétés antimicrobienne et leurs application potentielles en alimentaire. Laboratoire de Recherche en science Appliquées à l'alimentation (RESALA), INRS-Institut Armand-Frappier. 8.p.
- CALSAMIGLIAS.,BUSQUETM.,CARDOZOP.W.,CASTILLEJOSL.,FERRETA.,2007. Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*. 90 :2580–2595.
- CARSON C.F., MEE B.J., RILEY T.V., 2002. Mechanism of action of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil on *Staphylococcus aureus* determined by time-kill, lysis, leakage and salt tolerance assays and electron microscopy. *Antimicrobial Agents Chemotherapy*. 46 : 1914–1920.
- CARTIER, P. (1993). Importance, origine et mode d'appréciation de la contamination aigue des carcasses de gros bovins. *Viandes Prod carnés* 14 :3538
- CAVALLI, S. (2003). Application de la méthode HACCP en établissement d'abattage : modèles théoriques et essai de mise en place. *Th : Med. Vet. Lyon. E.N.V.L :thèse n°14.132p*.
- CHANDER H., KULKARNI S.G., BERRY S.K. (1991) : Effectiveness of turmeric powder and mustard oil as protectants in stored milled rice against the rice weevil *Sitophilus oryzae*.
- CHATTOPADHYAY I., BISWAS K., BANDYPADHYAY U., BANERJEE R.K. (2004) : Turmeric and curcumin : Biological actions and medicinal applications. *Curr.Sci.India*. 87(1) : P44-53.
- CHEFTEL, J. ; CHEFTEL, H. (1980). Introduction à la biochimie et la technologie des aliments. *Ed. Tec et doc, Paris, vol 1 p 93-97*.
- CHIALVA, F. ; MONGUZZI, F. ; MANITTO, P. ; AKGUL, A. (1993). Essential oil constituents of *Trachyspermum copticum* (L.). *Fruits. J. Of essential oil Research*, 5 : 105-106.
- CHOWDHURY H., WALIA S., SAXENA B.S. (2000) : Isolation, characterization and insect growth inhibitory activity of major turmeric constituents and their derivatives against *Schistocerca gregaria*.
- CIKRICI S., MOZIOGLU E., YILMAZ H. (2008) : Biological activity of curcuminoids isolated from *Curcuma longa*. *Rec. Nat. Prod.* 2(1) : P19-24.
- CIMANGA, K. (2002). correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. *J. Ethnopharmacology*, 79, 213-220.
- CIV (Centre d'information des viandes). (1996). Valeurs nutritionnelles des viandes, Analyses réalisées par la société scientifique d'hygiène Alimentaire, CIV, 64 rue Taitbout, 75009 Paris.

COLOMBATTO D., MCALLISTERT.A. ETAL.,2008.Plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science and Technology*. 145 : 209–228.

COMBRINCKS.,DUPLOOYG.W.,MCCRINDLER.I., BOTHAB.M.,2007.Morphology and Histochemistry of the Glandular Trichomes of *Lippiascaberrima*(Verbenaceae). *Annals of botany*. 99 (6): 1111–1119.

CREMIEUX, A. (1981). Neutralisation des antiseptiques et désinfectants. *J.Pharm.Belg*, 36, 4, (223-226).

D

DAÏNE, E.A. ; MOSTEFAÏ, M. (1998). Contribution à l'étude du pouvoir antimicrobien de l'H.E d'*AmmoidesVerticillata* (Nounkha) de la région de Tlemcen et comparaison avec l'effet antiseptique du thymol et des antibiotiques. Mémoire d'ingénieur d'état, université AboubakrBelkaid Tlemcen, Département de biologie.

DAYAL, B. ; PUROHITE, R.M. (1971). Screening of some Indian essential oils for their antifungal properties. *The Flavour Industry* 2 :484-485.

DEAK, T. ; BEUCHAT, L.R. (1996). *Handbook of food spoilage*. New York, USA : CRC Press.

DEBEY S.K., SHARMA A.K., NARAIN U., MISRA K., PATI U. (2008) :Design, synthesis and characterization of some bioactive conjugates of curcumin with glycine, glutamic acid, valine and demethylenated piperic acid and study of their antimicrobial and antiproliferative properties. *European Journal Of Medicinal Chemistry* 43.P1837-1846

DEGRYSEA.C.,DELPLAI.&VOINIERM.A.,2008.Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. *Atelier santé environnement -IGS-EHxSP*, 87p.

DELAVEAU P. (1987) : Les épices. Histoire, description et usage des différents épices, aromates et condiments. Paris : Albin Michel. P130-136.

DENNAI, N. ; KHARRATI, B ; EL YACHIOUI, M. (2001). Appréciation de la qualité microbiologique des carcasses de bovins fraîchement abattus. *Ed. Méd. Vet*, p 272.

DESMARESC., LAURENTA.& DELERMEC.,2008.Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles.

DETERVILLE, (1980).Technologie des viandes. *Ed. André Casteilla, Paris*, p 65-67.

DEVIE, P. ; DIVOL, A ; GILBERT, G. ; LAURENT ; SANDRA ; LE GOAZIOU, A. ; OLIVON, M. ; PETIT, J. (2006) .www.univbest.fr/esmisab/sites/prod-anim/antibio-pdf.

DIBNER, J.J. ; RICHARDS J.D. (2005). Antibiotic growth promoters in agriculture : History and mode action. *Poultry Science* ; 84 :634-643.

DIVAKARUNI C.B.(2006) : La maitresse des épices (trad.MO Probst). *Toil d'épices*.

DORMANH.J.D.,DEANSS.G.,2000.Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*. 88 : 308–316.

DUDAREVAN.,PICHERSKYE.,GERSHENZONJ.,2004.Biochemistry of plant volatiles. *Plant*

E

- EL OUARIACHI, E. ; TOMI, P. ; BOUYANZER, A. ; DESJOBERT, J.M. ; COSTA, J. ; PAOLINI, J. (2011).** Chemical composition and antioxidant activity of essential oils and solvent extracts of *PtychotisVerticillata* from Morocco. *Rev, Food and chemical Toxicology* 49 : 533-536.
- ELBERLING, J. ; SKOW, P.S. (2007).** Increased release of histamine in patients with respiratory symptoms related to perfume clin. *Exp. Allergy* ; 37(11) ; 1676-80.
- EMIROGLU, Z.K, EMIS, G.P.Y. ; COSKUN, B.K. ; CANDOGAN, K. (2010).** Antimicrobial activity of soy edible films incorporated with thyme and oregano essential oil ou fresh ground beef patties. *Meat science* 86 : 283-288.
- Englebin, M. (2011).** Essences et huiles essentielles : précaution d'emploi et conseils d'utilisation. Centre de formation en aromathérapie.

F

- FABIO, A. ; CORONA, A. ; FLORTE, E. ; QUAGLIO, P. (2003).**Inhibitory activity of spices and essential oils on psychrotrophic bacteria .*New Microbiol.*26(1) :115-120.
- FAIVRE C.(2007) : LE CURCUMA : une racine à toutes les sauces.** Art. Pratique Vét. AnimComp.N°34.
- FANCHOME, P. (1981).** l'aromatologie à visée anti-infectieuse. *Phytopharmacie*.1-2,25-47.
- FAO, (2002).** La consommation de viande par habitant.
- FAO, (2005).** Total meat production, ovine meat production.
- FAO, (2008).**UBABEF et commission. Sept 2010.
- FAURE, P. (1987).** Parfums et aromates de l'antiquité. *Ed. Fayard, Paris*, pp. 120-124.
- FAVIER, J.C. ; IRELAND-RIPERT, J. ; TOQUE, C. ; FEINBERG, M. (1995).** Répertoire général des aliments. Tables de composition, INRA Edition.P.879
- FELIDJ, M. ; BOUAZZA, M. ; FEROUNI, T. (2010).** Note sur le cortège floristique et l'intérêt de la plante médicinale *AmmoidesPussila (Verticillata)* dans le parc national des Monts de Tlemcen (Algérie occidentale). *Rev. Geo-Eco-Trop.*, 2010,34 : 147-154.
- FENAROLIG.,1995.**Fenaroli'sHandbookofflavoringredient,3rd ed.CRCPress,Inc.,Boca Raton, Fla. 87p.

FRANCE-IDA J. (1996) : Bref survol de diverses méthodes d'extraction d'huiles essentielles. Info-essence. 3 :P5-6.

FRAYSSE, J.L. ; DARRE, A. (1990). Produire des viandes. Volume 1. Ed. Tec et doc, lavoisier, France, p 374.

FODAM.I.,EL-SAYEDM.A.,HASSANA.A.,RASMYN.M.ANDEL-MOGHAZYM.M.,2010. Effectspearmintessentialoilonchemicalcompositionandsensorypropertyofwhitecheese. Journalof American Science; 6(5): pp. 272-280.



GACHKARL.,YADEGARID.,REZAEIM.B.,TAGHIZADEHM.,ASTANEHS.A.ANDRAS OOLII.,2007.

ChemicalandbiologicalcharacteristicsofCuminumcuminumandRosmarinusofficinalis essential oils. Food Chem., 102: pp.898-904.

GANDEMER, G. (1997). Lipides du muscle et qualité de la viande ; phospholipides et flaveur. Oléagineux, corps gras, lipides. Vol 6.n° 4, 320-325.

GARNEROJ.,1991. Leshuilesessentielles,leurobtention,leurcomposition,leuranalyseetleur normalisation.Ed.Encyclopédie des médecinesnaturelles, Paris, France, pp. 2-20

GAUDARZI, GH-R. ; SAHARKHIZ, M-J. ; SATTARI, M. ; ZOMORODIAN, k. (2011). Antibacterial activity and chemical composition of Ajowan (*CarumCopticum*Benth et Hook). Essential oil. *Rev, J. Agr. Sci. Tech.* Vol.13 : 203-208.

GEORGIEV, E. (1959). Recherche sur les fumures azotées de la menthe. Zemishat Sofia Tome III, 1959.

GHANBARI H., SAGHRAVANIN N., ZAKERY M., MAHDAVI S.N.,BARADARAN N. E., ZAREIAN J.M., PARSAEI H. (2008) : Histological evaluation of Curcuma longa-ghee formulation and hyaluronic acid on gingival healing in dog.Journal of Ethno pharmacology 120.P335-341.

GLEDEL, J. (1980).Salmonelles in TAIAA « contrôle en microbiologie » .Ed. Tec et doc. Vol 3 Paris, p 188,199.

GOUDARZI, GH-R. ; SAHARKHIZ, M-J. ; SATTARI, M. ; ZOMORODIAN, K. (2011). Antibacterial activity and chemical composition of Ajowan (*CarumCopticum*Benth et Hook) essential oil. *Rev, J. Agr. Sci. Tech.* (2011) vol.13 :203-208.

GRYSOLE, J. (2005). Huiles essentielles : de la plante à la commercialisation- Manuel pratique.140-162.

GUENTHER, E. (1950). The essential oil origin in plants production analyses (1). Ed. R.E kreiger, 1972.

GUILLIER, L. ; NAZER, A.L. ; DUBOIS-BRISSONNET, F. (2007).Growth response of Salmonella typhimurium in the presence of natural and synthetic antimicrobials : estimation of MIC_s From three different models. *J Food Prot*70 (10) : 2243-2250.

GUINOCHET, M. ; VILMORIN, R. (1975) .Flore de France fascicules. *Ed. centre national*

GUIRAXT J. P., 2003. Microbiologie alimentaire. Ed. DUNOD, Paris. pp. 110-112.

GYANG, S.T. (1984). Contribution of muscle protéinases to meat tenderization, Proceeding of the national Science Council, ROC, Part B : Life Sci.22, 97-107.

GYLES, G.L. (1993).*Yersinia*.pp.226-235. Pathogenesis of bacterial infections in animals. C.L GylesetThoen C.O (Eds). Iowa State University Press, Iowa, USA.

H

Haddouchi, F. (2007). Contribution à l'étude des huiles essentielles de *Thymus Fontanesii* (Zaateur) de la region de Mostaganem et de *Laurusnobilis* (Rend) de la region de Tlemcen (Nedroma). Activités antibactériennes et antifongiques en fonction de leur conservation. Thèse magister, université Abou BakrBelkaid Tlemcen.

HartK.J.,Yáñez-RuizD.R.,DuvalS.M.,McEwanN.R.,NewboldC.J.,2008.Plant extractstomanipulaterumenfermentation.*AnimalFeedScienceandTechnology*.147 :8-35.

Haydadi, R. (1997).Contribution à l'appréciation de l'hygiène des abattoirs rie Rabat par analyse bactériologique des carcasses chevalines. Thèse rie doctorat Vétérinaire. Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.

Helander, I.M. ; Alakomi, H.L. ; Latva-kala, K. ; Mattila-Saudholm, T. ; Pol, I. ; Smid, E.J. ; Gorris, L.G.M. ; Von wright, A. (1998). Characterization of the action of selected essential oil composentou gram -négative bacteria. *Journal of Agriculture and Food chemistry*. 46 : 3590-3595.

Hellal, Z. (2011). Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et oxydantes de certaines huiles essentielles extraites de *Citrus*. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*).

Hernandez Ochoa L.R. (2005) : Substitution de solvants et matières actives de synthèse par une combine « solvant/actif » d'origine végétale. Thèse de doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse.

Hocquette, J.F. (2002). Recherche d'indicateurs métaboliques et moléculaires du persillage de la viande bovine. Viandes Prod carnés. (HS), 145-6.

Hocquette, J.F. (2004). Les lipides dans la viande bovine. Mythe ou réalité. Cah. Agri.Vol 13, n° 13.

Hocquette, J.F. ; Bauchart, D. (1999).Intestinal absorption, blood transport and hepatic and muscle metabolism of fatty acids in preuminant and ruminant animals. Repord. Nutr. Dev. 39, 27-48.

Hombourger C.(2010) : Le Curcuma, de l'épice au médicament. Thèse diplôme d'Etat de Docteu ren Pharmacie. Université henripoincararé, nancy 1.Faculté de pharmacie.P222.

Hung W.C., Chen F.Y., Lee C.C.Y., Sun Y., Lee M.T., Huang H.w. (2008) : Membrane ThiningEffect of Curcumin. Biophysical Journal. Volume 94. P 563-582.

Hurtel J.M. (2007) : Phytothérapie, plantes médicinales, aromathérapie, huiles essentielles. Art. Revue NAFAS. Edition de santé. 5(1). P3-26.

Hussain A.I., Anwar F., T.H.S. Sherazi and Przybylski R., 2008. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. *Food Chemistry*. 108: pp.986-995.

I

ISMAILI-ALAOUI, M. (1986). Pouvoir antiseptique de l'huile essentielle de thym sur les micro-organismes du smen. Mémoire de fin d'étude, institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat.

ITAVI, (2008). (Institut technique de l'agriculture). Guide des bonnes pratiques d'hygiène et d'application des principes HACCP pour les petites structures d'abattage et de découpe de volailles (maigres) et de lagomorphes. Projet en cours de validation par les pouvoirs publics.

J

JACOBE, M. ; PELLECUER, J. ; TOMEI, R. (1979). Centre régionale d'étude et de développement des plantes à usage pharmaceutique. *Rivista Italiana EPPOS*, p 11-26-30.

JACOTOT, B. ; LEPARCO, J-C. (1999). Nutrition et alimentation, 2^{ème} édition. Ed. Masson, Paris. 311p.

JANSEN P.C.M., GRUBBEN G.J.H., CARDON D.(2005) : Ressources végétales de l'Afrique tropicale 3. Colorants et tanins. Wageningen, Pays-Bas : PROTA. P 238.

JAYAPRAKASHA G.K., JAGAN MOHAN RAO L., SAKARIAHK.K. 2005 : Chemistry and biological activities of *C. Longa*. *Trends Food Sci. Tech.* 16(12) : p533-548.

JILANI G., SAXENA R.C. (1990) : Repellent and feeding deterrent effects of tumeric oil, sweetgum oil, neem oil and a neem oil and neem-based insecticide against lesser grain borer (Coleoptera : Bostrychidae). *J. Econ. Entomol.* 83. P629-634.

JOUVE, J.L. (1990). Microbiologie alimentaire et filière viande. *Viandes Prod carnés* 11 : 207-213.

JOUVE, J.L. (1996). La qualité microbiologique des aliments « maîtrise critère ». Ed. C.N.E.R.N.A.C.N.R.S. 2^{ème} Edition, p 445-468.

JURENKA J.S. (2009) : Anti-inflammatory properties of curcumin. A major constituent of *Curcuma longa* : a review of preclinical and clinical research. *Altern. Med. Rev.* 14(2) : P141-153.

K

- KAMBOUCHE, N. ; EL-ABED, D. (2003).** Composition of the volatile oil from the aerial parts of *Trachyspermum ammi* (L.) Spargue from Oran (Algeria). *J. of essential oil research*, 15 :10-11.
- KARIB, H. (1995).** Etude de *Versinia enterocolitica* dans les produits carnés. Thèse de Doctorat d'état des sciences Agronomiques, IAV Hassan II, Rabat, Maroc.
- KARMALI, M. A. (1989).** Infection by verocytotoxin-producing *Escherichia coli*.
- KARRAY-BOURAOUIN., RABHIM., NEFFATIM., BALDANB., RANIERIA., MARZOUKB. ET AL., 2009.** Salt effect on yield and composition of shoot essential oil and trichome morphology and density on leaves of *Mentha pulegium*. *Industrial Crops and Products*. 30 :338-343.
- KATZER, G. (1998).** Ajowan (*carum copticum* [L.] Benth et Hook) part, Family, Aroma, constituents, Origin, Report problems and suggestion.
- KHAJEH, M. ; YAMINI, Y. ; SEFIDKON, F. ; BAHRAMIFAR, N. (2004).** Comparison of essential oil comparison of *Carum copticum* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. *Food chemistry*, 86 : 587 :591.
- KIM M.K., CHOI G.J., LEE H.S. (2003) :** Fungicidal property of *Curcuma longa* L. rhizome-derived curcumin against phytopathogenic fungi in greenhouse. *J. Agric. Food chem.* 51. P1578-1581.
- KOUTSOUMANISK., LAMBROBOULOUK. AND Nychas G.J.E., 1999.** A predictive model for thermal inactivation of *Salmonella enteritidis* in a food model system supplemented with a natural antimicrobial. *Int. J. Food Microbiol.* 49, pp. 63-74.
- KURITA, N. ; KOIKE, S. ; (1982 et 1983).** Systematic antimicrobial effect of sodium chloride and essential oils components. *Agric. Biol. Chem.*, p 46-159-165.
- KURKIN, V.A. (2003).** Phenylpropanoids from medicinal plants. Distribution, Classification, structural analysis and biological activity. *Chem. Vet. compol.* 39, 123-153.

L

- LAGUNEZ-RIVERA L. (2006) :** Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffé par induction thermomagnétique directe. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse.
- LAHLOU M., 2004.** Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research* 18: pp. 435-448.
- LAMARTIA., BADOCA. & Caxde J.P., 1993.** Etude chromatographique de l'huile essentielle de la plante de fenouil amer (*Foeniculum vulgare* Mill.); caractéristiques spectrales (UV, IR, SM) de ses constituants. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 132, pp. 73-89.
- LARPENT, J-P. (1992).** Biotechnologie « principe et méthode ». *Ed. Doin, Paris*, p20.
- LATTAOUI, N. ; TANTAOUI-ELARAKI, A., (1994).** Individual and combined antibacterial activity of the main components of three essential oils. *Rivista Italiana*, 13 :13-19.

- LECLERC, H. ; BUITTAUX, R. ; GUILLAUME, J. ; WATTRE, P. (1977).** Microbiologie appliquée. *Ed. Doin, Paris*, p, 228.
- LEE, H.S. ; AHN, Y.J. (1998).** Growth-inhibiting effects of Cinnamomum cassia barks derived materials on human intestinal bacteria. *J. Agri Food chem* ; 46 :8-12.
- LEGRAND, G. (1978).** Manuel préparatoire en pharmacie. 8^{ème}. *Ed. Masson*.
- LEMBERG, S. (1982).** “Armoire” *Artémisia herba Alba*. Perfumerflavorist.
- LEMSELE S.(2007) :** L’homme et les Plantes Médicinales. Tom 3, Ed. triades.
- LETOUZE, J.C. ; VENDEUR, J.L. ; ROZIER, J. (1986).** La qualité microbiologique des produits de la découpe primaire du porc, *Viandes Prod carnés* 7 : 6-12.
- LEVINE, W.C. ; STEPHENSON, W.T. ; CRAUN, C.F. ; (1991).** Waterborne disease outbreaks, 1986-1989. *J. Food Prot.* 54 : 71-78.
- LEYRAL, G. (2001).** Microbiologie et toxicologie des aliments (Hygiène et sécurité alimentaire). 3^{ème} édition. Doin centre régional de doc pédagogique d’aquitaine, Paris, p 85-86,120-145.
- LOAP S. (2008 a) :** Curcuma (Partie I). Art., revue NAFAS. Edition de santé. Phytothérapie 6. P22-28.
- LOZIANE, K. ; VAICINIUENE, J. ; VENKUTOINS, P.R. (1998).** Chemical composition of the essential oil of irreping thyme *Thymus planta medica*, 64 :772-773.
- LUCIE V.(2010) :** Interêt d’un nouveau nutriment a visée anti-inflammatoire dans la gestion de troubles locomoteurs chez le cheval. Aspects bibliographiques et étude clinique. Doctorat vétérinaire. Ecole nationale vétérinaire d’Alfort. Faculté de médecine de Gréteil. P199.

M

- MAFFEIRXSACCO,1987.** Perfumerandflavorist. Vol. 1x,N°5,61p.
- MARRIOTTP.J.,SHELLIER.ANDCORNWELLC.,x001.** Review: Gaschromttographietechnologiesfor the analysis of essential oils. *Journal of ChromatographyA*, 936; pp. 1-22.
- MARZOUKIAH.,ELAISSIBA.,KHALDICA.,BOUZIDDS.,FALCONIERIED.,MARONGI UB.,PIRASAA.AND PORCEDDAS.,2009.** SeasonalandgeographicalvariationofLaurusnobilisL.essentialoil from Tunisia. *The Open Natural ProductsJournal*, Vol. 2; pp. 86-91.
- MEDART, J. (2005).** Manuel pratique de nutrition, 1^{ère} Edition, Ed. De Boeck, Université, Bruxelles. P.278.
- MEKADDER, A. (1995).** Contribution à l’étude qualitative et quantitative de l’huile essentielle d’*AmmoidesVerticillata* (Nounkha) de la région de Tlemcen et de son pouvoir antimicrobien .Mémoire d’ingénieur, Institut de Biologie, Université de Tlemcen.

MERAD, R. (1973). Contribution à la connaissance de la pharmacopée traditionnelle Algérienne. Les inventaires du grand Alger, thèse d'état, Univ. Alger Institut des Sciences médicales Tome II, p 312.

MEYER, A. ; DEIANA, J. ; LECLERC, H. (1994). Cours de microbiologie générale. Ed. Doin.

MEYNADIER, J.M. ; RAISON-PEYRON, N. (1997). Allergie aux parfums. *Revue Française d'Allergologie*, 37(5) : 641-650.

MIKOU, Y. (1994). Contribution à l'appréciation de l'hygiène par analyse bactériologique des carcasses de volaille au niveau de trois tueries dans la wilaya de Rabat-salé. Thèse de doctorat vétérinaire, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.

MISHRA S., NARAIN U., MISHRA R., MISHRAK., 2005. Design, development and synthesis of mixed bioconjugates of piperic acid-glycine, curcumin/alanine and curcumin-glycine- piperic acid and their antibacterial and antifungal properties. *Bioorg Med Chem* 13(5), pp 86-1477.

MODZELEUSKA, A. ; SUR, S., KUMAN, K.S., KHAN S.R. (2005). Sesquiterpenes Natural products that decrease cancer growth. *Cuv.Med.chem. Anti-cancer Agents*.5 : 477-499.

MOHAMMADS., ABU-DARWISH AND ABU-DIEYEHZ. H.M., 2009. Essential oil content and heavy metals composition of *Thymus vulgaris* cultivated in various climatic regions of Jordan. *Int. J. Agric. Biol.*, Vol. 11, N° 1, pp.59-63.

MOHAMMEDIZ., 2006. Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et des flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. Thèse magistère, Université Abou Bakr Belkaïd Tlemcen, 155p.

MORRIS, G.J.JR. (1996). Current trends in human diseases associated with foods of animal origin. *JAVMA* 12 :2045-2047.

MOUROT, J. (2006). Valeurs nutritionnelles des viandes et produits de charcuterie : protéines, minéraux, et autres constituants d'intérêts UMR SENAH 35590 Saint Gilles.

N

NARAYANA, C. ; SOMAYAJULU, B.A.R. ; THIRUMALA RAO, S.D. (1976). Recovery of fatty oil from spent seeds of Ajowan (*Trachyspermum ammi* Linn). Oil technological research institute, Anantapur.

NGYEN C. (2007) : Caractères fonctionnels des polyphénols alimentaires. Projet en collaboration avec la société « château KSARA ». Liban. Faculté des sciences de Luminey. University Aix Marseille II. France.

NIGRAM, C. ; SHAKUN, W. ; Levi, L. (1963). Détermination of trace constituents of oil Ajowan. *Perfum. Essent. Oil Rec.*, p54, 25-28.

O

OBLINGER, J.L. ; KOBURGER. I.A. (1984). The most probable number technique.pp.99-111. In M.L. Speck (ed).Compendium of methods for the microbiological examination of foods,Second Edition. American Public Health Association, Wahington D.C., USA.

OUSSALAH, M.S. ; CAILLET. L. ; SAUCIER AND LACROIX M. (2007). Inhibitory effects of selected plant essential oils on four pathogen bacteria growth :*E.coli O157 : H7*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*and *Listeria monocytogenes*. *Food Control*.18(5), 414-420.

P

PADRINI, F. ; LUCHERONI, M.T. (1996). Le grand livre des Huiles Essentielles- guide pratique pour retrouver vitalité, bien être et beauté avec les essences et l'aromassage. Energétiques avec plus de 100 photographies. *Ed de Vecchi, Paris*.

PALUMBO, S.A. (1986).Is refrigeration enough to restrain fooclbornepathogenes..*J. Food Prot*.49 : 1003-11009.

PARE J. (1997) : Procédéassisté par micro-onde. Info-essence, Bulltin sur les huiles essentielles, 4 :P4.

PATRICK, VAN DESSEL ; MD ; DTMH ; MPH. (2005).Unit of Epidemiology METZOOM, scientific institut of Public Health, *J. Wytsmanstraat 14,1050 Brussels, Belgium*.

PELLECUER. J. ; ALLEGRINI, J. ; DE BOUCHERBERG, M.S. (1976). Huiles essentielles bactéricides et fongicides. *Revue de l'institut Pasteur de Lyon*, p 9-135-159.

PENSO G. (1986) : Les plantes médicinales dans l'art et l'histoire. Paris : Roger Da Costa ed.

PERRIN, A. ; COLSAN, M. (1985). L'appareil secteur chez les menthes modalités de stockage des essences dans les grandes à tête pluricellulaires. Actes colloque : les menthes en France, aspect scientifique, économique et industrielle. Université CLAUDE BERNARD, Lyon I.

PIBIRIM.C., 2206.Assainissementdel'airetdessystèmesdeventilationaumoyend'huiles essentielles.Thèse de doctorat. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, pp. 28-52.

PIOCHON, M. (2008). Etude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne : composition chimique, activités pharmacologiques et hémi-synthèse. Mémoire présenté à Université du Québec comme exigence partielle de la maitrise en ressources renouvelables.

PITT, J.L. ; HOCKING, A.D. (1997). Fungi and food spoilage (seconded).UK, London : Blackie Academie and professional, p : 596.

PIYOA.,UDOMSILPJ.,KHANG-

KHUNP.ANDTHOBUNLUEPOPP.,2009.Antifungalactivityof essential oilsfrombasil (*Ocimumbasilicum*Linn.) andsweet fennel(*Ocimumgratissimum* Linn.):Alternativestrategiestocontrolpathogenicfungiinorganicrice.

PORTES E.(2008) : Synthèses et Etudes de Tétrahydrocurcuminoïdes : Propriétés Photochimiques et Antioxydantes, Applications à la préservation de matériaux d'origine naturelle. Thèse de Doctorat en Chimie Organique. Université BORDAUX I.

POUMEYROL, A. (1988). Incidence de l'environnement et la technologie sur la qualité.

Q

QUEZEL, P. ; SANTA, S. (1963). Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales. *Ed centre national de la recherche scientifique*. 663 p.

QUEZEL, P. ; SANTA, S., (1961). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. *Ed. C.N.R.S, Tome II, 1961.*

QUILICHINI, Y. ; FAUTRAT, V. ; CARTIER, P. (1987). Optimisation hygiénique du premier traitement des abats en abattoir. *Rapport In/efbeyIteb* : 1-57.

R

RADHA K.M., SINGH A.K., GADDIPATI J., SRIMAL R.C., 2006. Multiple biological activities of curcumin : A short review. *Life Sciences* 78, pp 2081-2087.

REFREGIER-PETTON, J. ; DENIS, M. ; ROSE, N. ; SALVAT, G. (2001). Risks factors for *Campylobacter* ssp. Contamination in French broiler-chickens flocks at the end of the rearing period. *PreventiveveterinaryMedicine*, 50,89-100.

RHAYOURK.,2002. Etudedumécanismedel'actionbactéricidedeshuilesessentielle sur *Esherichiacoli*, *Bacillussubtilis* et sur *MycobacteriumphleietMycobacteriumfortuitum*. Thèse de doctorat. Université Sidi Mohamedben Abdellah. Fès, Maroc, 170p.

RICHARD, H. ; BENDJILALI, B. ; BANQUOUR, N. ; BARITAUX, O. (1985). Etude de divers huiles essentielles du Thymus du Maroc. *Lebensxm-Wiss. Tec*, 18,105-110.

ROMAIN, J. (2006). Science des aliments, biochimie, microbiologie procédés, produits : Tome I, stabilisation biologique et physico-chimique (broché). 381p.

ROSSET, R. (1982). Hygiène et technologie de la viande fraiche, *Ed : CNRS*, p 145.

ROSSET, R. (1984). Réfrigération et congélation in microbiologie alimentaire, aspect microbiologique et sécurité de la qualité alimentaire. *Ed : tec et doc, Lavoisier, vol 1, Paris*, P 371, P 393.

ROTHENBERG, C.A. ; BERRY, B.W. ; OBLINGER, J.L. (1982). Microbiological characteristics of beef longues and livres as affected by temperature-abuse and packaging systems. *J. Food Prot.* 45 : 527-532.

RUBINSTEIN, J.P. (2009). La famille des ombellifères (Apiaceae ou umbelliferae). Biologie et Multimédia- Université Pierre et Marie curie- UER des sciences de la vie.

ROZIERJ.,CARLIERV.ETBXXNOTF.,1986. Basesmicrobiologiquesdel'hygiènedesaliments. Éd. SAPALC. Paris.pp. 130-143

S

- SACCHETI G., MAIETTI S., MUZZOLI M., SCAGLIAANTI M., MANFREDINI S., RADIACE M. (2005)** : Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. *Food Chemistry*, 91 : P621-632.
- SAGDIÇ, O. ; OZCAN, M. (2003)** : Antibacterial activity of Turkish spice hydrosols. *Ed Food control*, 14,141-143.
- SANGWAN N.S., FAROOQI A.H.A., SHABIH F., SANGWAN R.S.,** 2001. Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*. 34 : 3–21.
- SANNY R.P. ; GOPALAKRISHNAKONE, P. (2010)**. Review : Therapeutic potential of plants as anti- microbial for drug discovery *CAM*.7(3) : 283-294.
- SCHIRNER, M. (2004)**. Huiles Essentielles : Description de plus de 200 huiles essentielles et huiles vegetales. *Guy Trédaniel*, pp 23.
- SCOLLAN, N.D. ; RICHARDSON, L. ; DE SMET, S. ; MOLONEY, A.P. ; DOREAU, M. ; BOUCHART, D. ; NUERNBERG, K. (2005)**. Indication of milk and beef quality. Pp 151-162. JF Hoquette et S Gigli Editors, Wageningen Academic Publishers ; Wageningen, Netherlands.
- SELL, C.S. (2006)**. The chemistry of Fragrance. From perfumer to consumer. 2^{ème} édition. The Royal society of chemistry. Cambridge. 329 pages.
- SHARMA R.A., STEWARD P., GESCHER A.J. (2007)** : Pharmacokinetics and pharmacodynamics of curcumin. *Adv. Exp. Med. Biol* ; 595 : P453-470.
- SIERRA, M.L. ; GARCIA, M.C. ; OTERO, A. ; GARCIA, E. ; GONALEZ, E. (1989)**. Incidencia de bacterias patógenas en canales de ovino recién obtenidas. *XII Conan. National SEM*.
- Sijelmassi, A. (1991)**. Les plantes médicinales du Maroc. 2^{ème} ed. *Le Fennec*, 1991.
- SIKKEMAJ., BONTJ.A.M., POOLMAN B.,** 1994. Interactions of cyclic hydrocarbons with biological membranes. *Journal of Biological Chemistry*. 269 : 8022–8028.
- SKANDAMISP., KOUTSOUMANISK., FASSEASK., NYCHAS G.J.E.,** 2001. Inhibition of oregano essential oil and EDTA on *Escherichia coli* O157:H7. *Italian Journal of Food Science*. 13(1):65–75.
- SOLOMAKOS, N. ; GOVARI, A. ; KOIDIS, P. ; BOTSSOGLU, N. (2008)**. The antimicrobial effect of thyme essential oil, nisin and their combination against *Escherichia coli* O157 : H7 in minced beef during refrigerated storage. *Meat science*. 80 : 159-166.
- SONG Y.M., DING L., HOU Q., LIU J.W., Zhu Z.L. (2009)** : Synthesis characterization and biological activities of rare earth metal complexes with curcumin and 1,10-phenanthroline-5,6-dione. *Journal of Inorganic Biochemistry*.
- STEFANINI M.B., MINGL C., MARQUES M.O.M., MEIRELES M.A.A., MOURAL S. AND MARCHESI, J. A., 2006a**. Seed productivity, yield and composition of the essential oil of fennel *Foeniculum vulgare* var. dulce in the season of the year. *Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu*, Vol. 8, pp. 86-90.

T

- TAJKARIMI, M.M. ; IBRAHIM, S.A. ; CLIVER, D.O. (2010).** Antimicrobial herb and compound in food. *Journal of Ethnopharmacology*. 21 : 1199-1218.
- THAIKERT R., PAISOOKSANTIVATANA T.(2009) :** Variation of total curcuminoides content, antioxydant activity and genetic diversity in tumeric (*Curcuma longa L.*) collections.
- THONGSON C., DAVIDSON P. M., MAHAKARNCHANAKUL W., VIBULSRESTH P., 2005.** Antimicrobial effect of Thai spices against *Listeria monocytogenes* and *Salmonella typhimurium* DT104. *J Food Prot* 68(10) : 2054-8.
- THORNS, C.J. (2000).** Zoonoses bactériennes d'origine alimentaire. *Sci. Tech. Int. Epiz.*, 19, 226-239.
- TOMAS, E. (1974).** Effet de mode de conservation de la viande bovine sur les lipides et leur contenu en acides gras polyinsaturés. 11 èmes JSMTV, Clermont F D.105-106.
- TRAOREM.C.,2006.** Étude de la phytochimie et des activités biologiques de quelques plantes utilisées dans le traitement traditionnel de la dysménorrhée au Mali. Thèse de doctorat. Université de Bamako, Mali, pp. 175p.
- TRUDEAU C, 2006.** Curcuma : principes actifs et propriétés. Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels (INAF), Université Laval.4610.

U

- UDOMSILPJ.,PIYOA.,KHANG-KHUNP.ANDTHOBUNLUEPOPP.,2009.** Antifungal properties of essential oils from Thai medical plants against rice pathogenic fungi. *As.J.FoodAg-Ind. Special Issue*, pp. 24-30.
- ULTEE A., BENNIK M.H.J., MOEZELAAR R., 2002.** The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and Environmental Microbiology*. 68 : 1561–1568.
- ULTEEA.,KETSE.P.,SMIDE.J.,1999.** Mechanism of action of carvacrol on the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and Environmental Microbiology*. 65:4606–

V

- VALNET, J. (2001).** La phytothérapie-traitement des maladies par les plantes –Se soigner par les plantes. *Ed. Vigot*. ISBN : 2-253-03790-7.
- VAN IMMERSEEL, F. ; DE BUCK, J.; BOYEN, F. ; PASMANS, F. ; BERTRAUD, S. ; COLLARD, J.M. ; SAEGZRMAN, C. ; HOOYBERGHS, J. ; HAESEBROUCK, F. ; DUCATELLE, R. (2005).** Salmonella dans la viande de volaille et dans les œufs : un

danger pour le consommateur qui demande la mise en place d'un programme de lutte efficace. Ann. Méd.vet.149, 34-48.

VAQUIER L. (2010) : Interet d'un nouveau nutriment à visée anti-inflammatoire dans la gestion de troubles locomoteurs chez le cheval. Aspects bibliographiques et étude clinique. Doctorat vétérinaire. Ecole nationale vétérinaire d'Alfort. P199.

VILA, R. ; FREXIA, B. ; CANIGUERAL, S. ; TOMAS, X. ; MOLINS, J. (1995). Composition and study of the variability of the essential oil of *Thymus funki* Cosson. *Flavour and Fragrance J.*, 10 :379-383.

VILA, R. ; MUNDINA, M. ; TOMI, F. ; FERHAN, R. ; TACCHINO, S. ; CASANOVA, J. ; CANIGUREAL, S. (2002). Composition and antifungal activity of the essential oil of *Solidago chilensis*. *Planta med.*68 :164-167.

VRINDAMENONK.ANDGARGS.R.,2001.InhibitoryeffectofcloveoilonListeriamonocytogenes in meat and cheese.*Food Microbiol.* 18: pp.647-650.

W

WALKER, S.J. (1988). Major spoilage microorganisms in milk and dairy products. *Journal of the society of dairy technology*, 41,91-92.

WEHMER, C. (1931). Die Planzehlmostoff ;Zweiter Band, 1931.

WERNER, J.B. ; RAPHAEL, B. ; JURG, L. ; ALAIN, E. (2010). Science et technologie des aliments 3^{ème} Ed. Paris.p96-97.

WOLF P. (2007) : L'alimentation au secours de la vie : la curcumine. Pub ., Ed GERESO.

Z

ZHIRI, A. (2006). Les huiles essentielles, un pouvoir antimicrobien avéré. *Ed. Nutra News*.16p.

ZYYAT, A. ; LEGSSYER, A. ; MEKHEFI, H. ; DASSOULI, A. ; SERHROUCHNI, M. ; BENDJELLOUN, W. (1997). Phytotherapy of hypertension and diabets in oriental Morocco ;*journal of ethnopharmacology. Elsevier.*

Résumé

L'effet inhibiteur de certaines huiles essentielles des plantes aromatiques sur le développement et la multiplication des bactéries a amené à l'emploi de ces plantes dans la conservation des produits à caractères périssable. Dans cet objectif, nous avons étudié l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Curcuma longa*. Cette activité a été évaluée sur un bouillon de viande bovine contaminé par la bactérie *Echerichia Coli* O157 :H7, l'extraction des huiles essentielles à été effectué par hydrodistillation. Les échantillons du rhizome du *Curcuma longa* ont fourni un rendement en huiles essentielles de 0,96%. L'activité des huiles essentielles du *Curcuma Longa* sur *E. Coli* montre que le pouvoir antibactérien de ces huiles est faible.

Mots clé : *Curcuma longa* - huiles essentielles - activité antibactérienne - *Echerichiacoli* O157 :H7- viande bovine hachée -

Abstract

The inhibitory effect of some essential oils of aromatic plants on the development and multiplication of bacteria has led to the use of these plants in the preservation of perishable products. For this purpose, we studied the antimicrobial activity of essential oils of aromatic plant *Curcuma Longa*. This activity was evaluated in a broth of beef contaminated with *Echerichia Coli*. The extraction of essential oils was carried out by steam distillation. Samples of *Curcuma Longa* provided a yield of 0.96% essential oils. The activity of essential oil of *Curcuma Longa* *Coli* O157: shows that the antimicrobial potency of these oils is very important.

operative word : *curcuma longa* - essential oils - antibacterial activity *Echerichiacoli* O157 - minced beef

المخلص

إن اثر التثبيط لبعض الزيوت الأساسية للنباتات العطرية على نمو وتكاثر البكتيريا أدى إلى استعمال هذه النباتات في المحا فضة على المتوجات القابلة للتلف. تحقيقا لهذا الهدف قمنا بدراسة نشاط مضادات الميكروبات للزيوت الأساسية للنبنة العطرية المسماة الكركم. تم تطبيق هذا النشاط على مرق لحم البقر الذي يحتوي على البكتيريا القولونية. تم استخراج الزيوت العطرية من عن طريق التقطير بالبخار الذي أعطى مردودا يقدر ب 0.96 %. ومن هذا نستنتج إن الكركم له فعالية مضادات البكتيريا القولونية H7 : 1570

الكلمات المفتاحية : الكركم - الزيوت الأساسية - مضادات البكتيريا - البكتيريا القولونية H7 : 1570