

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI- OUZOU  
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES  
AGRONOMIQUES  
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



# *Mémoire*

*de fin d'études*

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Agronomie

Spécialité: Management de la qualité totale et sécurité des  
aliments

## *Thème*

*Effet antioxydant et antibactérien de l'huile  
essentielle de l'origanum compactum sur la  
conservation de la saucisse*

*Réalisé par :*

M<sup>elle</sup> SILI ZOHRA

M<sup>elle</sup> BENFEDDA NAIMA

Devant le jury :

M<sup>r</sup> OUELHADJ Akli

MCA

UMMTO Président

M<sup>r</sup> RAHMOUNE M<sup>ed</sup> Ameziane

MCB

UMMTO Promoteur

M<sup>r</sup> DJENANE Djamel

Professeur

UMMTO Co- Promoteur

M<sup>r</sup> SI TAYEB Hachemi

MCB

UMMTO Examineur

M<sup>elle</sup> CHOUGAR Linda

Doctorante

UMMTO Examinatrice

Année: 2016/2017

# Remerciements

*Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah, le Tout Puissant et le Miséricordieux, de Nous avoir donné la santé, la volonté et la patience pour mener à terme notre formation de Master.*

*Nous tenons à remercier monsieur RAHMOUNE M<sup>ed</sup> Ameziane, d'avoir accepté d'encadrer ce travail et pour son aide précieuse, son objectivité, sa disponibilité, et ses précieux conseils qui ont fait progresser ce travail.*

*Nous tenons à exprimer notre gratitude spéciale à monsieur DJENANE Djamel Notre co-promoteur qui nous a aidés à réaliser ce modeste travail.*

*Nos vifs remerciements vont aux membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail :*

*A M<sup>r</sup> OUELHADJ Akli pour l'honneur qu'il nous a fait pour présider le jury*

*A M<sup>r</sup> SI TAYEB Hachemi d'avoir accepté de juger notre travail.*

*A M<sup>elle</sup> CHOUGAR Lynda d'avoir accepté d'évaluer notre travail*

*Nos remerciements vont également aux personnels des laboratoires I et II de physicochimiques et microbiologiques de la faculté des sciences biologiques et agronomique et du laboratoire physicochimiques et microbiologiques du département de l'agronomie.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance aux personnels de la boucherie pour leur accueil chaleureux et de nous avoir aidés.*

*Nous tenons à remercier également nos familles pour leurs aides et leurs soutiens tout au long des années d'étude.*

*Nous remercions en fin tous ceux qui n'ont pas été cités dans ces quelques lignes et qui ont contribués de près ou de loin par leur aide au bon déroulement de ce travail.*

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à :*

***A la mémoire de mon très chère père***

*Pour toutes les peines et les sacrifices qu'il s'est donné pour nous voir réussir dans la vie. Que dieu vous accueille dans son vaste paradis.*

***A la mémoire de mon très chère frère Redouane***

*Je ne trouve pas les mots pour exprimer le vide que tu as laissé et personne ne pourra le combler . Que dieu vous garde dans son vaste paradis.*

***A ma très chère mère***

*Que dieu tout puissant vous garde et vous procure santé, bonheur.*

***A mes frères et sœurs :*** Ouiza , Nora , Madjid , Nassima , Faiza , Nassim , Hayet

*Qui ont toujours été à mes côtés.*

***A mes beaux frères et belle sœur :*** Rachid, Smail, fatma

*Pour leurs soutiens moral et leurs aides*

***A mes neveux :*** Karim, Lamine et Redouane.

*Mes adorables anges, Dieu puissent vous garder et vous procurer santé, bonheur et longue vie.*

***A la mémoire de mes grands parents :*** Le destin nous a pas laissé le temps pour jouir ce bonheur ensemble, puisse Dieu le tout puissant, vous accorde sa clémence, ça miséricorde et vous accueille dans son vaste paradis.

***A mon amie malika T***

***A mon patron et a tous mes collègues de travail***

***A mon binôme naima et sa famille***

*A tous ceux ou celles qui me sont chers et que j'ai omis involontairement de citer.*

*A tous mes enseignant(e)s.*

*A toute la promotion Management qualité et sécurité totale des aliments : 2016-2017.*

***zohra***





## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail aux personnes qui me sont les plus chères*

*A mes parents*

*A ma grand mère que dieu la protège*

*A mes frères ; Hamid, Ahcen, Hakim et Arezki*

*A mes sœurs ; Farida, Ghania, Razika et Dalila*

*A Malek et toute sa famille*

*A celle qui m'a partagé les moments les plus beaux et les plus difficiles durant la réalisation de ce travail Zohra ainsi que sa famille*

*A toutes mes amies surtout ; Fatima, Chahira et Lynda*

*A tous ceux qui j'aime et qui m'aiment*



*Naima*

## Liste des abréviations

**O.C** : *Origanum Compactum*

**HEs** : Huiles essentielles

**TBA** : Acide Thiobarbiturique

**MDA** : Malondialdéhyde

**TCA** : Acide Trichloroacétique

**TMP** : 1,1,3,3 –tétra méthoxy-propane

**μM** : micromole

**μL** : Microlitre

**TSE** : Triptone sel eau

**UFC** : Unité Formant Colonie

**°C** : Degré Celsius

**nm** : Nanomètre

**ml** : Millilitre

**mg** : milligramme

**g** : Gramme

**Kg** : kilogramme

**p/v** : Nombre de gramme dans 100 ml du produit fini

**trm/min** : Tours/Minutes

**GN** : Gélose nutritive

**H** : Heure

**pH** : Potentiel D'hydrogène

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Extraction par l'hydrodistillation.....	8
<b>Figure 2:</b> Extraction par entraînement à la vapeur d'eau .....	8
<b>Figure 3:</b> Extraction par l'hydrodiffusion .....	9
<b>Figure 4 :</b> Extraction par micro onde.....	10
<b>Figure 5 :</b> Equipements ultrasoniques industriels : 50, 500 and 1000 l.....	11
<b>Figure 6:</b> Extraction par expression à froid .....	12
<b>Figure 7 :</b> Image de l' <i>Origanum compactum</i> .....	20
<b>Figure 8:</b> Mécanisme d'Auto-oxydation des lipides .....	23
<b>Figure 9:</b> Sites d'action des Huiles essentielles sur la cellule bactérienne .....	33
<b>Figure 10:</b> Photo du flacon de l'huile essentielle de l' <i>Origanum compactum</i> .....	52
<b>Figure 11 :</b> Organigramme de fabrication des saucisses .....	53
<b>Figure 12 :</b> Broyage de la viande et des autres ingrédients.....	54
<b>Figure 13 :</b> Incorporation de l'HE de l'O.C à différentes concentrations pendant le malaxage55	
<b>Figure 14:</b> Remplissage des boyaux.....	56
<b>Figure 15 :</b> Mise en forme des saucisses .....	57
<b>Figure 16 :</b> Détermination du pH .....	58
<b>Figure 17 :</b> Photos des différents appareils utilisés.....	59
<b>Figure 18 :</b> Organigramme des différentes étapes de la méthode sr-TBA.....	60
<b>Figure 19 :</b> La courbe d'étalonnage du MDA .....	61
<b>Figure 20 :</b> Les différents appareils utilisés dans l'analyse microbiologique .....	63
<b>Figure 21 :</b> Organigramme des différentes étapes de l'analyse microbiologique.....	65
<b>Figure 22 :</b> Evolution du pH au cours du stockage des saucisses traitées avec différentes concentrations (0.3 ,0.6 et 1%) de l'huile essentielle de l' <i>origanum compactum</i> .....	67
<b>Figure 23:</b> Effet anti oxydant de l'huile essentielle de l' <i>origan compactum</i> sur la formation des MDA à différentes concentrations appliquées sur les saucisses .....	68
<b>Figure 24 :</b> Résultat de l'épreuve de notation selon le critère couleur.....	70
<b>Figure 25 :</b> Résultat de l'épreuve de notation du critère odeur .....	70
<b>Figure 26 :</b> Résultat de l'épreuve de notation du goût après cuisson.....	71
<b>Figure 27 :</b> Résultat de l'épreuve de notation du critère de sérosité .....	72
<b>Figure 28 :</b> photo originale des colonies des psychrotrophes sur milieu GN.....	73
<b>Figure 29 :</b> photo originale des colonies des mésophiles sur milieu GN .....	73

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Récapitulation des principales huiles essentielles produites et des principaux pays producteurs dans le monde en 2008.....	6
<b>Tableau 2 :</b> Exemples de la diversité d'applications des huiles essentielles .....	16
<b>Tableau 3:</b> Position systématique d'origan compact .....	20
<b>Tableau 4 :</b> Méthodes traditionnelles de conservation des aliments.....	35
<b>Tableau 5:</b> Quelques conservateurs alimentaires traditionnels.....	38
<b>Tableau 6:</b> Quelques conservateurs chimiques autorisés.....	39

## Liste des abréviations

## Liste des figures

## Liste des tableaux

## Introduction générale..... 1

### Première partie : Partie bibliographique

#### Chapitre I. Les huiles essentielles

I.1. Introduction.....	3
I.2. Généralités sur les huiles essentielles .....	3
I.2.1. Historique.....	3
I.2.2. Définition.....	3
I.2.3. Répartition et localisation des huiles essentielles dans la plante.....	4
I.2.4. Rôle biologique des HEs dans les plantes .....	5
I.2.5. Production mondiale des HEs .....	5
I.2.6. Procédés d'extraction des huiles essentielles.....	7
I.2.6.1. Distillation.....	7
I.2.6.1.1. Hydrodistillation .....	7
I.2.6.1.2. Entraînement à la vapeur .....	8
I.2.6.1.3. L'hydrodiffusion.....	9
I.2.6.2. Distillation assistée par micro ondes.....	9
I.2.6.3. Extraction par ultrasons .....	10
I.2.6.4. Enfleurage .....	11
I.2.6.5. Expression ou pression à froid .....	11
I.2.7. Facteurs influençant la qualité des huiles essentielles .....	12
I.2.7.1. Facteurs intrinsèques.....	12
I.2.7.2. Facteurs extrinsèques .....	12
I.2.8. Analyses des huiles essentielles et critères de qualité .....	13
I.2.9. Composition chimique des huiles essentielles.....	13
I.2.10. Propriétés physiques des huiles essentielles .....	14
I.2.11. La stabilité des huiles essentielles .....	14
I.2.12. Toxicité des huiles essentielles .....	15
I.2.13. Domaine d'application des huiles essentielles.....	15
I.2.13.1. Applications en industrie alimentaire .....	17

# Table de matière

---

I.2.13.2. Applications en santé et soins .....	17
I.2.13.3. Applications en Parfumerie et cosmétologie .....	18
I.2.13.4. Applications en aéro-ionisation .....	18
I.2.14. Réglementation et législation concernant les huiles essentielles .....	18
I.3. Monographie d' <i>origanum compactum</i> (origan compact) .....	19
I.3.1. Généralité sur le genre origan .....	19
I.3.1.1. Historique et origine .....	19
I.3.2. Position systématique d'origan compact .....	19
I.3.3. Présentation et description d' <i>Origanum compactum</i> .....	20
I.3.4. Huile essentielle d'origan compact .....	21
I.3.4.1. Chromatographie des principaux constituants d' <i>origanum compactum</i> .....	21

## Chapitre II : Activité biologique des huiles essentielles

II.1. Introduction .....	22
II.2. L'oxydation .....	22
II.2.1. Définition d'un antioxydant .....	23
II.2.2. Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante .....	24
II.2.2.1. Détermination de l'indice de peroxyde (IP) .....	24
II.2.2.2. Détermination des diènes conjugués .....	25
II.2.2.3. Indice p-anisidine .....	25
II.2.2.4. Méthode de sr-TBA (substance réactive acide thiobarbiturique) .....	25
II.2.2.5. Méthode TEAC ( <i>Trolox Equivalent Antioxidant Capacity</i> ) .....	25
II.2.2.6. DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) .....	25
II.2.2.7. Folin-Ciocalteu .....	26
II.2.2.8. FRAP ( <i>Ferric Reducing Antioxidant Power</i> ) .....	26
II.2.2.9. Test de blanchissement du $\beta$ - carotene .....	26
II.2.2.10. TRAP (Total Radical Trapping Antioxidant Parameter) .....	26
II.2.2.11. ORAC (Oxygen Radical Absorbance Assay) .....	26
II.2.2.12. RPE (Résonance paramagnétique électronique) .....	27
II.2.3. Essais de l'activité antioxydante des HEs dans les aliments .....	27
II.3. Activité antimicrobienne .....	28
II.3.1. Définition d'un antimicrobien .....	28

## Table de matière

---

II.3.2. Méthodes d'évaluation de l'activité antimicrobienne .....	28
II.3.2.1. Méthode de diffusion.....	28
II.3.2.1.1.Méthode de diffusion par disque .....	28
II.3.2.1.2. Méthode des puits .....	29
II.3.2.2. Méthode de dilution.....	29
II.3.2.2.1. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) .....	29
II.3.2.2.2.Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB) en milieu solide .....	30
II.3.2.3.Autres méthodes .....	30
II.3.2.3.1.Dynamique d'action des huiles essentielles par mesure de la décroissance bactérienne ( <i>Time-kill assay</i> ) .....	30
II.3.2.3.2.Microscopie électronique à transmission.....	30
II.3.2.3.3.Compte total de viables ( <i>total viable count</i> (TVC)) .....	30
II.3.3. Essais de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles dans les aliments.....	31
II.3.4. Mode d'action des huiles essentielles .....	32

### Chapitre III : Conservation des aliments

III.1. Introduction .....	34
III.2. Généralités sur la conservation des aliments.....	34
III.2.1. Stratégies et méthodes générales de conservation des aliments.....	34
III.2.1.1. Les traitements thermiques.....	35
III.2.1.2.Nouvelles stratégies de conservation alternatives (Méthodes non thermiques)...	35
III.2.1.2.1.Le champ électrique pulsé.....	36
III.2.1.2.2.Les hautes pressions hydrostatiques.....	36
III.2.2. Processus combinés de conservation.....	37
III.2.3.Conservateurs traditionnelles .....	37
III.2.4. Conservateurs chimiques.....	38
III.2.4.1. Inconvénients des additifs alimentaires.....	40
III.2.5. Bioconservation alimentaire par les huiles essentielles .....	40
III.2.6.Viande et produits carnés .....	40
III.2.7. La qualité de la viande .....	41
III.2.7.1. Qualités sensorielles de la viande.....	41

## Table de matière

---

III.2.7.1.1. Couleur .....	41
III.2.7.1.2. Flaveur .....	41
III.2.7.1.3. Jutosité .....	41
III.2.7.1.4. Tendreté .....	42
III.2.7.2. Qualité Microbiologique de la viande .....	42
III.2.7.3. Qualités technologiques de la viande .....	42
III.2.7.3.1. Le pouvoir de rétention d'eau .....	42
III.2.7.3.2. Le pH.....	42
III.2.8. Contamination de la viande .....	43
III.2.9. Types de contamination de la viande .....	43
III.2.9.1. Contamination profonde.....	43
III.2.9.2. Contamination superficielle .....	43
III.2.10. Conséquences de la contamination .....	44
III.2.11. Altération de la viande .....	44
III.2.12. Conservation de la viande par les huiles essentielles .....	44
III.3. La charcuterie .....	45
III.3.1. Introduction .....	45
III.3.2. Historique .....	45
III.3.3. Définition de la charcuterie .....	45
III.3.4. Les dérivés de la charcuterie .....	46
III.3.5. Généralités sur les saucisses.....	46
III.3.5.1 Définition de la Saucisse .....	46
III.3.5.2. Composition de la saucisse .....	46
III.3.5.2.1. La viande .....	46
III.3.5.2.2. Les ingrédients .....	47
III.3.5.2.2.1 Les épices .....	47
III.3.5.2.2.2 Le sel de cuisine .....	47
III.3.5.2.2.3 Les colorants.....	47
III.3.5.2.3. Les boyaux .....	48
III.3.5.3. Processus de fabrication des saucisses .....	48
III.3.5.3.1. Découpage .....	48
III.3.5.3.2. Désossage .....	48

# Table de matière

---

III.3.5.3.3.Parage .....	48
III.3.5.3.4. Hachage des viandes .....	48
III.3.5.3.5.Préparation de la mée .....	48
III.3.5.3.6.Embossage.....	49
III.3.5.3.7.Egouttage.....	49
III.3.5.3.8.Stockage .....	49
III.3.5.3.9. Présentation à la vente.....	49
III.3.5.4. Réglementation de composition .....	50

## Deuxième partie : Partie expérimentale

### Chapitre I. Matériels et méthodes

I.1. Présentation de la zone d'étude.....	52
I.2. Matériels .....	52
I.2.1. L'huile essentielle .....	52
I.2.2. Les éléments constitutifs de la saucisse .....	52
I.2.2.1. La viande.....	52
I.2.2.2. Les ingrédients .....	53
I.2.2.3. Les additifs alimentaires .....	53
I.3. Méthodes.....	53
I.3.1 Procédé de fabrication des saucisses incorporées de l'huile essentielle d' <i>Origanum compactum</i> .....	53
I.3.1.1 Broyage .....	54
I.3.1.2. Malaxage (préparation de la mée).....	54
I.3.1.2.1.Préparation des différentes formulations de saucisses (adition de l'HE) .	55
I.3.1.3. Poussage ou embossage .....	56
I.3.1.4. Mise en forme .....	57
I.3.2. Analyses physicochimiques .....	57
I.3.2.1. Mesure de pH .....	57
I.3.2.2. Méthode de sr-TBA .....	58
I.3.2.2.1. Matériels .....	58
I.3.2.2.2. Protocole expérimental .....	59
I.3.2.2.2.1. La courbe d'étalonnage .....	61
I.3.3. Analyses sensorielles .....	61

# Table de matière

---

I.3.3.1. Formation du jury .....	61
I.3.3.2. Epreuve de notation .....	62
I.3.4. Analyses microbiologiques .....	62
I.3.4.1. Matériels .....	62
I.3.4.2. Préparation des solutions mères.....	63
I.3.4.3. Préparation des dilutions décimales des échantillons .....	63
I.3.4.4. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile .....	64
I.3.4.4.1. Généralités .....	64
I.3.4.4.2. Protocole expérimental .....	64
I.3.4.4.3. Lecture .....	66
I.3.4.5. Dénombrement des bactéries Psychrotrophes .....	66
I.3.4.5.1. Généralités sur les bactéries Psychrotrophes .....	66
I.3.4.5.2. protocole expérimental.....	66
<b>Chapitre II : Résultats et discussions</b>	
II.1. Analyses physicochimiques.....	67
II.1.1. Le PH .....	67
II.1.2. Le test antioxydant.....	68
II.2 .Analyse sensorielle .....	69
II.2.1. Epreuve de notation du critère couleur .....	69
II.2.2. Epreuve de notation de l'odeur .....	70
II.2.3. Epreuve de notation du goût après cuisson .....	71
II.2.4. Epreuve de notation du critère de sérosité .....	71
II.3. Analyses microbiologiques.....	72
<b>Conclusion générale et perspectives .....</b>	<b>77</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexes</b>	
<b>Résumé</b>	
<b>Abstract</b>	

La transformation et la conservation des produits alimentaires nécessitent des opérations destinées à leur assurer une bonne qualité en les rendant plus attractifs, comestibles, tout en étant nutritifs pour les consommateurs (Nout et *al.*, 2003).

Vue la place importante qu'occupe la viande ainsi que ces produits de transformation dans la nutrition humaine, il est important de savoir comment conserver ces denrées périssables sans qu'elle puisse perdre sa valeur nutritionnelle (Andriamifidy, 2001).

Les problèmes de conservation ont été et demeurent une question d'actualité de part le monde. La plupart des denrées alimentaires sont de natures périssables et requièrent une protection contre l'oxydation lipidique et la détérioration microbienne durant la préparation, le stockage et la distribution afin de prolonger leur durée de vie. Cette détérioration surtout par les microorganismes pathogènes ou d'altération est devenue une préoccupation prioritaire pour la santé publique (Cherrat, 2013).

Les saucisses sont des produits de charcuterie couramment consommées. Elles sont des produits de transformation des viandes. De ce fait, et comme tous les produits alimentaires, elles s'altèrent rapidement en particulier lorsque les conditions d'entreposage sont mauvaises (Rakansou, 2008).

Pour faire face, l'essor de la chimie a permis l'apparition et l'application de nouvelles substances chimiques en tant que conservateurs alimentaires synthétiques. Ces derniers ont été employés pour empêcher la détérioration des aliments (Bouguerra, 2012). Par la suite, plusieurs conservateurs synthétiques ont été limités dans plusieurs pays, en raison de leurs effets toxicologiques indésirables à long terme, y compris la cancérogénicité (Bouguerra, 2012). De même, la tendance actuelle des consommateurs à chercher une alimentation plus naturelle a incité les scientifiques à trouver et à appliquer de nouveaux produits naturels ayant des activités antimicrobiennes et antioxydantes dans le but de les utiliser comme alternatives aux conservateurs synthétiques dans le domaine des industries agroalimentaires (Bouguerra, 2012).

La présence des antioxydants dans l'alimentation est devenue essentielle pour la qualité et la sécurité des aliments. Comme les antioxydants synthétiques ont des effets négatifs sur la santé humaine, et par ce que les plantes aromatiques sont une grande source d'antioxydants et d'antibactériens naturels pour l'industrie agroalimentaire, l'utilisation de ce genre de plante est promettant (El kalamouni, 2010).

Ainsi, le recours aux huiles essentielles, s'avère être un choix pertinent face à un risque de contamination précis ou à la nécessité de réduire ou remplacer les agents de conservation chimiques ou synthétiques (Caillet *et al.*, 2007).

Parmi les familles qui appartiennent à cette catégorie des plantes aromatiques et médicinales, la famille des Lamiacées représente une grande importance aussi bien pour son utilisation en industrie alimentaire et en parfumerie, qu'en thérapeutique. Elle est l'une des familles les plus utilisées comme source mondiale d'épices et d'extraits à fort pouvoir antibactérien, antifongique, anti-inflammatoire et antioxydant (Bakkali *et al.*, 2008).

Notre travail, qui s'inscrit dans ce contexte, a pour objectif de valoriser cette plante (*Origanum compactum*) et de voir la possibilité d'utiliser son huile essentielle comme agent conservateur naturel et aromatique dans la saucisse.

Notre mémoire est organisé, hormis l'introduction et la conclusion générale, en trois grandes parties :

1- la première partie consiste en une synthèse bibliographique mettant l'accent sur les huiles essentielles, en particulier l'huile essentielle de l'*origanum compactum*, l'évaluation de l'activité antibactérienne et antioxydante des huiles essentielles, et la conservation des aliments ;

2- dans la deuxième partie, nous avons tout d'abord décrit le matériel utilisé, la démarche expérimentale (préparation des formulations de la saucisse et application de l'huile essentielle avec ces différentes concentrations), et les méthodes employées pour l'investigation;

3- enfin, dans la troisième partie, nous avons présenté les résultats physicochimiques, microbiologiques et sensoriels des saucisses élaborées, ainsi que leurs interprétations.

## I.2. Généralités sur les huiles essentielles

### I.2.1. Historique

Les premières preuves de fabrication et d'utilisation des HEs datent de l'an 3000 avant J.C. Ces utilisations concernaient différents domaines: parfumerie, médecine, rites religieux, coutumes païennes, alimentation, etc...(Balouiri, 2011).

Les HEs 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.

L'étape byzantine de la civilisation a permis l'instauration des bases de la distillation et, avec la civilisation musulmane, l'huile essentielle devient un des principaux produits de commercialisation internationale (Besombes, 2008).

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 à cette époque les principaux centres de production de divers types d'extraits aromatiques.

Parallèlement, leurs utilisations s'est vue croître grâce à l'avènement de l'aromathérapie, terme créé par René-Maurice Gattefosse en 1928, qui a mené de nombreux travaux concernant les HEs, notamment leurs propriétés; ces résultats seront à l'origine de nombreuses autres recherches (Bouguerra, 2012).

### I.2.2. Définition

Le terme « huile essentielle » a été inventé au 16<sup>ème</sup> siècle par le médecin Suisse Paracelsus Von Hohenheim pour désigner le composé actif d'un remède naturel (El Kalamouni, 2010).

Toutefois, de très nombreux auteurs ont tenté de donner une définition des huiles essentielles plus générale.

D'après Naves (1976), aucune des définitions des HEs n'a le mérite d'être claire, ni précise. Les HEs sont des mélanges de divers produits issus d'une espèce végétale, ces mélanges passant avec une certaine proportion d'eau lors d'une distillation effectuée dans un courant de vapeur d'eau.

Cette définition a été reprise à peu de choses près par AFNOR et ISO : « l'huile essentielle est le produit obtenu à partir d'une matière première d'origine végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicerie frais de certains agrumes, soit par distillation. L'huile essentielle est ensuite séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques » (ISO, 1997; AFNOR, 2000).

Pour certains auteurs comme Carette (2000), il est important de distinguer entre l'huile essentielle et l'essence; cette dernière est une sécrétion naturelle élaborée par l'organisme végétal, contenue dans divers types d'organes producteurs, variables selon la partie de la plante considérée. En revanche, une huile essentielle est un extrait naturel de matières premières d'origine végétale, obtenu par distillation par la vapeur d'eau, c'est-à-dire que l'huile essentielle est l'essence distillée.

### **I.2.3. Répartition et localisation des huiles essentielles dans la plante**

Les HEs ne sont pas présentes chez tous les végétaux. Parmi les 1 500 000 espèces végétales, 10% seulement sont dites « aromatiques », c'est-à-dire qu'elles synthétisent et sécrètent des infimes quantités d'essence aromatique (Bruneton, 1999 ; Degryse *al.*, 2008).

Certaines familles se caractérisent par le grand nombre d'espèces à essences qu'elles regroupent, en particulier les Labiées, les Ombellifères, les Myrtacées et les Lauracées (Benayad, 2008).

Les HEs sont obtenues à partir de feuilles, de graines, de bourgeons, de fleurs, de brindilles, d'écorces, de bois, de racines, de tiges ou de fruits, mais également à partir de gommages qui s'écoulent du tronc des arbres (Daouda, 2015).

Les HEs sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent en général dans des cellules glandulaires spécialisées, situées en surface de la cellule et recouvertes d'une cuticule. Ensuite, elles sont stockées dans des cellules dites cellules à huiles essentielles, dans des poils sécréteurs, dans des poches sécrétrices ou dans des canaux sécréteurs (Bruneton, 1999).

## 1.2.4. Rôle biologique des huiles essentielles dans les plantes

Les plantes assurent leur défense par les structures physiques (épines, aiguilles, etc) ou chimiques (substances toxiques ou repoussantes). Beaucoup de plantes produisent les huiles essentielles en tant que métabolites secondaires, mais leur rôle exact dans les processus de la vie de la plante demeure le plus souvent obscure (Bruneton 1999 ; Zenasni.2014).

Il y a beaucoup de spéculation au sujet du "rôle" des 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 par les propriétés fongicides et bactéricides et contre les herbivores par goût et effets défavorables sur le système nerveux (El Kalamouni, 2010 ; Zenasni,2014).

Certains auteurs pensent que la plante utilise l'huile pour repousser ou attirer les insectes, et dans ce dernier cas, pour favoriser la pollinisation. D'autres considèrent l'huile comme source énergétique, facilitant certaines réactions chimiques, et conservant l'humidité des plantes dans les climats désertiques (El Kalamouni, 2010 ; Zenasni, 2014).

## 1.2.5. Production mondiale des huiles essentielles

La production d'huiles essentielles à partir des plantes sauvages ou des plantes cultivées est possible presque partout, sauf dans les pays les plus froids du monde et les régions couvertes de neige en permanence (Bousbia, 2011).

Les principaux pays producteurs des huiles essentielles se retrouvent à travers tous les continents, notamment certains pays méditerranéens tels que l'Italie, l'Espagne, le Portugal, la France, la Croatie, l'Albanie et la Grèce. Le continent asiatique, avec sa diversité de climats, semble être le producteur le plus important d'huiles essentielles dont la Chine et l'Inde jouent un rôle important dans la production mondiale suivies de l'Indonésie, du Sri Lanka et du Vietnam. Tandis que certains pays producteurs des huiles essentielles en Afrique, incluant le Maroc, la Tunisie, l'Egypte et l'Algérie avec la Côte d'Ivoire, l'Afrique du Sud, le Ghana, le Kenya, la Tanzanie et l'Ouganda, ont des productions mineures. Le continent américain est également l'un des plus grands producteurs des huiles essentielles, on note que les Etats-Unis, le Canada, et le Mexique possèdent une richesse très importante en matière végétale aromatique. Du côté de l'Amérique du Sud, les huiles essentielles sont principalement

produites par le Brésil, l'Argentine, le Paraguay, l'Uruguay, le Guatemala, et île du Haïti (Perfumer et Flavorist, 2009).

La production annuelle de quelques huiles essentielles dépasse 30 000 tonnes tandis que d'autres ne peuvent atteindre que quelques kilogrammes (Bousbia, 2011 ; Bouguerra, 2012). Certains chiffres d'estimation de la production, en tonnes, basées sur l'année 2008 sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 1:** Récapitulation des principales huiles essentielles produites et des principaux pays producteurs dans le monde en 2008 (Perfumer & Flavorist, 2009).

Huiles essentielles	Production (Tonnes)	Principaux pays producteurs
Huile d'orange	51000	USA, Brésil, Argentine
Huile de menthe des champs ( <i>Mentha arvensis</i> )	32000	Inde, Chine, Argentine
Huile du citron	9200	Argentine, Italie, Espagne
Huile de l'eucalyptus	4000	Chine, Inde, Australie, Afrique du Sud
Huile de la menthe poivrée	3300	Inde, USA, Chine
Huile du clou de girofle	1800	Indonésie, Madagascar
Essence de la citronnelle	1800	Chine, Sri Lanka
Huiles de la menthe verte	1800	USA, Chine
Huiles du bois de cèdre	1650	USA, Chine
Huile du patchouli	1200	Indonésie, Inde
Huile de la lavande	1100	France

## I.2.6. Procédés d'extraction des huiles essentielles

Les composés aromatiques doivent être extraits de leur matrice avant de pouvoir les utiliser (Mnayer, 2014).

Parmi de nombreuses techniques d'extraction des HEs, la distillation est la méthode la plus ancienne et également la plus utilisée. D'autres techniques plus récentes ont été développées afin d'améliorer le rendement ou la qualité des huiles essentielles extraites, diminuer le temps d'extraction et réduire la quantité du solvant utilisé (Besombes, 2008).

### I.2.6.1. Distillation

La technique d'extraction des huiles essentielles utilisant l'entraînement des substances aromatiques grâce à la vapeur d'eau est de loin la plus utilisée à l'heure actuelle. La méthode est basée sur l'existence d'un azéotrope de température d'ébullition inférieure aux points d'ébullition des deux composés, l'huile essentielle et l'eau pris séparément. Ainsi, les composés volatils et l'eau distillent simultanément à une température inférieure à 100 °C sous pression atmosphérique normale. En conséquence, les produits aromatiques sont entraînés par leur vapeur d'eau sans subir d'altérations majeures.

Il existe précisément trois différents procédés utilisant ce principe: l'hydrodistillation, l'hydrodiffusion et l'entraînement à la vapeur d'eau (Silou et *al.*, 2004).

#### I.2.6.1.1. Hydrodistillation

Il s'agit de la méthode la plus simple et de ce fait la plus anciennement utilisée. Le matériel végétal est immergé directement dans un alambic rempli d'eau placé sur une source de chaleur, le tout est ensuite porté à ébullition (Figure1). Les vapeurs hétérogènes sont condensées dans un réfrigérant et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité. L'huile essentielle étant plus légère que l'eau (sauf quelques rares exceptions), elle surnage au-dessus de l'hydrolat (Bruneton 1999). Cette technique a été appliquée dans de nombreux travaux (Abbes, 2014; Mnayer, 2014 ; Ouis, 2015).

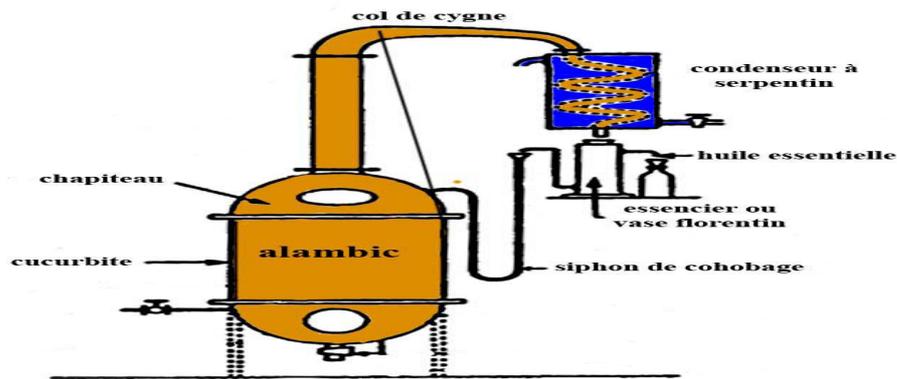


Figure 1: Extraction par l'hydrodistillation (Lucchesi, 2005).

### I.2.6.1.2. Entraînement à la vapeur

Les parties de plantes utilisées sont déposées sur une grille perforée au-dessus de la base de l'alambic, sans que le matériel végétal ne soit pas en contact avec l'eau (Lucchesi, 2005 ; Ferhat *et al.*, 2010). Les particules de vapeur d'eau, se dirigeant vers le haut, font éclater les cellules contenant l'essence et entraînent avec elles les molécules odorantes. La vapeur passe ensuite à travers un récipient réfrigérant où la température diminue, provoquant le déclenchement des molécules huileuses des particules de vapeur, qui se condensent en eau (Figure 2). L'huile et l'eau se séparent du fait de leurs poids spécifiques différents (Mnayer, 2014).

Pendant l'entraînement à la vapeur d'eau, la matière végétale est exposée à une température élevée et à l'action chimique de l'eau, et dans ces conditions, la fragilité thermique des constituants de l'huile ou l'hydrolyse de certains d'entre eux conduisent à la formation d'artéfacts (Lucchesi, 2005 ; Chikhoun, 2007).

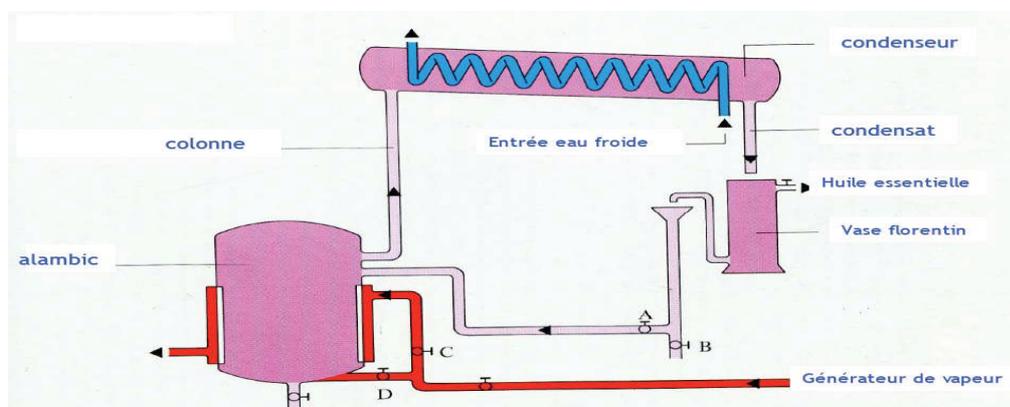
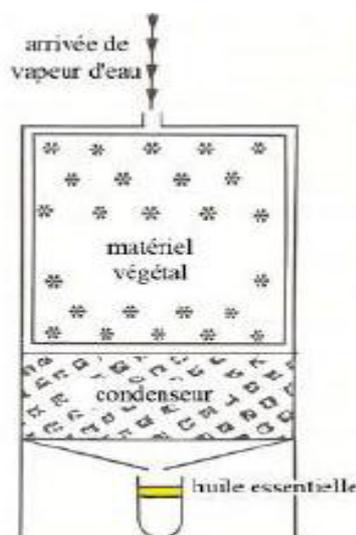


Figure 2: Extraction par entraînement à la vapeur d'eau (Bousbia, 2011)

### I.2.6.1.3. L'hydrodiffusion

Cette technique relativement récente est particulière. Elle consiste à faire passer, du haut vers le bas (*per descendum*) et à pression réduite, la vapeur d'eau au travers de la matrice végétale (Figure 3). Le principe de cette méthode réside dans l'utilisation de la pesanteur pour dégager et condenser le mélange « vapeur d'eau – huile essentielle » dispersé dans la matière végétale (Abbes, 2014).

Comme pour l'entraînement à la vapeur d'eau, l'hydrodiffusion présente l'avantage de ne pas mettre en contact le matériel végétal et l'eau. L'avantage de cette méthode est d'être plus rapide donc moins dommageable pour les composés volatils. Cependant, l'huile essentielle obtenue avec ce procédé contient des composés non volatils, ce qui lui vaut une appellation spéciale: « essence de percolation » (Merouane, 2013).



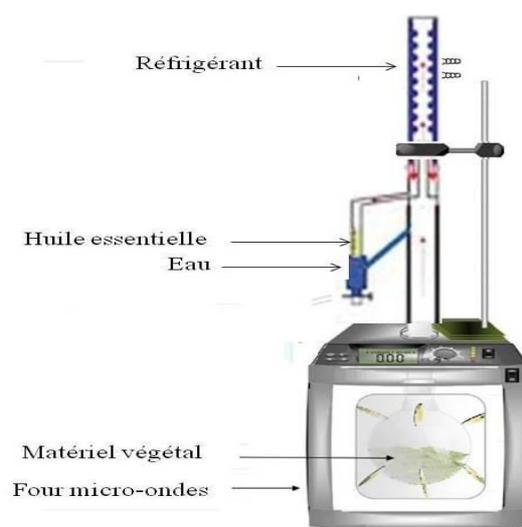
**Figure 3:** Extraction par l'hydrodiffusion (Lucchesi, 2005).

### I.2.6.2. Distillation assistée par micro ondes

Au début des années 1990 est apparue une toute nouvelle technique appelée hydrodistillation par micro-ondes sous vide ou VMHD (Vacuum Microwave Hydrodistillation). Dans ce procédé, la matrice végétale est chauffée par micro-ondes dans une enceinte close dans laquelle la pression est réduite de manière séquentielle (Figure 4) (Abbes, 2014).

La composition de l'huile essentielle obtenue par ce procédé est bien souvent semblable à celle obtenue avec un procédé d'entraînement à la vapeur traditionnel. Toutefois, une plus grande proportion de composés oxygénés est généralement observée dans les huiles

essentiels extraites par microondes. Ceci est dû à la faible quantité d'eau présente dans le système et à la rapidité du processus de chauffage. Ainsi, les dégradations thermiques et hydrolytiques des composés oxygénés sont limitées (Bendahou *et al.* 2007; Lucchesi *et al.* 2007). Cette technique présente donc beaucoup d'avantages: technologie verte, économie d'énergie et de temps, investissement initial réduit et dégradations thermiques et hydrolytiques minimisées (Chikhoun, 2007; Lucchesi *et al.* 2004). L'extraction par micro-ondes fait aujourd'hui l'objet de beaucoup d'études et ne cesse d'être améliorée (Bousbia, 2011).



**Figure 4 :** Extraction par micro onde (Mnayer, 2014)

### I.2.6.3 Extraction par ultrasons

Cette technique est apparue en 1950, avec des équipements de taille laboratoire. Elle représente une adaptation de l'hydrodistillation pour les huiles essentielles ou de l'extraction par solvants organiques pour les extraits aromatiques. En effet, la matière première est immergée dans l'eau ou dans le solvant, et dans le même temps elle est soumise à l'action des ultrasons (Ouis, 2015). Cette technique peut être utilisée pour l'extraction des huiles essentielles, mais elle a surtout été développée pour l'extraction de certaines molécules ayant un intérêt thérapeutique (Balouiri, 2011).

La technologie basée sur les ultrasons est utilisée dans de nombreux procédés tels que, la cuisson, la congélation, la cristallisation, le séchage, le dégazage, la filtration, le démoulage, la destruction de la mousse, l'émulsification, et les techniques d'extraction (Chemat *et al.*, 2011).

Aujourd'hui de multiples équipements ultrasoniques industriels existent sur le marché (Figure 5).



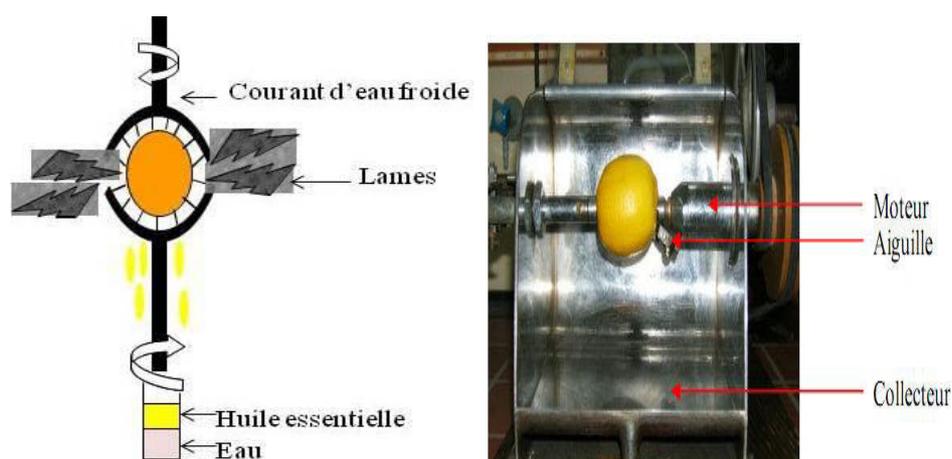
**Figure 5 :** Equipements ultrasoniques industriels : 50, 500 and 1000 l (Chemat et *al.*, 2011)

#### **I.2.6.4. Enfleurage**

L'enfleurage est une technique assez difficile. Elle date de l'antiquité égyptienne et est basée sur la forte affinité des molécules odorantes pour les graisses. Elle est réservée principalement aux organes fragiles que sont les fleurs. Le principe consiste à placer les fleurs odorantes dans la graisse, afin de laisser les arômes y pénétrer. Une fois saturée, celle-ci est ensuite lavée à l'alcool. Ce procédé a tendance à disparaître car il nécessite une forte main d'œuvre (Besombes ,2008 ; Lucchesi, 2005).

#### **I.2.6.5. Expression ou pression à froid**

L'expression ou pression à froid est spécifique des agrumes : citrons, oranges, mandarines, ect... (Figure 6). C'est une méthode assez simple qui consiste à briser mécaniquement par abrasion les poches à essence localisées au niveau de l'écorce ou du péricarpe du fruit pour en recueillir le contenu (Ouis, 2015).



**Figure 6 :** Extraction par expression à froid (Mnayer,2014)

### I.2.7. Facteurs influençant la qualité des huiles essentielles

Les huiles essentielles présentent une très grande variabilité, tant au niveau de leur composition, qu'au plan du rendement des plantes dont elles sont issues (Bouguerra, 2012).

Cette variabilité peut s'expliquer par différents facteurs d'origines intrinsèques, spécifiques du bagage génétique de la plante ou extrinsèques, liés aux conditions de croissance et de développement de la plante.

#### I.2.7.1. 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 « chimio types ou formes physiologiques » sont les principaux facteurs intrinsèques qui influencent la composition et le rendement des huiles essentielles (Bousbia, 2011; Bougueraa, 2012).

#### I.2.7.2. 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 (Bouguerra, 2012).

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, et les techniques de récolte sur la composition et le rendement des huiles essentielles (Bousbia, 2011 ; Bouguerra, 2012).

## **I.2.8. Analyses des huiles essentielles et critères de qualité**

Selon Buchbauer (2000), seulement une connaissance détaillée des constituants d'une huile essentielle mènera à une utilisation appropriée.

La Pharmacopée française et européenne, indique que 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 la masse volumique, l'indice de réfraction, l'indice d'acide, l'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, elles-mêmes identiques aux normes internationales de l'ISO (ISO, 1997).

Deux autres types d'analyse qui ont pour but d'identifier les différents constituants de l'huile essentielle afin d'en connaître la composition chimique: la chromatographie en phase gazeuse CPG et la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse CPG/SM. La chromatographie en phase gazeuse CPG est utilisée pour l'analyse quantitative et la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse CPG/SM pour l'analyse qualitative (Bouguerra, 2012).

La CPG et la CPG/SM 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. Des composés qui ne sont pas facilement séparés par CPG, et les molécules structurellement semblables comme les composés stéréoisomériques d'huiles essentielles sont analysés par la résonance magnétique nucléaire (RMN) (Bouguerra, 2012).

## **I.2.9. Composition chimique des huiles essentielles**

Les huiles essentielles sont constituées de mélanges complexes de composés organiques, possèdent des structures et des fonctions chimiques très diverses (Kehal, 2013).

Ces constituants appartiennent, de façon quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes (isopréniques,

monoterpènes, les sesquiterpènes, les diterpènes et les triterpènes) (Bruneton, 1999; Rhayour, 2002 ; Buchbauer, 2010) d'une part, et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane, beaucoup moins fréquents d'autre part (Bruneton, 1993; Bruneton, 1999; Mnayer 2014). Elles peuvent également renfermer divers produits issus de processus dégradatifs mettant en jeu des constituants non volatils (Bouguerra, 2012).

## **I.2.10. Propriétés physiques des huiles essentielles**

Malgré leurs différences de constitutions, les huiles essentielles possèdent un certain nombre de propriétés physiques communes. Elles sont généralement sous forme liquides à température ambiante et leurs grandes volatilités les opposent aux "huiles fixes" (lipides). Lorsqu'elles viennent d'être préparées, leurs teintes sont généralement comprise dans une gamme allant de l'incolore, à jaune pâle. Il existe toutefois quelques exceptions, comme l'huile essentielle de camomille romaine (*Anthemis nobilis*) qui possède une coloration bleu clair due à la présence du chamazulène (Rhayour, 2002).

Elles sont très inflammables et très odorantes, 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) (Rhayour, 2002).

Elles ont parfois un toucher gras ou huileux mais ce ne sont pas des corps gras. Par évaporation, elles peuvent retourner à l'état de vapeur sans laisser de traces, ce qui n'est pas le cas des huiles fixes (olive, tournesol ...) qui ne sont pas volatiles et laissent sur le papier une trace grasse persistante (Bouguerra, 2012). Les huiles essentielles ne sont que très peu solubles ou pas du tout dans l'eau. Entraînables 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. Par contre, elles sont solubles dans les solvants organiques usuels (Bouguerra, 2012). Elles sont très facilement altérables et sensibles à l'oxydation, mais ne rancissent pas (Abbes, 2014).

## **I.2.11. La stabilité des huiles essentielles**

La plupart des molécules constitutives des huiles essentielles sont insaturées, ce qui les rend instables et sensibles à l'altération. Selon les conditions de conservation. Les essences

naturelles peuvent être sujettes à des réactions secondaires telles que: le réarrangement moléculaire, la polymérisation, l'oxydation, la fermentation, l'hydrolyse, etc.

Pour éviter tous ces désagréments qui vont mettre en cause l'innocuité de l'huile, il convient de conserver les huiles essentielles dans des flacons en verres teintés (marron ou bleu) et les entreposer à l'abri de la lumière à des températures de 4°C. Dans ces conditions, les huiles d'agrumes et des conifères se conservent en moyenne d'un an à un an et demi, tandis que les autres huiles murissent et se bonifient en vieillissant (Schirner, 2001).

La micro encapsulation est une alternative faisable pour augmenter la stabilité des composés aromatiques, qui sont instables en réduisant l'oxydation et la volatilisation de ces derniers (Leimann et al., 2008).

## **I.2.12. Toxicité des huiles essentielles**

En dépit de leurs effets bénéfiques, les huiles essentielles sont loin d'être non-toxiques. La majorité des huiles essentielles, à de très fortes doses, causent des effets toxiques (Kehal, 2013).

Les huiles essentielles doivent être utilisées avec une extrême prudence, du fait qu'elles peuvent présenter de très graves dangers lors d'une utilisation aléatoire autonome,

Certaines d'entre elles sont dangereuses lorsqu'elles sont appliquées sur la peau en raison de leur pouvoir irritant (huiles riches en thymol ou en carvacrol) et allergène (huiles riches en cinnamaldéhyde) (Smith et al. 2000).

En général, chez l'homme des intoxications aiguës sont possibles. Les accidents graves (troubles digestifs, hypotension, hypothermie, confusion mentale) le plus souvent observées chez les petits enfants, sont provoqués par l'ingestion en quantité importante d'HE (10 à 30ml) (Kerbouche, 2013).

## **I.2.13. Domaine d'application des huiles essentielles**

Les industries alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques sont très intéressées par les propriétés de ces composés d'autant plus qu'il s'agit d'aromatisants naturels. De ce fait, beaucoup de chercheurs à travers le monde étudient leur potentiel en tant qu'agent de conservation (Burt 2004). Le tableau 2 nous renseigne sur quelques exemples de la diversité d'applications des huiles essentielles.

**Tableau 2 :** Exemples de la diversité d'applications des huiles essentielles (Grysole, 2005).

Huiles essentielles	Parfumerie		Alimentation	Médecine
	Cosmétiques	Technique		
<b>basilic</b>	Parfum		Arôme pour sauces et condiments	Antispasmodique régulateur du système
<b>citronnelle</b>		Arôme pour savons, désinfectant, éloigne les insectes	Arôme pour boisson et sucreries	
<b>eucalyptus</b>			Arôme pour boissons, sucreries, sucreries, crèmes glacées	Anti-inflammatoire
<b>géranium</b>	parfum	Arôme pour sucreries, chewing-gum		Anti-spasmodique, relaxant
<b>lemongrass</b>				Vasodilatateur, sédatif
<b>Menthe poivrée</b>		Saveur pour dentifrice	Saveur pour liqueurs, glaces, chewing-gum, chocolat	Antalgique, anesthésique, tonique, stimulant du système nerveux
<b>Menthe vert</b>			Saveur pour boissons, sucreries, crèmes glacées	Saveur pour les sirops par exemple

## **I.2.13.1. Applications en industrie alimentaire**

Durant ces dernières années, une attention croissante est tirée vers l'exploration des ressources naturelles à cause de la demande élevée des aliments sans additifs chimiques synthétiques. Les HEs par leurs propriétés antimicrobiennes et antioxydantes sont considérées le leader pour répondre à cette tendance (Wang et *al.*, 2010).

Un grand nombre d'études ont été effectuées sur les HEs dans des matrices alimentaires afin qu'elles puissent être appliquées comme alternatives potentielles des conservateurs synthétiques. Divers composants des huiles essentielles sont acceptés par la Commission européenne pour utilisation comme arômes dans les produits alimentaires (par exemple le linalool, thymol, l'eugénol, carvone, le cinnamaldéhyde, vanilline, le carvacrol, le citral et le limonène) et font partie de la liste des ingrédients GRAS (Generally Recognized As Safe) de l'administration américaine des denrées alimentaires et des médicaments (Food and Drug Administration) (Cherrat, 2013).

Ainsi, les HEs d'origan, de thym, de cannelle ou de coriandre sont efficaces pour les viandes, les volailles, les charcuteries et les légumes; l' HE de menthe pour les produits frais (salades, yaourts...); les HEs à base de carvacrol ou de citral pour les poissons; les HEs de thym, de noix de muscade ou de gingembre pour les céréales (plus particulièrement celles riches en carvacrol comme le riz); et les HEs à base de carvacrol ou de cinnamaldéhyde pour les fruits, elles sont aussi utilisées pour apporter de la saveur et un arôme raffiné au café, au thé, aux vins et aux liqueurs distillées (Caillet et Lacroix, 2007).

## **I.2.13.2. Applications en santé et soins**

Les huiles essentielles sont également utilisées en milieu clinique pour soigner des maladies inflammatoires, telles que les rhumatismes, les allergies ou l'arthrite (Zenasni, 2014). Les composés actifs agissent en empêchant la libération d'histamine ou en réduisant la production de médiateurs de l'inflammation. Un autre exemple est l'huile essentielle de géranium (Zenasni, 2014) ainsi que le linalol et son acétate (Peana), qui ont montré une activité anti-inflammatoire sur des œdèmes de pattes de souris induit par le carraghénane. Les huiles essentielles représentent donc une nouvelle option dans le traitement des maladies inflammatoires.

Elles peuvent aussi considérablement augmenter l'oxygénation et l'activité du cerveau, et inhiber la croissance bactérienne (Merouane, 2013).

L'usage des HEs en médecine ne fut jamais abandonné malgré la découverte de processus de synthèse organique et la naissance de l'industrie pharmaceutique. Elles sont considérées comme un réservoir irremplaçable des principes actifs (Merouane, 2013).

### **I.2.13.3. Applications en Parfumerie et cosmétologie**

L'utilisation des HEs dans les crèmes et les gels permet de préserver ces cosmétiques grâce à leurs activités antiseptiques et antioxydantes, tout en leur assurant leur odeur agréable (Rhayour, 2002).

### **I.2.13.4. Applications en aéro-ionisation**

Dans les locaux, on peut aseptiser l'atmosphère avec un ionisateur d'huiles essentielles. Il se forme ainsi des aérosols vrais aromatiques, ionisés, créant de l'oxygène naissant ionique, fortement bactéricide, tout en contribuant à dépolluer l'atmosphère (Rhayour, 2002).

Elles servent dans la fabrication du " paragerm ", solution volatile à base d'essences naturelles (citron, lilas) à activité bactéricide, acaricide et fongistatique qui s'est révélée sans aucune toxicité pour l'homme aux doses utilisées (Rhayour, 2002).

### **I.2.14. Réglementation et législation concernant les huiles essentielles**

Un certain nombre de composants des HEs ont été déclarés, par la commission Européenne de décision du 23 janvier 2002, comme arômes alimentaires. Ces arômes considérés comme ne présentant aucun risque pour la santé des consommateurs et font partie de la liste « Everything Added to Food in the US » de la FDA (Food and Drug Administration) (FDA, 2007), aux Etats –Unis ou ils sont « généralement reconnus comme sains » (Generally Recognised As Safe "GRAS" ou comme des additifs alimentaires approuvés (Neddrostova *et al.*, 2009). Les composés mentionnés sont : carvacrol, carvone, citral, thymol, cinamaldehydes, p-cymes, eugénol, limonène et le menthol (BURT *et al.*, 2007).

Selon l'Afssaps (2008) le règlement ce fixe une procédure communautaire dans le domaine des substances aromatiques utilisées ou destinées à être utilisées sur les denrées alimentaires, il définit les étapes qui conduiront à la publication d'une liste de substances aromatisante autorisée à l'exclusion de toute autre.

Pour choisir une bonne huile essentielle, il ne faut l'acheter que chez un revendeur officiel (laboratoire reconnu) et observer attentivement l'étiquette. La norme AFNOR (NET75-002) définit les règles générales d'étiquetage et de marquage des récipients contenant des huiles essentielles (AFNOR, 2004).

On doit y trouver : la mention « huiles 100% pure et naturelle », l'espèce botanique exacte de la plante utilisée, l'organe dont elle est issue, les spécificités biochimiques ou principes actifs (Degryse *et al.*, 2008).

### **I.3. Monographie d'*origanum compactum* (origan compact)**

#### **I.3.1. Généralité sur le genre origan**

##### **I.3.1.1. Historique et origine**

L'origan vient de 2 mots grecs, "*oros*" qui veut dire montagne et "*ganos*" qui signifie éclat; ce mot signifierait "ornement des montagnes" (Chikhouné, 2007).

Le genre *Origanum* (Famille des Lamiacées) comprend environ 70 espèces, sous-espèces, variétés et hybrides, est caractérisé par une diversité morphologique et chimique importante (Zenasni, 2014).

La plupart de ces espèces sont originaires du bassin méditerranéen. Environ 75% se trouvent dans l'Est méditerranéen et seulement quelques espèces se produisent dans la partie occidentale de la Méditerranée (Zenasni, 2014). Il est largement présent dans les îles Canaries et les Açores.

On peut le trouver aussi dans l'Europe du Nord et jusqu'à l'Est de l'Asie, à Cuba et dans l'île de la Réunion (Zenasni, 2014).

#### **I.3.2. Position systématique d'origan compact (O.C)**

Le tableau ci-dessous montre la position systématique de l'origan compact selon la classification d'Engler, 1924.

**Tableau 3 :** Position systématique d'origan compact (Engler, 1924)

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous- classe	Asteridae
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	Origanum
Espèce	<i>Origanum Compactum</i>

### I.3.3. Présentation et description d'*Origanum compactum*

L'*Origanum compactum* (Figure 7) est une plante endémique du Maroc et de l'Espagne méridionale (Jahandiez et maire 1934). Elle est commune dans le Nord et le Centre de notre pays. Les noms vernaculaires sont « zaatar tawlwi » et « zaatar », et ce dialectal est porté par d'autres origans du Maroc et divers thyms. Elle est considérée par les Marocains comme le vrai zaatar, c'est la plus recherchée (Zenasni, 2014).

**Figure 7:** Image de l'*Origanum compactum*

Ce genre contient des plantes aromatiques et médicinales, ce sont des petites arbustes ou des herbes pérennes avec plusieurs tiges, les feuilles sont ascendantes ou dressées, subsessiles ou pétiolées et des fleurs verticillées regroupées en épis denses ou en vrac, qui sont disposés dans une inflorescence paniculée ou corymbiforme (Zenasni, 2014).

Ces plantes sont rencontrées dans les forêts, broussailles et matorrals, sur des sols bien drainés, sous des bioclimats semi –arides et subhumides à variantes chaudes et fraîches et au niveau des étages de végétations thermo-méditerranéennes. Elles sont réparties dans le moyen atlas, le Maroc atlantique nord et le rif (Fennane et al., 2007).

### I.3.4. Huile essentielle d'origan compact

Le carvacrol est généralement le composé majoritaire de l'HE de l'origan compact (Oussalah et al., 2007). Depuis quelques années, l'incorporation d'HEs d'origan riches en carvacrol dans les additifs alimentaires pour animaux, suscite un grand intérêt (Mheen 2006).

Leurs propriétés permettent d'inhiber des bactéries indésirables (*Salmonella*, *Clostridium*, etc.) dans le conduit gastro-intestinal et de réduire le risque de diarrhée, améliorant ainsi significativement la santé et la croissance des animaux (Gunter et Bossow 1998).

Les espèces d'origan sont d'une grande importance et peuvent avoir plusieurs applications et domaines d'utilisations. Elles sont utilisées comme épices en cuisine, en médecine traditionnelle pour traiter les troubles de santé. Cependant, des études ont montré l'intérêt des plantes de ce genre en raison de leur effet antimicrobien, cytotoxique, insecticide, nématocide, antioxydant, hypoglycémiant et antithrombine (Zenasni, 2014).

#### I.3.4.1. Chromatographie des principaux constituants d'*origanum compactum*

L'analyse chromatographique des constituants de l'*origanum compactum* montre selon la littérature les concentrations suivantes (web1) :

- **Phénols:** carvacrol (39,19%), thymol (22,88%);
- **Monoterpénols:** linalol (1,41%), terinène-4-ol (0,44%), bornéol (0.16%);
- **Monoterpènes :** paracymène (11,11%), gamma-terpinène (14,40%), alpha-terpinène (1,80%), alpha-pinène+ thujène (1,67%), linonène (0,28%), myrcène (1,69%).
- **Autres composés:** bêta-caryophyllène (1,66%). (web1).

### II.2. L'oxydation

Maîtriser l'oxydation est indispensable pour gérer l'évolution des systèmes biologiques dans leur complexité, en particulier dans le cas des aliments dont la dégradation peut avoir des conséquences sur la sécurité alimentaire. L'activité antioxydante est évaluée soit par le dosage des produits formés (en particulier des hydroperoxydes) par des techniques photométriques plus ou moins directes, soit par la mesure de l'efficacité du composé à piéger des radicaux libres. (Chikhouné, 2007).

Après l'eau et l'air, la nutrition est le troisième élément essentiel de la vie. Les lipides constituent l'un des composés majeurs de notre nutrition. En raison de leurs insaturations, les lipides naturels sont très sensibles à l'oxydation. Le mécanisme d'oxydation le plus connu des lipides dans les aliments est l'auto-oxydation. Ce mécanisme comprend trois phases, initiation, propagation et terminaison. La (Figure 8) montre le mécanisme d'auto-oxydation des lipides (Chikhouné, 2007).

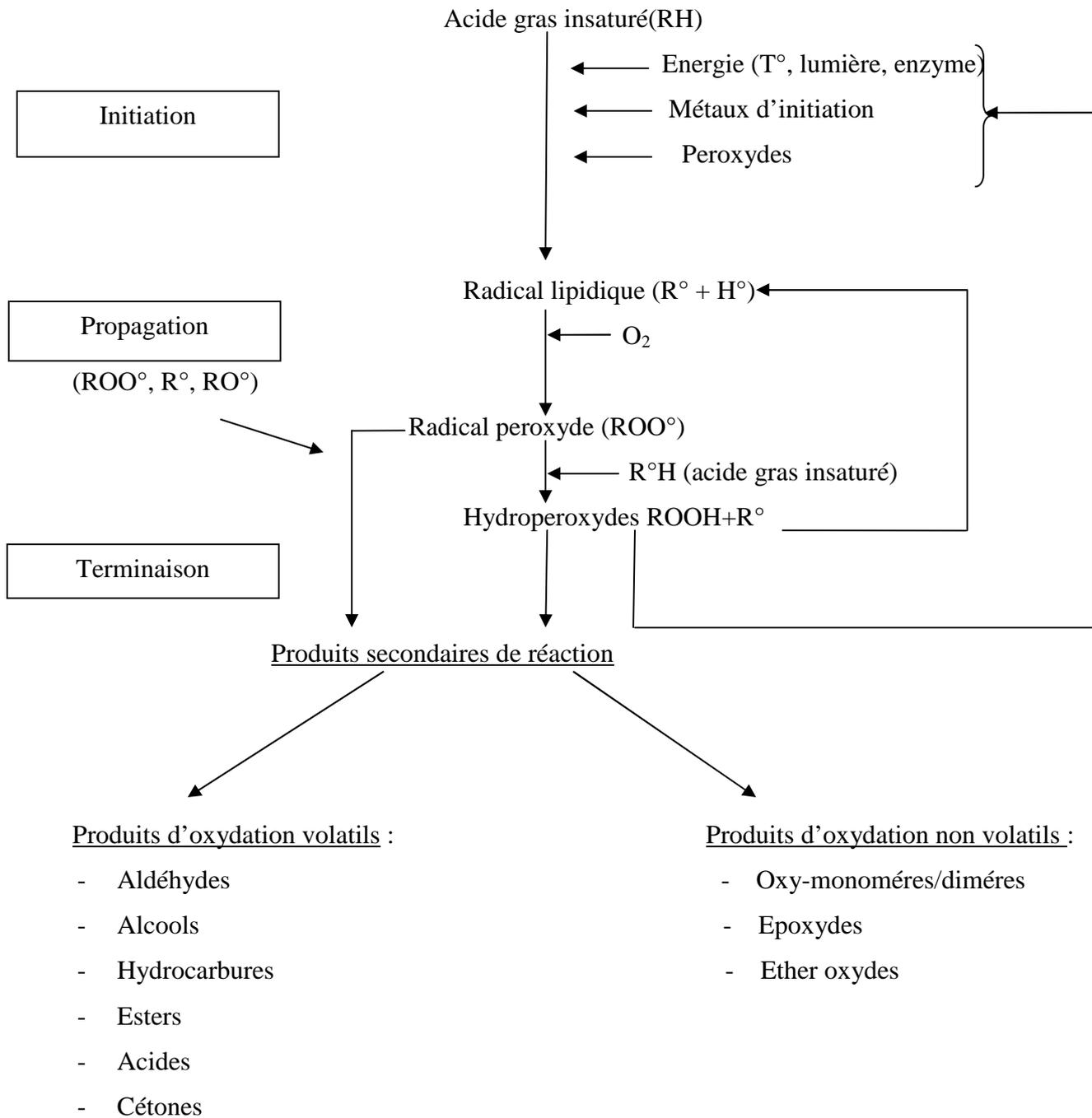


Figure 8: Mécanisme d'Auto-oxydation des lipides (Eymard, 2003).

II.2.1. Définition d'un antioxydant

La progression 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 (Bouguerra, 2012).

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 (Jeantet *et al*, 2006). 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 (Beirão & Bernardo-Gil, 2006).

L'anhydride sulfureux et ses combinaisons minérales ont été utilisés comme premiers antioxydants, mais ces composés possèdent un caractère fortement allergisant. On trouve aussi d'autres composés comme le gallate de propyle, le gallate d'octyle, le butylhydroxyanisole (BHA), le butylhydroxytoluène (BHT) et le tert-butylhydroquinone (TBHQ) (Bouguerra, 2012).

Le plus grand avantage de ces derniers est lié à leur coût bas d'une part, leurs propriétés chimiques et technologiques bien étudiées, qui satisfont dans la plupart des cas la demande des producteurs (Petkov *et al*, 1984) d'autre part.

Toutefois, il faut savoir que le BTH et le BHA ont été avérés cancérogènes, et ce dernier a été même éliminé de la liste des composés GRAS (Bouguerra, 2012). Le TBHQ a été interdit au Japon, au Canada et en Europe.

Par conséquent, il y a grand intérêt mondial pour la recherche de nouvelles sources d'antioxydants, naturelles et sûres (Bouguerra, 2012).

### **II.2.2. Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante**

L'activité antioxydante des extraits naturels est évaluée par de nombreuses méthodes physicochimiques (Bouguerra, 2012).

#### **II.2.2.1. Détermination de l'indice de peroxyde (IP)**

Cette méthode normalisée (AFNOR T60-220, AOCS Cd 8-53) permet de mesurer les produits primaires issus d'oxydation comme les peroxydes formés lors de l'oxydation

lipidique. Cet indice permet d'évaluer le degré d'oxydation des acides gras insaturés, et par conséquent le rancissement (Mnayer, 2014).

#### **II.2.2.2. Détermination des diènes conjugués**

La méthode de l'indice de peroxyde est complétée par la mesure des produits intermédiaires d'oxydation. Les diènes conjugués, qui apparaissent sur les acides gras comportent au moins deux doubles liaisons selon la norme AOCS Cd 7-58 (Mnayer, 2014).

#### **II.2.2.3. Indice p-anisidine**

La détermination de l'indice de para-anisidine permet, de déterminer les composés secondaires issus d'oxydation. L'indice de p-anisidine (IpA) permet la quantification des composés aldéhydiques, caractéristiques de l'odeur de rance (Mnayer, 2014).

#### **II.2.2.4. Méthode de sr-TBA (substance réactive acide thiobarbiturique)**

Cette méthode est couramment utilisée pour doser les produits secondaires de l'oxydation des lipides tels que les aldéhydes et par conséquent évaluer l'activité antioxydante. L'acide 2-thiobarbiturique (TBA) réagit avec le dialdéhyde malonique (DAM) pour former un complexe de couleur rose détecté par spectroscopie UV-visible à 532 nm (AOCS Cd-19-90) (Mnayer, 2014). La diminution de l'absorbance traduisant l'inhibition de l'oxydation peut être observée sous l'action des antioxydants.

#### **II.2.2.5. Méthode TEAC (*Trolox Equivalent Antioxidant Capacity*)**

Le test TEAC est le plus courant parmi toutes les méthodes utilisant un radical stable. Il a été décrit pour la première fois en 1993 par Miller et al (Miller et al, 1993). Ce test consiste en une mesure colorimétrique du transfert d'électrons d'un antioxydant vers un accepteur d'électrons du sel d'ammonium de l'acide 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique (ABTS<sup>•+</sup>)) (Mnayer, 2014).

#### **II.2.2.6. DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)**

Ce test permet de mettre en évidence d'une façon simple la capacité antiradicalaire d'un antioxydant. Cette méthode consiste à mesurer la capacité réductrice d'un antioxydant en présence d'un radical libre, le DPPH<sup>•</sup> (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) (Mnayer, 2014).

### II.2.2.7. Folin-Ciocalteu

La méthode de Folin-Ciocalteu est une méthode simple habituellement utilisée pour doser les polyphénols totaux d'un échantillon. Elle peut également mesurer la capacité réductrice d'un échantillon, et par conséquent représenter son activité antioxydante. Les teneurs en polyphénols totaux sont déterminées au moyen du réactif de Folin- Ciocalteu (Mnayer, 2014).

### II.2.2.8. FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*)

Cette méthode permet d'évaluer le pouvoir réducteur des composés. Elle est basée sur la réduction de l'ion ferrique ( $Fe^{+3}$ ) en ion ferreux ( $Fe^{+2}$ ) (Mnayer, 2014).

### II.2.2.9. Test de blanchissement du $\beta$ - carotène

Cette méthode est basée sur l'oxydation couplée du  $\beta$  -carotène et de l'acide linoléique solubilisés dans une solution aqueuse de tensioactif Tween 40. Elle consiste à mesurer la décoloration du  $\beta$  -carotène à 470 nm résultant de son oxydation par les radicaux peroxydes issus de l'acide linoléique. L'ajout d'un antioxydant dans ce système retarde la décoloration du  $\beta$  -carotène. Cette méthode permet de déterminer un pourcentage d'inhibition (Mnayer, 2014).

### II.2.2.10. TRAP (*Total Radical Trapping Antioxidant Parameter*)

La méthode TRAP développée par Wayner et al (Wayner, Burton, Ingold, & Locke, 1985) est basée sur la mesure d'oxygène consommé lors d'une réaction de peroxydation lipidique. Dans ce test, l'AAPH (un radical peroxyde très stable) est solubilisé dans un milieu aqueux avec l'antioxydant et un indicateur qui devient luminescent lorsqu'il est oxydé à 37°C.

### II.2.2.11. ORAC (*Oxygen Radical Absorbance Assay*)

La méthode ORAC (capacité d'absorption des radicaux oxygénés) est basée sur la décroissance de la fluorescence de la fluorescéine en présence de l'AAPH. En fait, les radicaux  $ROO^\circ$ , issus de la décomposition thermique de l'AAPH oxydent la fluorescéine en des produits non fluorescents (Mnayer, 2014).

### II.2.2.12. RPE (Résonance paramagnétique électronique)

La résonance paramagnétique électronique (RPE) est une technique relativement nouvelle pour étudier l'activité antioxydante des divers composés. C'est la seule méthode directe qui permet de mesurer la présence des radicaux libres. Elle utilise la propriété paramagnétique du radical libre, c'est-à-dire le magnétisme émis par l'électron célibataire de ce dernier. Cette méthode permet de détecter spécifiquement les radicaux libres impliqués dans l'auto-oxydation. Elle permet ainsi d'étudier l'effet de l'antioxydant sur ces radicaux (Mnayer, 2014).

### II.2.3. Essais de l'activité antioxydante des HEs dans les aliments

Quelques récentes publications ont rapporté que certaines huiles essentielles sont plus efficaces que quelques antioxydants synthétiques (Hussain *et al.*, 2008, 2010). Les effets antioxydants des HEs et d'extraits des plantes sont dus principalement à la présence des groupes d'hydroxyle dans leur structure chimique (Hussain, 2009).

Des études de l'équipe du Laboratoire de Recherche en Sciences Appliquées à l'Alimentation (RESALA) de l'Institut national de la recherche scientifique -Institut Armand-Frappier (INRS-IAF) ont montré que l'incorporation des huiles essentielles directement dans les aliments (viandes hachées, légumes hachés, purées de fruit...) où l'application par vaporisation en surface de l'aliment (pièce de viande, charcuterie, poulet, fruits et légumes entiers...) contribuent à préserver l'aliment des phénomènes d'oxydation (Caillet et Lacroix, 2007).

Par ailleurs, l'ajout de l'HE d'origan a un impact majeur sur la stabilité à l'oxydation de la viande de poulet (Botsoglou, Fletouris, Florou-Paneri, Christaki, & Spais, 2003).

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 les 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 (Cherrat, 2013).

### II.3. Activité antimicrobienne

La qualité microbiologique 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 sensorielles, nutritives et sanitaires (Rozier *et al.*, 1986).

#### II.3.1. Définition d'un antimicrobien

Le terme antimicrobien désigne toute substance utilisée pour détruire les microorganismes ou empêcher leur croissance. (Bouguerra, 2012). Ils agissent par différents mécanismes et peuvent être utilisés de diverses manières, selon les objectifs recherchés et selon leurs spécificités d'action. Cette dernière peut globalement être répartie en deux types : action bactéricide (ou germicide) pour les agents ayant une action létale sur les bactéries, et action bactériostatique pour les agents qui inhibent les bactéries sans les tuer.

#### II.3.2. Méthodes d'évaluation de l'activité antimicrobienne

L'examen des données bibliographiques fait apparaître d'emblée la diversité des méthodologies utilisées pour mettre en évidence l'activité antimicrobienne des huiles essentielles. Les techniques utilisées ont une grande influence sur les résultats. Ces méthodes utilisées donnent parfois des résultats différents selon les conditions opératoires expérimentales pour chaque manipulateur (Daouda, 2015).

L'insolubilité des huiles essentielles dans l'eau et d'une manière générale dans les milieux aqueux largement utilisés en microbiologie, est une des explications de la variété des techniques d'évaluation. Selon la souche microbienne, l'huile essentielle et l'application choisie, divers milieux de culture peuvent être mis en œuvre (Daouda, 2015).

##### II.3.2.1. Méthode de diffusion

###### II.3.2.1.1. Méthode de diffusion par disque

La FDA (*Food and Drug Administration*) est l'administration américaine des denrées alimentaires et des médicaments. Cet organisme a, entre autres, le mandat d'autoriser la commercialisation des médicaments sur le territoire des États-Unis. Elle a approuvé cette

méthode comme standard pour le comité national de laboratoire clinique (Tajkarimi, Ibrahim, & Cliver, 2010). Cette technique, fiable et reproductible, est souvent la plus utilisée pour l'évaluation de l'activité antibactérienne. Elle est semblable à l'antibiogramme qui permet de tester les antibiotiques. Elle constitue une étape préliminaire à des études plus approfondies car elle donne des résultats qualitatifs (Mnayer, 2014).

Cette méthode consiste à déposer un disque stérile, imbibé d'huile essentielle, sur la surface de géloseensemencée de bactérie tout au début de sa croissance, puis les géloses sont incubées dans les conditions optimales de température du microorganisme étudié pendant 24 à 48 h. L'obtention d'un halo clair autour du disque montre la zone où les bactéries n'ont pas pu se développer. Le diamètre de la zone d'inhibition, qui dépend de la sensibilité à l'HE, est mesuré en mm traduisant l'activité antibactérienne de l'huile essentielle (Mnayer, 2014).

### **II.3.2.1.2.Méthode des puits**

Le principe de cette technique est semblable à la méthode de disque, mais ce dernier est remplacé par un puits creusé stérilement sur la géloseensemencée. L'incubation des boîtes de Pétri à la température optimale de croissance du micro-organisme permet le développement des colonies. La formation d'un halo clair autour du puits indique l'absence de la croissance microbienne dont le diamètre dépend de la sensibilité à l'HE (Mnayer, 2014).

### **II.3.2.2.Méthode de dilution**

La méthode de dilution consiste à faire une série de dilution d'une gamme de concentration en huile essentielle à laquelle une suspension bactérienne est inoculée. Le but est de déterminer la concentration la plus faible de l'HE qui inhibe la croissance de la bactérie testée exprimée en  $\mu\text{L}/\text{mL}$  ou  $\text{mg}/\text{mL}$ . Cette technique est utilisée pour les bactéries qui ont présenté une sensibilité aux HEs par les méthodes de diffusion (Mnayer, 2014).

#### **II.3.2.2.1. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)**

La CMI correspond à la plus faible concentration en huile essentielle capable d'inhiber la croissance bactérienne (Burt, 2004; Oussalah, Caillet, Saucier, & Lacroix, 2007). Généralement, la CMI n'est pas bactéricide et les colonies bactériennes peuvent se développer après repiquage sur un milieu s'il n'y pas d'inhibiteur.

La technique consiste à introduire l'inoculum dans une gamme de concentration décroissante en huile essentielle. L'ensemble des tubes inoculés est incubé à la température optimale de la croissance du germe pendant 24 à 48 h. Après incubation, l'observation de la gamme permet d'accéder à la CMI de l'HE qui est le premier tube dépourvu de croissance bactérienne (Mnayer, 2014).

### **II.3.2.2.2. Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB) en milieu solide**

La concentration minimale bactéricide (CMB) correspond à la concentration en HE nécessaire à laquelle l'action bactéricide est totale. Elle est rapportée comme étant la plus faible concentration où aucune croissance n'est observée après repiquage en milieu nutritif frais ou bien la concentration capable d'engendrer 99,9% de mortalité des cellules bactériennes initiales (Mnayer, 2014).

Le test de la CMB succède directement au test de la CMI. En fait, la même gamme de concentration réalisée par la technique de dilution par la CMI est utilisée pour déterminer la CMB de l'huile essentielle à tester. La CMB est considérée comme étant la concentration minimale en HE pour laquelle aucun développement bactérien n'est observé.

### **II.3.2.3. Autres méthodes**

Il existe d'autres méthodes pour l'évaluation de l'activité antibactérienne des HEs, on peut citer :

#### **II.3.2.3.1. Dynamique d'action des huiles essentielles par mesure de la décroissance bactérienne (*Time-kill assay*)**

Cette méthode permet de caractériser l'activité antibactérienne d'une huile essentielle au cours du temps. Elle permet d'évaluer la décroissance des bactéries soumises à une concentration donnée en huile essentielle, sur plusieurs heures (Mnayer, 2014).

#### **II.3.2.3.2. Microscopie électronique à transmission**

Cette méthode consiste à observer les effets d'une huile essentielle au niveau cellulaire. Elle est principalement adaptée pour visualiser les altérations au niveau de la paroi ainsi que la perte du contenu cytoplasmique (Mnayer, 2014).

#### **II.3.2.3.3. Compte total de viables (*total viable count* (TVC))**

Cette méthode consiste à utiliser une gélose de dénombrement (*plate count agar*) pour quantifier, après l'utilisation de l'inhibiteur, la concentration bactérienne présente dans les produits alimentaires tels que la viande, le lait, les produits à base de viande, etc. Elle est exprimée en unité formant colonie (UFC) par g ou par ml d'échantillon (Mnayer, 2014).

### II.3.3. Essais de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles dans les aliments

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, améliorant de ce fait la sécurité alimentaire (Bouguerra, 2012).

Plusieurs travaux ont montré que les huiles essentielles de thym, d'origan, de cannelle et d'autres plantes aromatiques ont un effet inhibiteur sur la croissance et la toxigenèse de plusieurs bactéries et champignons responsables de toxi-infections alimentaires (Bouguerra, 2012).

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. Il y est rajouté pour améliorer le goût et pour empêcher le développement des contaminants alimentaires (Rhayour, 2002).

Des huiles essentielles d'eugénol, de clou de girofle, d'origan et du thym se sont avérées efficaces à un niveau de 5-10 $\mu$ l/g pour *Listeria monocytogenes* dans des produits à base de viande (Rhayour, 2002). 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 (Gill *et al.*, 2002).

Les études de Caillet et Lacroix (2007) ont montré que l'incorporation d' HEs dans la viande hachée du bœuf a contribué au maintien de la qualité microbiologique et à la réduction de l'oxydation des gras au-delà de sa durée normale d'entreposage. Ils ont aussi démontré que l'utilisation des HEs pouvait augmenter la sensibilité des bactéries à différents procédés de conservation des aliments (chauffage, pasteurisation, atmosphère modifiée).

Selon la bactérie et le procédé utilisé, la sensibilisation augmente de 2 à 10 fois. Par exemple, l'HE mélangée à des carottes hachées, emballées sous air ou sous atmosphère modifiée (AM ou MAP: Modified Atmospheres Packaging en anglais) permet de multiplier par trois la sensibilité de *Listeria sp.*, de même que pour de la viande hachée emballée sous les

mêmes conditions, une augmentation très significative de la sensibilité d'*E. Coli* (2,5 fois) et de *Salmonelle* (4,5 fois) est constatée en présence d' HEs. Aussi, l'HE combinée à un chauffage doux (55 °C pendant 1 minute) a permis d'inhiber totalement *Salmonelle*, alors qu'en absence d'huile, un chauffage de plus d'une heure était nécessaire pour arriver au même résultat. Cependant, le seuil d'efficacité des huiles les plus efficaces étant très bas, souvent inférieur à 0.1%, leur ajout en très faibles quantités n'altère pas les qualités organoleptiques de l'aliment (Caillet & Lacroix, 2007).

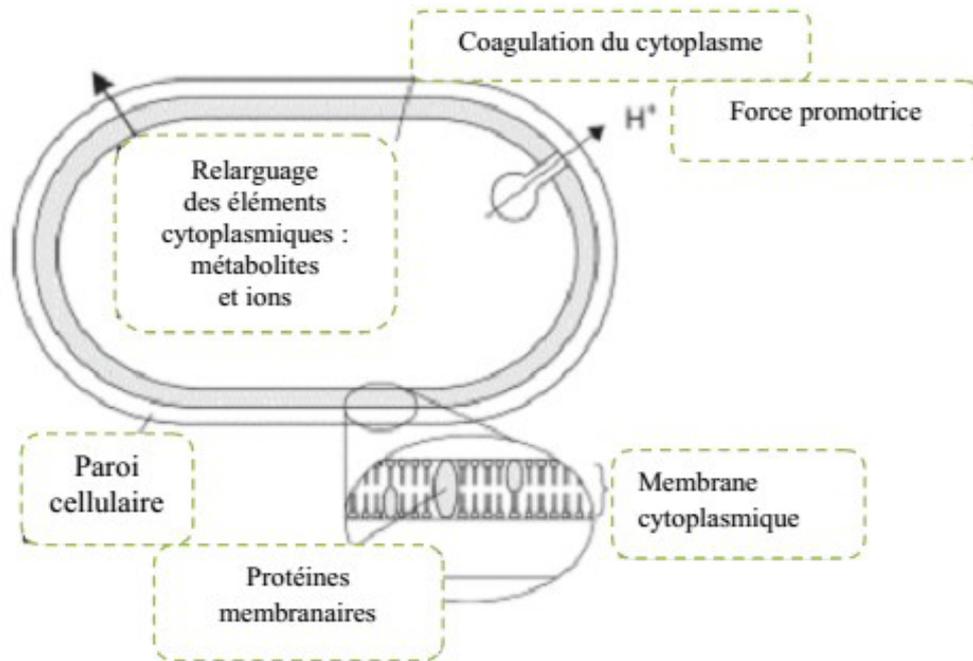
D'autres investigations ont été effectuées pour évaluer l'efficacité de quatre HEs de plantes: Laurier, clou de girofle, cannelle et thym en tant que conservateurs normaux. L'effet d'HEs aux concentrations de 0,1 de 0,5 et de 1 % a été étudié sur un fromage à pâte molle à faible teneur en matière grasse et à matière grasse naturelle contre *Listeria monocytogenes* et *Salmonella enteritidis* à 4°C et à 10°C respectivement, sur une période de 14 jours. Ils ont conclu que les HEs des plantes choisies agissent comme inhibiteurs potentiels contre *L. monocytogenes* et *S. enteritidis* dans ce produit alimentaire (Abbes, 2014).

### II.3.4. 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'action différents, liés à la nature chimique de ces composés (Skandamis et al, 2001; Burt, 2004). La plupart des mécanismes d'action sont attribués à l'interaction des composants des HEs avec la membrane cellulaire (Abbes, 2014).

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 (Abbes, 2014).

D'autres mécanismes d'action proposés sont liés à la coagulation des constituants cellulaires par la dénaturation des protéines (Abbes, 2014). Les HEs extraites de cannelle et de l'ail peuvent inhiber l'activité enzymatique des bactéries du rumen telle l'espèce *Enterobacter aérogènes*. La figure 9 nous montre les sites d'action des HEs sur la cellule bactérienne.



**Figure 9:** Sites d'action des Huiles essentielles sur la cellule bactérienne (Burt, 2004)

### III.2. Généralités sur la conservation des aliments

L'un des principaux problèmes de l'industrie agro-alimentaire est d'assurer une bonne conservation des aliments, entre autre la prévention des phénomènes d'oxydation. En effet, au niveau des lipides, les dégradations oxydantes conduisent à une perte en vitamines, une diminution de la valeur nutritionnelle, une détérioration du goût et même parfois à l'apparition de substances toxiques (Nessrien & Mohamed, 2007).

#### III.2.1. Stratégies et méthodes générales de conservation des aliments

Différentes stratégies ont été mises à point pour assurer la sécurité et la qualité des aliments ainsi que de prolonger leur durée de vie. Les principales techniques de conservation actuellement utilisées pour prévenir ou retarder la détérioration sont résumées dans le tableau (4) (Cherrat, 2013):

**Tableau 4.** Méthodes traditionnelles de conservation des aliments (Ait-Ouazzou, 2012).

Séparation des micro-organismes	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Filtration</li> <li>◆ Décantation</li> <li>◆ Centrifugation</li> </ul>
Réduction du métabolisme microbien et de l'activité enzymatique	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Les basses températures : réfrigération ; congélation.</li> <li>◆ Réduction de l'activité de l'eau</li> <li>◆ Acidification</li> <li>◆ Fermentation</li> <li>◆ Atmosphères modifiées</li> <li>◆ Conservant</li> </ul>
Inactivation des micro-organismes et des enzymes	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Traitements thermiques : pasteurisation ; stérilisation.</li> </ul>

### III.2.1.1. Les traitements thermiques

La cause majeure de la détérioration des aliments reste principalement les microorganismes (bactéries, levures et moisissures) qui peuvent être dangereusement nocifs pour la santé des consommateurs. Le traitement thermique (pasteurisation ou stérilisation) est la méthode la plus communément utilisée par l'industrie agro-alimentaire pour l'inactivation des micro-organismes et des enzymes (Sergelidis and Abraham, 2009). Il est considéré comme la seule méthode capable d'assurer la stabilité et la sécurité des produits traités (Cherrat, 2013).

### III.2.1.2. Nouvelles stratégies de conservation alternatives (Méthodes non thermiques)

Bien que les traitements thermiques soient capables d'inactiver les enzymes et les microorganismes, les propriétés organoleptiques et nutritionnelles des aliments par contre peuvent en être affectées à cause de la dénaturation des protéines, ainsi que la perte de vitamines et de saveurs.

C'est pourquoi le développement de technologies alternatives non thermiques a reçu une attention considérable en réponse à la demande de la part des consommateurs pour avoir des produits plus frais, naturels et sûrs (Jeyamkondan et *al.*, 1999). Ces techniques ont la possibilité d'inactiver les microorganismes à des températures proches d'ambiante et ainsi éviter les effets néfastes de la chaleur intense sur les qualités nutritionnelles et organoleptiques des aliments (Cherrat, 2013).

Ces méthodes font l'objet d'un grand nombre de recherche pour évaluer leur potentiel comme une alternative ou comme des processus complémentaires aux méthodes traditionnelles (Cherrat, 2013).

Divers traitements non thermiques existent à savoir ceux reposant sur les hautes pressions hydrostatiques, les champs électriques de haut voltage, les pulsations lumineuses, l'irradiation, les champs magnétiques et les ultrasons (Cherrat, 2013).

### **III.2.1.2.1. Le champ électrique pulsé**

Le champ électrique pulsé (Pulsed Electric Field) est un procédé non-thermique utilisé dans le traitement d'aliments liquides ou fluides.

Le champ électrique pulsé consiste en l'application d'impulsions électriques de courte durée (1-20 $\mu$ s) et de forte intensité. L'aliment est placé entre deux électrodes dont l'une est mise à terre et l'autre reliée à un courant pulsé entraînant ainsi un champ électrique élevé entre (20-40 kV/cm) (Casp and Abril, 2003).

### **III.2.1.2.2. Les hautes pressions hydrostatiques**

Les hautes pressions hydrostatiques (HPH) est une technique qui reçoit actuellement un grand intérêt en tant que méthode pour la destruction des micro-organismes pathogènes et d'altération des aliments. Cette méthode consiste en l'application de niveaux élevés de pressions statiques (50-1000 MPa) de façon continue pendant un certain temps à des aliments solides ou liquides conditionnés dans des emballages souples. La pression appliquée à un système permet un traitement uniforme et isostatique quelle que soit la taille, la forme et le volume de la matière traitée (Cherrat, 2013).

### III.2.2. Processus combinés de conservation

La conservation des aliments par le biais de processus combinés consiste en l'utilisation de diverses méthodes de conservation afin de réduire et limiter leur intensité tout en maintenant ou en améliorant l'effet conservateur souhaité. Les processus de préservation combinés appelés aussi technologie de barrière ou d'obstacle (Hurdle technology en anglais) préconisent l'utilisation de manière intelligente des méthodes de conservation existantes et nouvelles mais de moindre intensité, au lieu d'un seul système de conservation à haute intensité, ce qui permet d'obtenir des aliments de meilleure qualité et microbiologiquement sûrs, tout en préservant leur caractéristiques sensorielles et nutritionnelles (Casp and Abril, 2003).

Des processus de combinaisons réussis dépendent non seulement de l'augmentation de l'inactivation microbienne mais aussi de la compatibilité des processus sélectionnés (Cherrat.2013). Il existe dans la littérature divers exemples de processus combinés avec des résultats très prometteurs montrant des effets additifs ou synergétiques. L'inactivation d'*E. Coli* O157:H7 par le champ électrique pulsé a été améliorée synergiquement en baissant le pH de 6,4 à 3,4 par utilisation de l'acide sorbique ou benzoïque (Liu et al., 1997). D'autres études ont mis en évidence l'effet synergétique de la combinaison de traitements modérés des ultrasons et des hautes pressions hydrostatiques ou traitement thermique (Raso et al., 1998; Pagan et al., 1999). Aussi, d'autres combinaisons ont été testés dans d'autres travaux à savoir le champ électrique pulsé et les ultrasons, les HPH et l'irradiation (Crawford et al., 1996), les HPH et un traitement thermique modéré (Patterson and Kilpatrick, 1998).

Les extraits des plantes aromatiques et médicinales spécialement les huiles essentielles, qui ont montré d'importantes propriétés antibactériennes, apparaissent prometteuses pour une utilisation combinée avec d'autres méthodes de préservation. Diverses combinaisons ont été étudiées, avec des traitements thermiques modérés et le champ électrique pulsé et les HPH (Cherrat, 2013)

### III.2.3. Conservateurs traditionnelles

Depuis l'antiquité, les aliments ont toujours été préservés par certains produits naturels qui peuvent jouer le même rôle que les conservateurs chimiques (Métali et al., 2016). Le tableau 5 montre quelques conservateurs alimentaires traditionnels.

**Tableau 5:** Quelques conservateurs alimentaires traditionnels (Métali et al., 2016).

Conservateurs	L'aliment conservé	Précautions
<b>Le sucre</b>	Les fruits (confitures, fruits au sirop)	*La proportion de sucre doit atteindre au moins 50 % pour empêcher la croissance des bactéries.  *une stérilisation par chauffage.
<b>Les acidifiants (les vins et les vinaigres 2%)</b>	Les légumes	*Elle doit être associée à un autre procédé de conservation (sucre, sel ou stérilisation).
<b>Le sel (8 %)</b>	La viande, les légumes et les poissons	*Pour éviter l'altération du goût, les aliments sont souvent séchés après salaison (charcuteries, par exp).
<b>La saumure (sel, 0,4 % de nitrite)</b>	Les poissons	*Les aliments se conservent mieux s'ils ont été fumés au préalable.
<b>Le fumage</b>	La viande et les poissons	*Le salage est souvent associé au fumage.  *éviter de consommer les parties noires cancérigènes.

### III.2.4. Conservateurs chimiques

Les conservateurs chimiques sont des additifs autorisés que les industriels utilisent afin de prolonger la durée de consommation des aliments (Métali et al., 2016). Ils empêchent la croissance de micro-organismes susceptibles d'entraîner la détérioration des aliments et/ou responsables des intoxications alimentaires, et protègent ceux-ci des effets de l'oxygène (Métali et al., 2016). Le tableau ci-dessous montre quelques conservateurs chimiques autorisés.

**Tableau 6:** Quelques conservateurs chimiques autorisés (Métali et al., 2016) :

<b>Conservateurs autorisés</b>	<b>Quelques usages</b>
<b>Acide benzoïque (E 210)</b>	Confitures allégées, fruits confits, légumes au vinaigre.
<b>Propionate de calcium (E 282)</b>	Pains de mie, pâtisseries.
<b>Sorbate de sodium (E 201)</b>	Fromages, vins, fruits séchés et en purée.
<b>Nitrite de potassium</b>	Charcuteries, harengs.
<b>Natamycine (E 235)</b>	Fromages, saucissons.
<b>Disulfite de potassium</b>	Fromages, saucissons.

### III.2.4.1. Inconvénients des additifs alimentaires

La présence d'antioxydants dans l'alimentation est devenue essentielle pour la qualité et la sécurité de l'aliment. Les effets négatifs des antioxydants synthétiques encouragent à leur substitution par des agents naturels (El Kalamouni, 2010).

On peut citer quelques effets négatifs des additifs alimentaires sur la santé (El Kalamouni, 2010) :

- les allergies et les réactions asthmatiques ;
- l'hyperactivité ;
- les cancers.

### III.2.5. Bioconservation alimentaire par les huiles essentielles

La bioconservation alimentaire est l'utilisation des composés d'origine organique provenant de sources naturelles pour la protection de la qualité des produits alimentaires et la santé des consommateurs. Actuellement, les huiles essentielles et leurs composants représentent un outil très intéressant pour augmenter la durée de conservation des produits alimentaires (Caillet et Lacroix, 2007).

Ces substances naturelles sont riches en composés antimicrobiens et antioxydants. Elles pourraient donc servir d'agents de conservation alimentaire (Caillet et Lacroix, 2007).

De nombreux auteurs (Lin *et al.*, 2004 ; Oussalah *et al.*, 2006 ; Caillet et Lacroix, 2007), ont rapporté que les HEs peuvent être ajoutées pratiquement à tous les aliments.

### III.2.6. Viande et produits carnés

La durée de conservation des viandes fraîches reste toujours une préoccupation majeure pour l'industrie. Plusieurs facteurs peuvent interférer dans la stabilité de la viande et, par conséquent, dans la durée de conservation de cette dernière. L'interaction entre les différents facteurs et, dans certains cas, le manque de connaissance concernant ces interactions a contribué significativement à la difficulté de trouver une solution définitive au problème de décoloration (Boudechicha, 2014).

Aussi, la consommation de produits carnés est à l'origine d'intoxications causées par des bactéries qui se développent dans la viande qui n'est pas conservée dans des conditions adéquates. Bien qu'il existe de nombreux types d'intoxications alimentaires, il est relativement simple de les prévenir de la viande fraîche (Boudechicha, 2014).

### III.2.7. La qualité de la viande

La qualité se définit comme «l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un service ou d'un produit qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites» (Habi, 2016).

Selon Vautier (Vautier ,2005), pour le consommateur, la qualité d'un aliment peut être définie à partir d'un certain nombre de caractéristiques, à savoir :

- qualité sensorielle ;
- qualité microbiologique ;
- qualité technologique.

#### III.2.7.1. Qualités sensorielles de la viande

Il s'agit des caractéristiques perçues par les sens du consommateur. Elles recouvrent la couleur, la tendreté, la jutosité et la flaveur. De ce fait, elles jouent un rôle prépondérant dans la préférence alimentaire. On parle aussi des propriétés sensibles ( Boudechicha, 2014).

##### III.2.7.1.1. La couleur

La couleur est la première caractéristique perçue par les consommateurs, ces derniers utilisent à tort ou à raison la décoloration comme un indicateur de la nature et de la détérioration éventuelle de la qualité du produit ( Habi, 2016).

##### III.2.7.1.2. La flaveur

La flaveur de la viande est le résultat complexe des sensations olfactives et gustatives. Elle représente ce qui est perçu par le nez interne (arômes), la langue et les muqueuses buccales, qui elles mêmes détectent les saveurs. La viande crue a une flaveur peu prononcée (Iberraken, 2007).

##### III.2.7.1.3. La jutosité

La jutosité, appelée aussi succulence se présente sous deux aspects : la jutosité initiale, et seconde. La première est perçue au premier coup de dent, elle est surtout liée à la quantité d'eau présente et libérée lors de la mastication, alors que la seconde est en relation avec la teneur en lipides de la viande, qui induit une plus ou moins grande salivation, et elle

représente le caractère plus ou moins sec de la viande au cours de la consommation (Boudechicha, 2014).

### **III.2.7.1.4. La tendreté**

La tendreté correspond à une somme de sensations perçues lors de la mastication de la viande et désigne la facilité avec laquelle celle-ci se laisse trancher ou mastiquer. À l'inverse, la dureté désigne la résistance que la viande présente au tranchage ou à la mastication (Iberraken, 2007).

### **III.2.7.2. Qualité Microbiologique de la viande**

La viande est un substrat favorable au développement des micro-organismes pathogènes et qui peuvent produire des substances toxiques. Il s'agit donc d'un produit fragile, qui en raison du danger présenté par les altérations et la présence éventuelle de germes pathogènes doit être strictement surveillé (Habi, 2016).

### **III.2.7.3. Qualités technologiques de la viande**

Les caractéristiques technologiques représentent l'aptitude de la viande à la conservation et à la transformation (Rankansou, 2008).

#### **III.2.7.3.1. Le pouvoir de rétention d'eau**

Le pouvoir de rétention d'eau ou capacité de rétention d'eau est la capacité qu'a la viande à retenir fermement sa propre eau ou de l'eau ajoutée, lors de l'application d'une force quelconque (Habi, 2016). Il est primordial de prendre en compte ce paramètre parce qu'il influence la rentabilité du secteur de la transformation et, plus important encore, les qualités organoleptiques de la viande.

#### **III.2.7.3.2. Le pH**

Bien qu'il s'agisse en fait d'un paramètre chimique, le pH est habituellement classé parmi les caractéristiques technologiques parce qu'il influence de façon très importante sur

l'aptitude à la conservation et à la transformation des viandes (Iberraken ,2007 ; Rankansou, 2008).

La valeur du pH intramusculaire mesuré *in vivo* est proche de 7. Dans les heures qui suivent l'abattage, on observe, au sein du tissu musculaire, une chute du pH liée à l'accumulation de l'acide lactique produit par la dégradation du glycogène intramusculaire.

Lorsque les réserves de glycogène ont été épuisées, on observe une stabilisation du pH. C'est le pH ultime ou pH final dont la valeur est proche de 5,5. La valeur finale atteinte influence très fortement l'aptitude à la conservation de la viande : ainsi par exemple, un pH élevé, supérieur à 6, favorise le développement des microorganismes altérants, responsables d'une altération du goût et de l'odeur de la viande, mais aussi des micro-organismes pathogènes (Iberraken, 2007).

### III.2.8. Contamination de la viande

La microflore initiale de la viande regroupe les germes provenant de l'animal vivant jusqu'à l'obtention de la carcasse, mais avant le lavage de celle-ci.

La succession des opérations d'abattage offre une multitude de possibilités de contacts directs (retournement du cuir) et indirects (le matériel, les hommes...) entre les masses musculaires et les éléments contaminés. Chacun de ces contacts entraîne le dépôt de nombreux germes en surface des carcasses (Habi, 2016).

### III.2.9.Types de contamination de la viande

De nombreuses études microbiologiques réalisées sur la viande ont permis de confirmer la présence de différents microorganismes sur la viande, soit qu'il s'agit de la viande fraîche, de la viande hachée ou des préparations à base de viande (Habi, 2016).

#### III.2.9.1. Contamination profonde

La viande peut être contaminée en profondeur *in vivo*. Cette contamination n'est pas très fréquente car les animaux malades sont systématiquement éliminés. Néanmoins, il reste les animaux apparemment sains. Des contaminations au cours de l'abattage et de la préparation des carcasses par l'environnement, la peau (le cuir), les instruments, les manipulateurs et les matières fécales aussi peuvent avoir lieu. Parmi les causes, les matières fécales sont les plus redoutées (Habi, 2016). . Elle se situe aux environs de  $10^{-2}$  germes /g.

### III.2.9.2. Contamination superficielle

La contamination superficielle des carcasses est beaucoup plus importante que la contamination en profondeur. Elle se situe aux environs de  $10^3$  à  $10^4$  germes/cm<sup>2</sup>. Ces derniers proviennent essentiellement de l'animal lui-même (poils, excréments), de

l'environnement d'abattage (sol, manipulateurs) des ateliers de découpe et des chambres de stockage (Habi, 2016).

### III.2.10. Conséquences de la contamination

Si l'hygiène est insuffisamment ou n'est pas du tout appliquée, il y a un risque de contamination de la viande. En effet, les microbes et d'autres agents non microbiens présents dans les denrées alimentaires peuvent être à l'origine de maladies telles que : les toxi-infections et intoxications alimentaires et les maladies infectieuses d'origine alimentaire. Toutes ces manifestations sont regroupées sous le terme générique officiel de toxi-infection alimentaire collective (TIAC) (Habi, 2016).

La contamination microbienne de la viande, ne se manifeste pas obligatoirement par une altération. Puisque la majorité des bactéries rencontrées sur cet aliment, sont incapables de croître à des températures de réfrigération. Ces bactéries sont principalement utilisées comme indicateurs du respect des bonnes pratiques d'hygiène dans la filière viande, comme : la Flore Aérobie Mésophile, *Pseudomonas*, *Enterobacteriaceae* et *E. coli* (Ghafir, 2007).

### III.2.11. Altération de la viande

La dégradation de la viande par les bactéries en s'attaquant aux composés protéiques et lipidiques à cause de leurs activités protéolytiques et lipolytiques, contribue à l'altération des qualités organoleptiques des viandes. Cette dégradation fait apparaître des substances de faible poids moléculaire, responsables de l'aspect et de l'odeur des viandes altérées (Boudechicha, 2014).

### III.2.12. Conservation de la viande par les huiles essentielles

Certaines huiles essentielles présentent une meilleure activité antibactérienne que d'autres pour les applications des viandes et des produits carnés. Les huiles d'eugénol, clove, oregano et du thym ont montré plus d'efficacité à des niveaux de 5 à 20 µL/g pour l'inhibition de *Listeria monocytogens* et *A. hydrophila* (Skandamis and Nychas, 2001). Un taux élevé de

la matière grasse réduit très sensiblement l'action des huiles essentielles dans les produits carnés.

### III.3. La charcuterie

#### III.3.1. Introduction

Les produits de charcuterie et les salaisons entrent dans la définition des produits à base de viande. Ils sont consommés en l'état, éventuellement après cuisson ou réchauffage ou entrent dans la garniture des plats cuisinés (Rakansou, 2008).

La préparation des produits de charcuterie (mortadelle, merguez...) se fait selon des étapes de fabrication bien précises et dont la formulation et la composition en matière première et ingrédients varient d'une entreprise à l'autre. Traditionnellement ces produits carnés sont préparés à partir de la viande de porc, mais pour s'adapter aux exigences de la population musulmane, des produits à base de viande de bœuf sont commercialisés (Habi, 2016).

#### III.3.2. Historique

La pratique de la charcuterie remonte à des temps forts anciens, où le salage, le fumage étaient les seuls moyens disponibles pour conserver efficacement de la viande sans glace ni source de froid type réfrigérateur. Ce sont les Romains qui mirent en pratique une certaine façon d'accommoder les viandes et, plus précisément, celle de porc. Cette viande, il est vrai, se prête bien au salage et au fumage. En France, la profession de charcutier a eu du mal à s'imposer. Ce n'est qu'au XVe siècle que les charcutiers obtinrent le droit d'être les seuls à vendre de la viande de porc crue, cuite ou apprêtée. Ils durent attendre le XVIe siècle pour avoir l'autorisation de tuer eux-mêmes les cochons. Jusqu'alors, ils achetaient cette viande aux bouchers. Le terme apparu vers le XVIe siècle dérive de « chair cuite ». C'est en 1475 à Paris, que la corporation des charcutiers « chair cuitiers » devint autonome et distincte de celle des bouchers qui conservaient le privilège de vendre des chairs fraîches (Habi, 2016).

#### III.3.3. Définition de la charcuterie

C'est l'ensemble des préparations, ayant subi ou non une cuisson, réalisées à partir de viandes ou d'abats hachés et additionnés de graisse, d'aromates, d'épices (Rakansou, 2008).

La conservation des charcuteries, basée initialement sur le salage et le fumage a profondément évolué avec le développement de l'appertisation, puis de la chaîne du froid et des techniques de conditionnement. Ces procédés permettent d'obtenir une très grande variété de produits (Habi, 2016).

### **III.3.4. Les dérivés de la charcuterie**

Il existe plusieurs sortes de charcuterie selon les pays, on trouve par exemple : le Salami au poivre en version chapelet fumé et non fumé ,le Salami au poivre grande bar (GB) non fumé , la Mortadelle aux olives ,la Mortadelle au fromage ,le Salami tunisien en version chapelet fumé et non fumé ,les Saucisses sèches ,la merguez industrielle ,les saucisses de francfort ,les saucissons d'Akbou, les saucissons de viande ,le Mix grill, les filets au suprême de volaille, le Cachir aux olives, le francfort au fromage ,le pâté (Habi, 2016).

### **III.3.5. Généralités sur les saucisses**

#### **III.3.5.1. Définition de la Saucisse**

Etymologiquement, le mot saucisse vient du latin « salsicia » qui désigne la viande hachée salée (Iberraken, 2007).

Cette saucisse est constituée d'une mêlée très colorée. Dont la teneur en matière grasse est assez faible. La mêlée est embossée sous boyau de mouton. On utilise aussi et en particulier pour les Merguez conditionnées sous vide, des boyaux en fibres animales comestibles (Penda Sylla, 1994).

On désigne sous l'appellation de Merguez, une saucisse fraîche, fortement pimentée, consommée à l'origine presque exclusivement en Afrique du Nord.

Il s'agit d'une saucisse plutôt courte, de petit calibre, dont la composition est à base de viande de bœuf et de viande de mouton (Penda Sylla, 1994).

#### **III.3.5.2. Composition de la saucisse**

##### **III.3.5.2.1. La viande**

Les matières premières de base sont constituées conformément à la réglementation, par de la viande de mouton et de bœuf. Toutefois en France, il existe des Merguez contenant du porc (Migaud ; Frentz, 1982).

En ce qui concerne la viande de mouton, l'emploi d'une viande grasse est plus recommandé, ce qui permet de diminuer une partie du gras ajouté. La viande doit être soit pantelante, soit réfrigérée. La viande réfrigérée longtemps stockée et la viande congelée ou décongelée sont déconseillées. Il est préférable d'utiliser la viande d'animaux jeunes. (Jacquet, 1982).

### III.3.5.2.2. Les ingrédients

Ces ingrédients sont essentiellement les éléments d'assaisonnement dont les composants et les proportions varient en fonction des pays, les principaux ingrédients sont :

#### III.3.5.2.2.1. Les épices

Selon le genre de produit carné et les conditions spécifiques à l'entreprise, on ajoute différentes doses d'épices au cours du processus de fabrication. Celles-ci sont utilisées, soit sous forme naturelle soit de mélanges d'épices ou d'extraits d'épices. L'éventail des épices est très étendu, les principales étant le poivre, l'ail, le cumin, la coriandre, la muscade et l'anis.

L'effet principal des épices est l'apport d'arôme et de goût, mais certaines possèdent aussi des propriétés anti-oxydantes (Rakansou, 2008).

#### III.3.5.2.2.2 Le sel de cuisine

Outre son importance dans l'alimentation humaine, le sel de cuisine (NaCl), l'ingrédient vraisemblablement le plus important pour les produits carnés, possède des propriétés technologiques importantes. Il est ainsi en mesure de retenir l'eau libre, ce qui induit qu'il y aura moins d'eau à disposition d'éventuels microorganismes. Le sel de cuisine prend aussi une part prépondérante à la formation du goût (salure) (Rakansou, 2008).

Dans les charcuteries échaudées, on utilise la plupart du temps le sel de cuisine à des concentrations de 1,5-2 % alors que dans les produits de salaison crue et les charcuteries crues, la dose atteint 2-2,5% voire 2,5-3 % (Migaud ; Frenztz, 1982 ; Rakansou, 2008).

#### III.3.5.2.2.3 Les colorants

Selon Durand, 2009 pour renforcer la coloration du maigre, les colorants utilisés sont roses et solubles dans l'eau. Seuls les colorants d'origine naturelle sont autorisés dans les charcuteries les plus fréquemment utilisée sont:

-Rose d'azorubine (E122)

-Rose d'amarante (E123)

### **III.3.5.2.3. Les boyaux**

Enveloppe cylindrique, naturelle ou artificielle, permettant le façonnage et la protection de certains produits de charcuterie crues, cuites ou ayant subi une maturation dessiccation (Iberraken, 2007).

### **III.3.5.3. Processus de fabrication des saucisses**

#### **III.3.5.3.1. Découpage**

Le découpage consiste à séparer une carcasse en morceaux de gros ou de détail. Elle se pratique à l'aide d'outils divers: scies, couteaux, fendoirs, etc...

Ces outils peuvent être électriques ou manuels. Les surfaces des plans de coupe-sont soit en bois, soit en matière plastique. (Penda Sylla, 1994).

#### **III.3.5.3.2. Désossage**

Le désossage consiste à extraire les os et les cartilages. Il est réalisé à l'aide de couteaux. On recommande le port de gants métalliques de protection (Penda Sylla, 1994).

#### **III.3.5.3.3. Parage**

Le parage est destiné à améliorer l'aspect des viandes. Il facilite également certaines opérations technologiques telles que le hachage.

Le parage comprend: le dégraissage, l'épluchage. Cela permet de débarrasser les muscles des aponévroses, des nerfs et des vaisseaux (Penda Sylla, 1994).

#### **III.3.5.3.4. Hachage des viandes**

Le hachage consiste à couper la viande en menus morceaux, de sorte qu'elle perde sa structure initiale et se transforme en pâte. Il est réalisé à l'aide de divers appareils (Penda Sylla, 1994).

### **III.3.5.3.5.Préparation de la mêlée**

La viande maigre et le gras hachés sont placés dans un pétrin-mélangeur et sont correctement homogénéisés avec la totalité des ingrédients et épices. L'assaisonnement est au

préalable intimement mélangé à un volume égal d'eau froide. Cette partie aqueuse se répartit mieux dans la pâte et la coloration obtenue est régulière (Migaud ; Frentz, 1982)

### **III.3.5.3.6.Embossage**

Il consiste à placer la pâte dans un boyau pour lui donner sa forme caractéristique. Cette opération peut être entièrement automatique (Penda Sylla, 1994). Pour les Merguez, l'embossage est réalisé sans trop de fermeté sous menu de mouton de calibre variant entre 18 et 24 mm.

Cependant à l'heure actuelle, les boyaux en fibres animales comestibles sont largement utilisés (Migaud ; Frentz, 1982).

Pour le portionnement, trois méthodes peuvent être pratiquées:

- en chapelets par trois de 10 cm de long ;
- individuels de 15 cm environ ;
- torsadés par paires en éléments de 4 à 5 cm.

Avant l'embossage, le boyau peut être trempé dans une solution de colorant rouge pour enveloppe, en vue d'améliorer la présentation (Migaud ; Frentz, 1982).

Les poches d'air formées au cours de l'embossage sont éliminées en piquant le boyau avec une aiguille très fine (Penda Sylla, 1994).

### **III.3.5.3.7.Egouttage**

Les saucisses Merguez peuvent être vendues fraîches après un égouttage rapide d'une dizaine de minutes (Penda Sylla, 1994). Elles peuvent également subir avant la vente une dessiccation réalisée soit en chambre froide, soit dans un fumoir, soit dans les conditions ambiantes (Penda Sylla, 1994).

### III.3.5.3.8. Stockage

Les Merguez peuvent être conservées en chambres froides à une température comprise entre 0 et 4°C pendant une ou deux semaines. Si la température dépasse 4°C, la durée maximale de conservation est de deux jours. La congélation des Merguez diminue leurs propriétés gastronomiques (Penda Sylla, 1994).

### III.3.5.3.9. Présentation à la vente

Les Merguez doivent être présentées dans une vitrine réfrigérée et vendues rapidement, car la perte de poids par dessiccation peut être importante à cause du faible diamètre des boyaux. On peut cependant limiter cette dessiccation en conditionnant les Merguez sous vide dans des sachets. Malgré cela, il faut laisser ce produit au froid.

Certaines entreprises qui conditionnent les Merguez sous vide leur font subir au préalable un étuvage (25 à 30°C). Cette opération entraîne une perte de poids qui favorise la conservation ultérieure et évite la formation d'exsudat dans les sachets (Migaud; Frenztz, 1982).

### III.3.5.4. Réglementation de composition

Qu'il s'agisse de produits carnés d'une manière générale et des produits de charcuterie en particulier ou d'autre denrée alimentaire, l'objectif de la réglementation sera de garantir une loyauté commerciale et d'assurer la sécurité des consommateurs.

D'après Migaud et al (Migaud ; Frenztz .1982), pour les Merguez vendues sans mention particulière, la réglementation est relativement succincte et se limite à la définition qu'en donne le code des usages.

C'est la raison pour laquelle les services de la Répression des Fraudes ont eu recours à la réglementation algérienne applicable aux Merguez destinées à la population musulmane.

En effet, l'arrêté pris par le Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire de la République d'Algérie datée du 25 mars 1970, cité par Migaud (Migaud. M. ; Frenztz. J.C ,1982) prend les dispositions suivantes :

- article premier: la dénomination "Merguez" est réservée à une préparation qui ne peut être composée d'autres éléments que des viandes de boeuf, veau, mouton, et de la graisse de ces animaux, additionnées ou non d'aromates, d'épices et de condiments, à l'exclusion de tous abats et issues ;
- article deuxième : Les "Merguez" ne doivent pas présenter une humidité sur produit dégraissé, supérieure à 75 %, ni une teneur en tendons, nerfs et aponévroses dépassant 5% ;

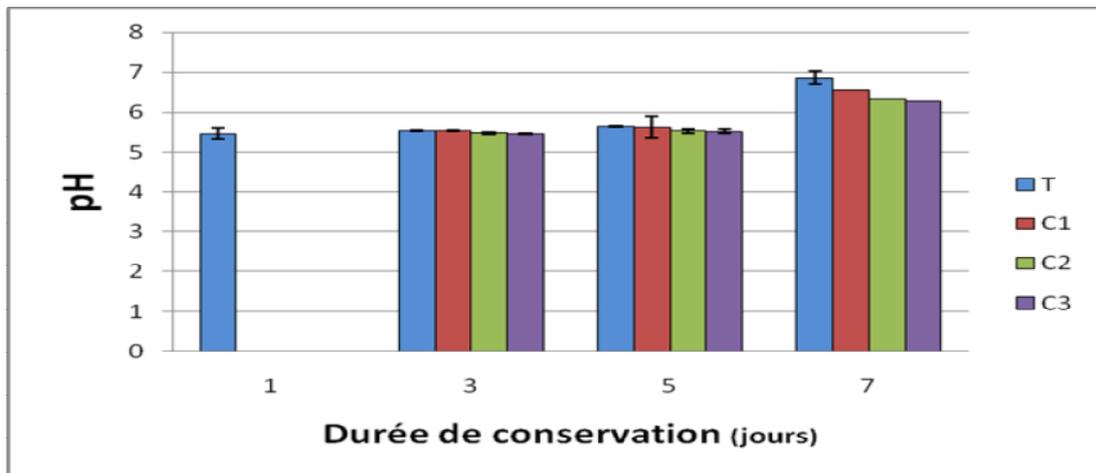
- article troisième: Les "Merguez" ne doivent pas présenter non plus un taux de matière grasse totale supérieur à 25 %. Seront tolérés les écarts n'élevant pas cette limite au-delà de 27 % ;
- article quatrième: La coloration artificielle des "Merguez" est permise au moyen des matières colorantes d'origine naturelle à l'exclusion de toutes les autres."

Le Code de la charcuterie (Penda Sylla, 1994) impose que la date limite de vente, ainsi que la température de garde figurent en clair sur les produits préemballés. Ces délais sont des délais maxima qui ne s'appliquent qu'à des produits fabriqués correctement sur le plan (Penda Sylla, 1994).

## II.1. Analyses physicochimiques

### II.1.1. Le pH

La figure ci-dessous illustre l'évolution du pH au cours du stockage des saucisses traitées avec différentes concentrations (0,3 ; 0,6 et 1%) de l'huile essentielle de l'*origanum compactum*.



**Figure 22 :** Evolution du pH au cours du stockage des saucisses traitées avec différentes concentrations (0,3 ; 0,6 et 1%) de l'huile essentielle de l'*origanum compactum*.

D'après la figure 22, la valeur initiale du pH des saucisses non traitées avec l'HE d'O.C se situe à une valeur de  $5,47 \pm 0,02$  pour atteindre une valeur de  $6,88 \pm 0,1$  à la fin de la durée de conservation.

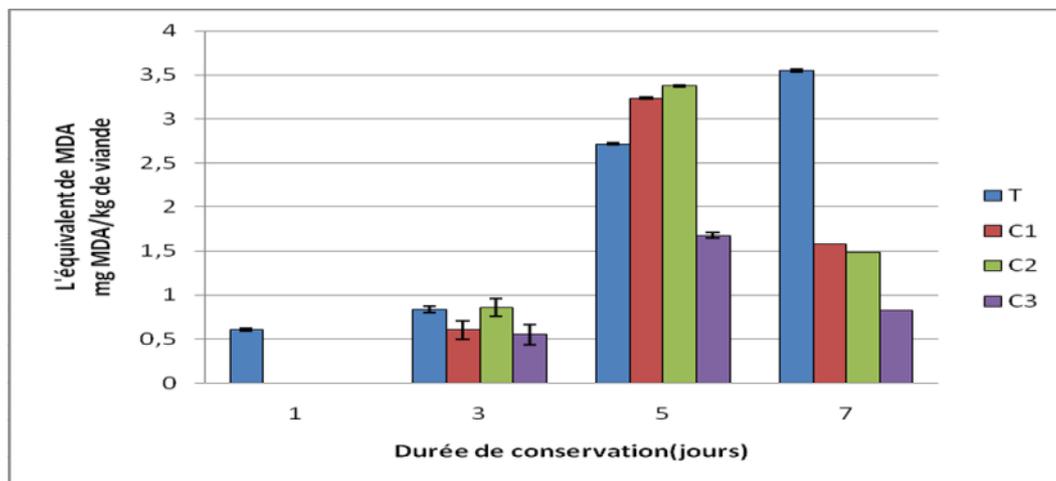
Le pH des saucisses traitées avec les trois concentrations (0,3 ; 0,6 et 1%) de l'huile essentielle de l'*origanum compactum*, garde pratiquement de faibles variations durant le 3<sup>ème</sup> et le 5<sup>ème</sup> jour de conservation. En effet, l'addition de l'huile essentielle de l'origan compact n'a pas influencé sur les variations du pH. Cela peut être dû au pouvoir tampon des viandes comme déjà signalé par Moor et Gili (Moor et Gili ; 1987). Ces derniers auteurs (Moor et Gili) ont rapporté que le changement du pH n'a pas été important durant la durée de conservation et que c'est lié au pouvoir tampon des viandes.

Au 7<sup>ème</sup> jour de conservation, le pH a dépassé la valeur de 6 pour tous les échantillons comme le montre la figure, et les saucisses commencent à s'altérer.

Il s'avère que les études mené par Monin (Monin, 1988) ont montré qu'un pH élevé (supérieur à 6) favorise le développement des micro-organismes altérant, responsables d'une altération du goût et de l'odeur de la viande, mais aussi des micro-organismes pathogènes.

### II.1.2. Le test antioxydant

La figure ci- dessous montre l'effet anti oxydant de l'huile essentielle de l'*origanum compactum* sur la formation des MDA à différentes concentrations appliquées sur les saucisses.



**Figure 23 :** Effet anti oxydant de l'huile essentielle de l'*origanum compactum* sur la formation des MDA à différentes concentrations appliquées sur les saucisses.

D'après la figure 23, nous remarquons que le niveau d'oxydation lipidique du témoin a augmenté pendant toute la durée de conservation pour atteindre la valeur de  $3,55 \pm 0,01$  et les saucisses commencent à s'altérer.

En effet, Djenane et al (Djenane et al, 2002) ont estimé que le rancissement est sensoriellement perceptible à partir d'une valeur de **2 mg de MDA/Kg de viande**.

Au 3<sup>ème</sup> et au 5<sup>ème</sup> jour de conservation, les saucisses traitées avec la concentration de 0,3% de l'HE d'*O.C* ont affichés des niveaux d'oxydations plus au moins élevés, par contre celles traitées avec la concentration de 0,6% de l'HE d'*O.C* ont présentés un effet pro-oxydant par rapport aux autres échantillons. Par ailleurs, l'effet anti oxydant été remarquable sur les saucisses traitées avec la concentration de 1% de l'HE d'*O.C*

Au 7<sup>ème</sup> jour, nous avons constaté que le niveau d'oxydation a diminué pour tous les échantillons traités par comparaison au témoin (non traité avec l'HE d'*O.C*), vu les valeurs élevées de TBA du témoin par rapport aux échantillons traités avec l'HE d'*O.C*. l'effet protecteur antioxydant de l'HE d'*O.C* été plus marqué sur les saucisses traitées avec la concentration de 1%.

Dans l'ensemble les échantillons traités avec l'HE d'O.C affichent une activité antioxydante plus importante que le témoin durant le stockage du 1<sup>er</sup> au 7<sup>ème</sup> jour.

Dans de nombreuses études, la performance antioxydante des huiles essentielles est due à la présence de composés phénoliques (Cherrat,2013) . L'analyse chromatographique des constituants de l'HE de l'*origanum compactum* a montré selon la littérature que cette dernière est riche en composés phénoliques tel que le carvacrol qui représente 39,19% et le thymol (22,88), ce qui la rend doté d'un pouvoir antioxydant considérable(Web1).

Conformément à nos résultats, les études menées par Djenane et al (Djenane et al, 2003 et 2006), ont montrés que l'incorporation de l'huile essentielle de l'origan et de la sauge sur les viandes empêche l'oxydation lipidique.

Il faut signaler aussi, que l'ajout de l'HE d'origan retarde l'oxydation des lipides des viandes crues ou cuites réfrigérées (Botsoglou, Christaki, Fletouris, Florou-Paneri,& Spais, 2002).

De même, l'application de l'huile essentielle de l'origan à une concentration de 2% dans les viandes bovines conservées pendant une période de 12 jours paraît plus puissante que l'HE de sauge, qui a entraîné une baisse d'oxydation des lipides (Fasseas et al (2007)).

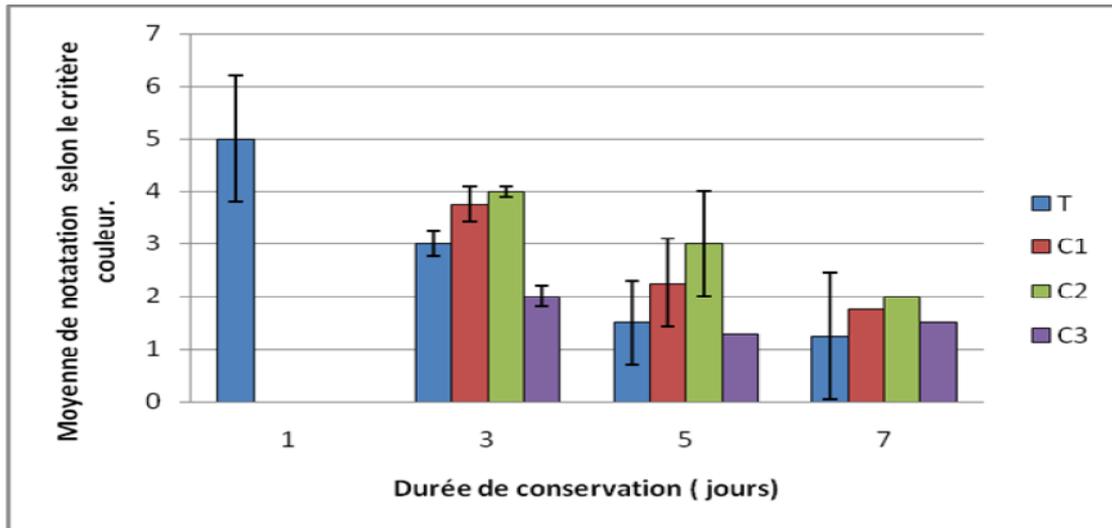
## **II.2. Analyse sensorielle**

L'analyse sensorielle est réalisée par un panel constitué de huit personnes sur les saucisses traitées avec l'huile essentielle de l'O.C.

Les épreuves de notation sont effectuées sur la couleur, l'odeur, la sérosité et le goût après cuisson.

### **II.2.1. Epreuve de notation du critère couleur**

La figure 24 nous renseigne sur les appréciations du panel sur la couleur des saucisses témoins et celles traitées avec des concentrations d'H.E d'*origanum compactum* à différentes (0,3% ;0,6% ;1%) pendant la durée de conservation.

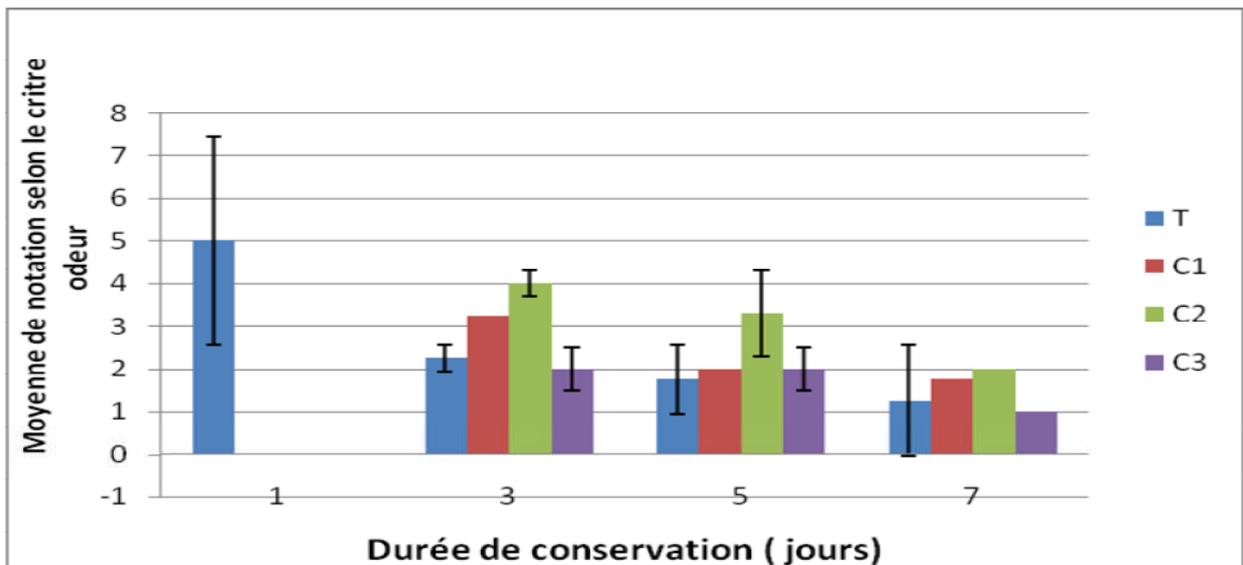


**Figure 24 :** Résultat de l'épreuve de notation selon le critère couleur.

D'après la figure 24, nous avons remarqué que la couleur des saucisses traitées à une concentration de 0.6% été la plus appréciée au cours de toute la durée de conservation avec des moyennes de notation de  $4 \pm 0,5$  ;  $3 \pm 0,2$  et  $2 \pm 0$  enregistrées aux 3<sup>ème</sup> ; 5<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> jour respectivement.

### II.2.2.Epreuve de notation de l'odeur

La figure 25 nous montre les résultats du test d'appréciation du critère d'odeur des saucisses traités.

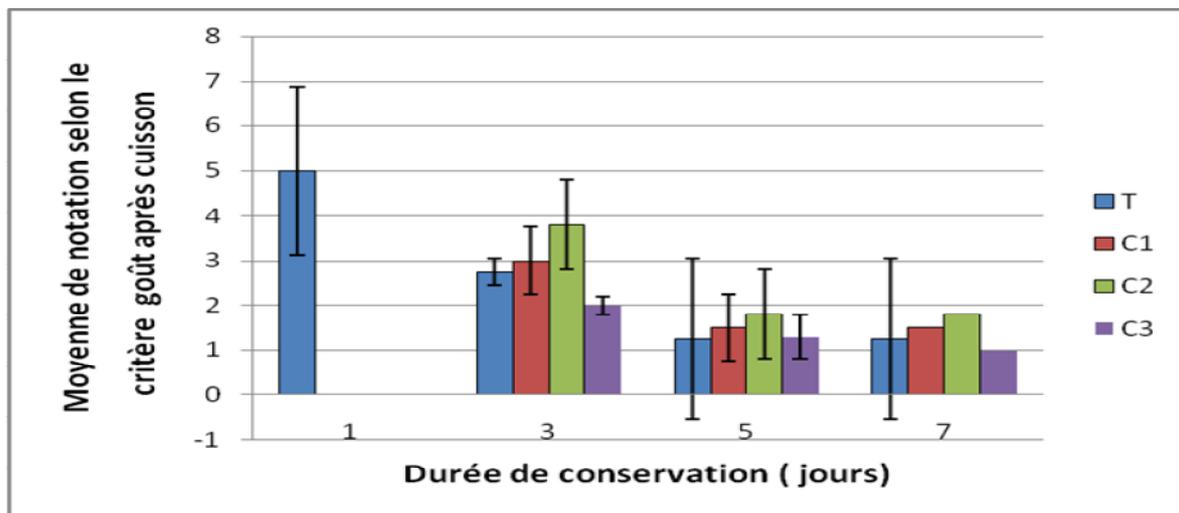


**Figure 25 :** Résultat de l'épreuve de notation du critère odeur

Selon le panel de dégustation, les échantillons traités avec la concentration de 0,6% sont les plus appréciés sur toute la durée de conservation avec des moyennes de notation de  $4 \pm 1$ ;  $3,3 \pm 1$  et  $1,75 \pm 1$  enregistrées aux 3<sup>ème</sup>; 5<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> jour respectivement comme le montre la figure 25.

### II.2.3. Epreuve de notation du goût après cuisson

La figure 26 représente les résultats de l'épreuve de notation effectuée sur le goût après cuisson des saucisses par le panel en fonction d'une série de concentrations croissantes de l'H.E d'O.C à différentes concentrations (0,3% ; 0,6% ; 1%).

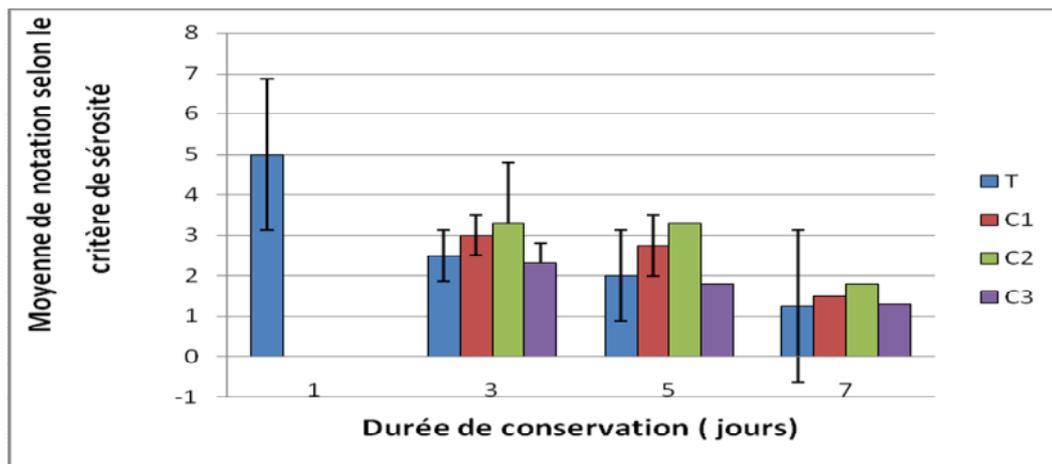


**Figure 26 :** Résultat de l'épreuve de notation du goût après cuisson.

Selon la figure 26 nous remarquons que le panel opte pour les saucisses traitées avec la concentration de 0,6% de l'HE d'O.C avec des moyennes de notation de  $3,8 \pm 1$  ;  $1,8 \pm 1$  et  $1,8 \pm 1$  enregistrées aux 3<sup>ème</sup>; 5<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> jour respectivement durant toute la durée de conservation.

### II.2.4. Epreuve de notation du critère de sérosité

La figure 27 nous renseigne sur les appréciations du panel qui ont observés le liquide qui s'écoule des saucisses traitées avec les différentes concentrations d'H.E d'O.C utilisées.



**Figure 27 :** Résultat de l'épreuve de notation du critère de sérosité.

D'après le panel de dégustation, le liquide qui s'écoule des saucisses traitées avec une concentration de 0,6% est très apprécié par rapport aux autres échantillons, avec des moyennes de notation  $3,3 \pm 1,5$  ;  $3,3 \pm 1,5$  et  $1,8 \pm 0$  enregistrées aux 3<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> jour respectivement.

D'une manière générale les analyses sensorielles réalisées sur la couleur, l'odeur, la sérosité et le goût après cuisson ont montré que les saucisses enrichies avec la concentration de 0,6% de l'huile essentielle de l'O.C, étaient les plus appréciées par le panel, cette dernière n'a pas altéré les caractéristiques organoleptiques des saucisses.

Nos résultats sont en corrélation avec l'étude menée par Sanchez-Escalante et al (Sanchez-Escalante et al, 2003), et qui indique que l'usage d'extrait d'origan à différentes concentrations permet de retarder les signes d'altération organoleptiques des produits carnés.

En général, les HSs possèdent des odeurs assez forte et puissante ce qui peut être un facteur limitant pour leurs applications dans les denrées alimentaires.

Cependant, on peut limiter les effets organoleptiques indésirables, en sélectionnant soigneusement l'HE selon le type de d'aliment considéré (Burt,2004).

### II.3. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques que nous avons effectuées nous ont permis de vérifier l'efficacité de l'huile essentielle de l'O.C à différentes concentrations sur les saucisses.

Les figures 28 et 29 représentent les photos de l'aspect des colonies de la flore mésophiles aérobie totale (FMAT) et la flore psychrotrophes après incubation, le dénombrement de ces colonies a permis d'évaluer l'activité antimicrobienne.

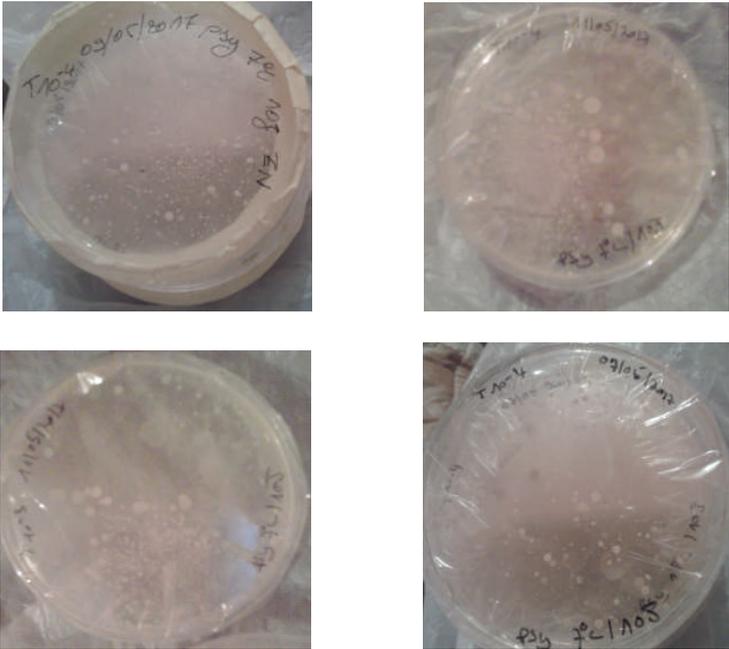


Figure 28 : photo originale des colonies des psychrotrophes sur milieu GN

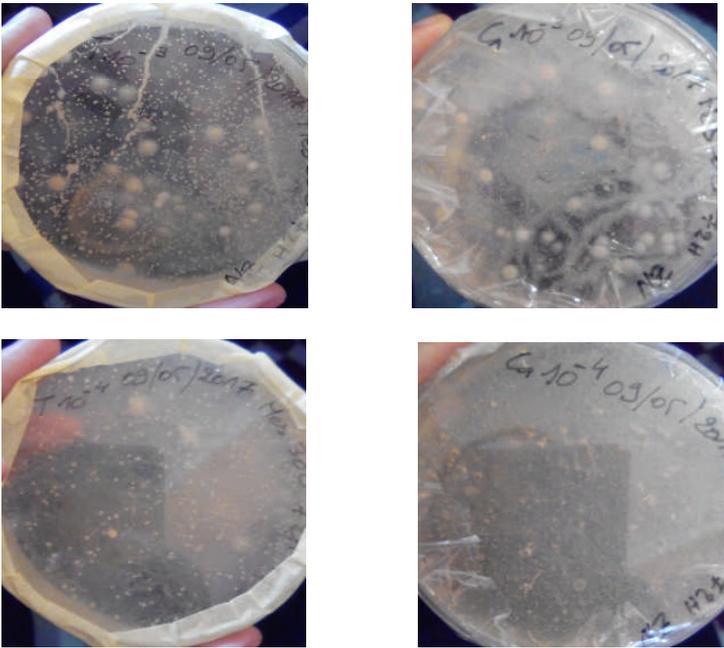
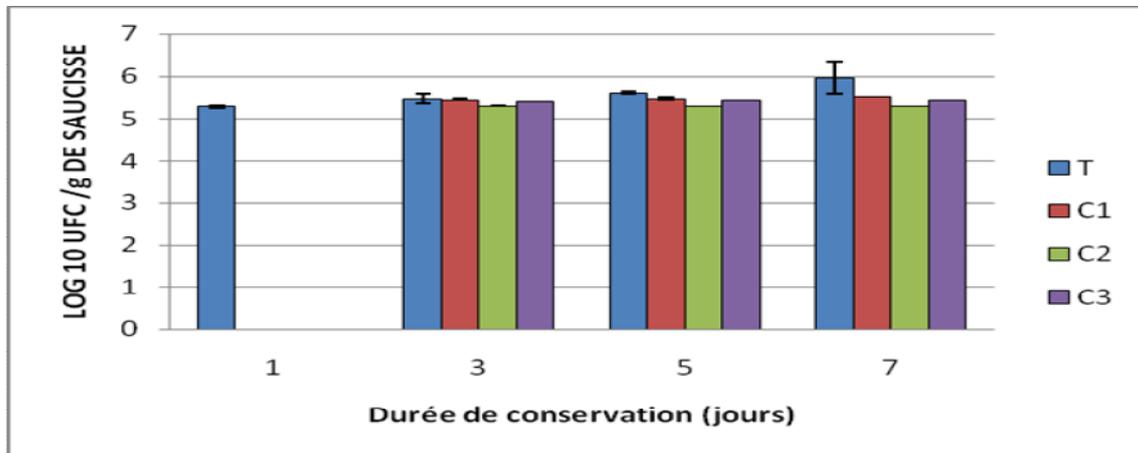


Figure 29 : photo originale des colonies des mésophiles sur milieu GN

Les figures 30 et 31 montrent l'activité antimicrobienne de l'HE de l'*O.C* appliquée aux saucisses à différentes concentrations pendant une période qui n'a pas dépassé les 7 jours sur la croissance microbienne de la flore psychrotrophe et la flore mésophile (FMAT).



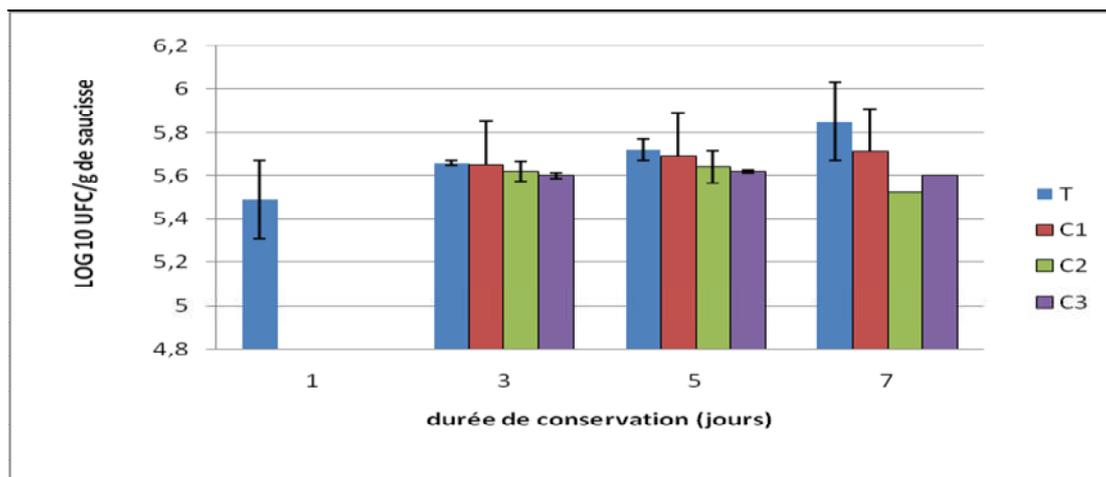
**Figure 30:** Evolution du nombre de la flore psychrotrophe durant la conservation des saucisses aux concentrations 0,3 ; 0,6 et 1% de l'huile de l'*O.C*.

Nous avons remarqué d'après la figure 30 que la croissance bactérienne des saucisses témoins (non traitées avec l'huile essentielle d'*O.C*) n'est pas considérable, le nombre maximal des bactéries psychrotrophes a atteint  $5,97 \pm 0,3 \log_{10}$  UFC/g à la fin de la durée de conservation.

On outre, une légère croissance microbienne au sein des échantillons traités avec les concentrations de 0,3 et 1% de l'HE de l'*O.C* a été notée au 3<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> jour par rapport à la charge initiale de l'échantillon témoin (non traité avec l'HE de l'*O.C*).

Par contre l'activité antibactérienne été importante dans l'échantillon traité avec la concentration 0,6 % de l'HE de l'*O.C* où elle a atteint  $5,3 \pm 0,006$  ;  $5,32 \pm 0,01$  et  $5,30 \pm 0,006$  au 3<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> jour respectivement. La réduction de la croissance bactérienne a atteint une valeur proche de la valeur de contamination initiale au 7<sup>ème</sup> jour de conservation. Les bactéries psychrotrophes ont montré une sensibilité plus grande vis-à-vis l'huile essentielle d'*origanum compactum* à la concentration de 0,6%.

En effet, d'après des études qui ont été menées par Munoz et ses collaborateurs (Munoz et ses collaborateurs, 2008), Les effets antibactériens observés après plusieurs jours de conservation sont dus au fait que les huiles essentielles nécessitent un temps de contact pour exercer leurs effet inhibiteur.



**Figure 31 :** Evolution du nombre de la flore mésophile aérobie totale durant la conservation des saucisses aux concentrations 0,3 ; 0,6 et 1% de l'huile de l'O.C

Pour la figure 31, la même cinétique de croissance bactérienne a été constatée pour la flore mésophile. En effet, les saucisses témoins ont atteint une valeur de  $5,85 \pm 0,18 \log_{10}$  UFC/g à la fin de la période de stockage, pour les autres échantillons traités une légère croissance a été observée par rapport à la contamination initiale. L'activité antibactérienne de l'HE de l'O.C été plus remarquable sur les échantillons traités avec la concentration de 0,6% de l'HE de l'O.C.

Il a été considéré qu'une charge microbienne d'environ  $10^7$ - $10^8$ UFC/g constitue la limite maximale concernant la durée de vie microbiologique de quelques aliment (Lin et all ; 2004).

D'après ce dernier auteur, la charge microbienne de  $7 \log_{10}$  UFC/g est considérée le point approximatif limite où la viande peut atteindre le stade d'altération et devienne impropre à la vente et à la consommation. En relation avec nos résultats, les quatre échantillons étudiés n'ont pas atteint le stade d'altération à la fin de la durée de conservation.

Selon Dorman et Deans (Dorman et Deans ,2000), l'activité antibactérienne de certaines HEs de plantes tel que l'origan est exercée contre 25 genres bactériens, ils ont conclu aussi que l'ajout de ces extraits aux produits alimentaires, ne causerait aucune modification des propriétés organoleptiques, et retarderait la contamination microbienne.

Il faut souligner qu'une HE testé expérimentalement peut ne pas présenter le même effet dans un produit alimentaire. Selon Burt ((Burt, 2004), pour obtenir un effet antibactérien

dans une matrice alimentaire, il faut des concentrations plus élevées de l'ordre de (5-20 $\mu$ L/g). Le même auteur a suggéré qu'une faible teneur en eau dans les aliments peut entraver l'action des agents antimicrobiens envers les sites cibles dans la cellule bactérienne, ainsi un niveau élevé d'eau et du sel faciliterait l'action des HEs.

L'activité antimicrobienne des huiles essentielles peut être liée à la composition chimique des huiles, leurs configurations structurales, leurs groupements fonctionnels et les différentes interactions synergiques entre eux (Dorman et deans ,2000).

Plusieurs études ont montré que les composés à structure phénoliques, comme le thymol, carvacrol et eugénol sont fortement actifs contre les bactéries (Oussalah et al, 2006).

Les mêmes auteurs ont montré que en plus des composés phénoliques, les hydrocarbures monoterpéniques , les alcools terpenoïdes, les aldéhydes, enfin des cétones peuvent manifester une action similaire (Oussalah et al, 2006) .

Il est bien connu que l'activité antimicrobienne des huiles essentielles réside généralement dans les monoterpènes (spécialement oxygénés) plutôt que dans les sesquiterpènes (Burt, 2004; Tajkarimi et *al.*, 2010). Cette huile (HE d'O.C) est riche en composés monoterpènes ce qui explique l'activité antibactérienne exercée sur la flore mésophile et psychrotrophe.

D'une manière générale, les bactéries psychrotrophes et mésophiles ont montré une sensibilité vis-à-vis l'huile essentielle de l'origan compact.

## Conclusion et perspectives

---

Le travail que nous avons entrepris porte sur l'étude de l'effet antibactérien et anti oxydant de l'huile essentielle de *origanum compactum* sur la conservation des saucisses.

Les tests d'activité antimicrobienne réalisés ont permis d'évaluer l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *origanum compactum* par la méthode du dénombrement des germes suivant la technique de comptage des colonies après culture. Les résultats obtenus ont montré une intéressante activité antimicrobienne de l'HE d'*origanum compactum* à l'égard des bactéries mésophiles et psychrotrophes à une concentration de 0,6% de cette l'huile.

On outre, l'activité antioxydante de l'huile essentielle de *origanum compactum* par la méthode du test de *TBA* à montré un effet antioxydant important avec la concentration de 1% de cette l'huile.

Les résultats obtenus font ressortir que l'appréciation globale représente le seul attribut qui fait la différence entre les échantillons. En effet, Le meilleur score a été attribué à l'échantillon C2 (saucisses traitées avec 0,6% l'HE de *origanum compactum*), qui est apparu le plus apprécié par rapport aux autres échantillons(T, C1, C3). Ce dernier, n'a pas altéré les caractéristiques organoleptiques des saucisses.

Quant au pH, et d'après nos résultats, une légère variation entre les saucisses traitées et les saucisses non traitées, l'HE de *origanum compactum* n'a pas influencé sur le pH des saucisses.

L'ensemble des résultats auxquels a abouti notre étude constitue la première démarche de la valorisation de l'huile essentielle de *origanum compactum* sur la conservation d'un produit carné traditionnel (la saucisse). La description présentée correspond à une caractérisation globale qui mérite d'être complétée par d'autres études.

D'après ces résultats, nous pouvons conclure que l'HE d'O.C semble être approprié comme agent conservateur naturel, promoteur pour l'industrie agro-alimentaire.

A l'issue de ce travail, diverses perspectives de recherches peuvent apparaitre. Il serait donc intéressant de pouvoir procéder à:

- ❖ la poursuite de ces travaux sur d'autres bactéries pathogènes à fin de confirmer l'efficacité ou non de l'huile essentielle de *origanum compactum* ;

## Conclusion et perspectives

---

- ❖ l'évaluation de l'efficacité des huiles essentielles en combinaison avec d'autres procédés de conservation (Activité de l'eau, des impulsions lumineuses intenses, les ultrasons, les emballages actifs...);
- ❖ une étude plus poussée de l'activité antibactérienne, et antioxydante non seulement sur les extraits utilisées seules ou leurs composants majoritaire, mais également en mélange, permettant ainsi une éventuelle synergie;
- ❖ faire des études toxicologiques est une nécessité, quoique ce type de recherche soit coûteux. Les composés complexes peuvent donner un éventail d'interactions avec le produit, et ceci devrait être pris en compte.
- ❖ il serait donc intéressant d'essayer divers autres marqueurs qui permettront de suivre différentes activités métaboliques et mettre en évidence l'effet des huiles essentielles sur d'autres fonctions ou structures cellulaires tels que l'activité respiratoire, l'activité des pompes membranaires, l'activité enzymatique, les changements ultra-structuraux ou physiologiques...

## Référence bibliographiques

---

- Abbes. A. (2014)** : évaluation de l'activité antioxydante des *huiles essentielles d'ammoides verticillata* « *noukha* » de la région de Tlemcen. Mémoire master .Université de Tlemcen.
- AFNOR, (2000)** : Huiles essentielles. Ed. PARA Graphic. Tome1 – Echantillonnage et méthode d'analyse 471 P. Tome 2 – Volume 1 Monographie relative aux huiles essentielles 323 P. Tome 2 – Volume 2 Monographie relative aux huiles essentielles 663 P.
- AFNOR NF ISO 855.(2004)** : Huile essentielle de citron [*Citrus limon (L.) Burm. f.*]; AFNOR, Paris.
- AFSSAPS (MAI 2008)** : Définition présente dans l'introduction des recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles de [archive] [PDF] (18-1-2013).
- Ait-Ouazzou A. (2012)** : Caracterización de aceites esenciales de plantas aromáticas de origen mediterráneo y evaluación de su actividad antimicrobiana en combinación con otros métodos de conservación de alimentos. Tesis doctoral de la Universidad de Zaragoza. Espagne.
- Alain Branger, Mari Madeleine Rricher ,Sébastien Roustel.(2007)** : Coordination Microbiochimie et alimentation . p75.
- Aliane.Z,(2016)** : Analyse microbiologique et physicochimique du cachir. Mémoire de master.Université de Tlemcen.
- ANDRIAMIFIDY A. R. (2001)**: Mise en place d'un système de contrôle et de promotion de la qualité au sein d'une charcuterie artisanale. Cas de la société LEWIS Ambohidahy, Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome, Département Industrie Agricole Alimentaire, Ecole Supérieur des Sciences Agronomiques, Antananarivo, 120p.
- Bakkali F., Averbek S., Averbek D. & Idaomar M. (2008)**: Biological effects of essential oils – A review. Food Chem. Toxicol., 46 (2) 446-475.
- Balaouri, (2011)** : Contribution à l'étude de l'activité antibactérienne de trois extraits de Plantes Médicinales et aromatiques cultivées dans le jardin de l'institut national des plantes médicinales et aromatiques-Taounate. Mémoire master.Université Sidi Mohammed Ben Abdellah.Maroc.
- Baydar H., Sagdic O., Ozkan G. and Karadogan T. (2004)**: Antibacterial activity and composition of essential oils from *Origanum*, *Thymbra* and *Satureja* species with commercial importance in Turkey. *Food Control* , 15, 169-172.
- Beirão A.R.B. and Bernardo-Gil M.G.,( 2006)**: Antioxidants from *Lavandula luisieri*. 2nd Mercosur Congress on Chemical Engineering. Portugal ; 8p.

## Référence bibliographiques

---

- Benayad N., (2008)** : Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Université Mohammed V – Agdal. Rabat, 63p.
- Bendahou M., Muselli A., Grignon-Dubois M., Benyoucef M., Desjobert J.M., Bernardini J.F. & Costa J. (2007)** : Antimicrobial activity and chemical composition of *Origanum glandulosum* Desf. essential oil and extract obtained by microwave extraction Comparison with hydrodistillation. *Food Chem.* 106,132-139.
- Besombes C., (2008)** : Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydrothermomécanique d'herbes aromatiques. Applications généralisées. Thèse de doctorat. Université de La Rochelle, 289p.
- Bornert, (2000)** : Importance des bactéries psychrotrophes en hygiène des denrées alimentaires, Service Central d'Études et de Réalisations du Commissariat de l'Armée de Terre, B.P. 309, 00447 Armées, *Revue Méd. Vét.*, 151, 11, 1003-1010.
- Bouguerra.A, (2012)** : Etude des activités biologiques de l'huile essentielle extraite des graines de *Foeniculum vulgare* Mill. en vue de son utilisation comme conservateur alimentaire .Mémoire magister. Université Mentouri Constantine.
- Boudechicha.H,(2014)** : *Khliia Ezir*, un produit carné traditionnel Algérien : préparation, caractérisation microbiologique, physico-chimique et sensorielle. Mémoire de magister. Université de Constantine 1.
- Bousbia.N,(2011)** : Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co- produits agroalimentaires. UNIVERSITE D'AVIGNON ET DES PAYS DE VAUCLUSE.
- Bostoglou N.A.,Fletouris U.J., Papageorgioug., et Mantis A.J. (1994)** : Rapid sensitive and specific thiobarbituric acid for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food and feedsleff samples. *Journal.Of Agriculture and Food Chemistry.*42,1931-1937.
- Botsoglou, N. A., Christaki, E., Fletouris, D. J., Florou-Paneri, P., & Spais, A. B. (2002)** :The effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. *Meat Science*, 62, 259–265.
- Botsoglou N.A., Fletouris D.J., Florou-Paneri P., Christaki E. and Spais A.B. (2003)**: Inhibition of lipid oxidation in long-term frozen stored chicken meat by dietary oregano essential oil and a-tocopheryl acetate supplementation. *Food Research International* , 36, 207-213.
- Bruneton J., (1993)** : Pharmacognosie. Phytochimie, plantes médicinales. *Tec. & Doc.* Lavoisier, 2ème édition, Paris. 915p.

## Référence bibliographiques

---

- Bruneton J., (1999)** : Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition, Ed. TEC et DOC, Paris.
- Buchbauer G., (2000)**: The detailed analysis of essential oils leads to the understanding of their properties. *Perfumer & Flavorist* 25: pp.64–67.
- Buchbauer G., (2010)**: Biological Activities of Essential Oils, In Baser K.H.C. et Buchbauer G. *Handbook of essential oils: Science, Technology, and Applications*. Ed. Taylor and Francis Group, LLC. United States of America, pp.235 – 280.
- Burt S., (2004)**: Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review. *International Journal of Food Microbiology* 94, pp.223-253.
- Burt.SA.,Van Der Zee. A., Koets A.P ., De graaff.AM.,Van Knapen.F.,Gaastra W., Haagsman H.P et Veldhuizen E.J.A,(2007)**: Carvacrol induces HSP60 and inhibits synthesis of flagellin echerichia coli O157 :H7. *Applied and environmental microbiology*.73(14) : 4484-4490.
- Caillet S. et Lacroix M., (2007)** : Les huiles essentielles : leurs propriétés antimicrobiennes et leurs applications potentielles en alimentaire. INRS-Institut Armand-Frappier, (*RESALA*). pp. 1-8.
- Carette A.S.,( 2000)** : La lavande et son huile essentielle. In Besombes C., 2008. Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydrothermomécanique d'herbes aromatiques. Applications généralisées. *Thèse de doctorat*. Université de La Rochelle, 289p.Cicile, 2002.
- Casp A. and Abril J. (2003)**: Procesos de conservación de alimentos. Colección Tecnología de alimentos. Ediciones Mundi-Prensa.
- Chemat, F., Zill-e-Huma, & Khan, M. K. (2011)**: Applications of ultrasound in food technology:Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 813–835.
- Cherrat.L, (2013)**: Evaluation de l'effet antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles de 5 plantes aromatiques et médicinales du Maroc et évaluation de leurs effets combinés avec des méthodes de conservation alimentaire. Thèse de doctorat. UNIVERSITE ABDELMALEK ESSAADI. Tanger.
- Chikhoune .A, (2007)** : Huiles essentielles de thym et d'origan étude de la composition chimique, et de l'activité antioxydante et antimicrobienne. Thèse de magister. Institut National Agronomique El Harrach Alger.
- Conner. D.E. (1993)**: Naturally occurring compounds; in: antimicrobial in foods DAVIDSON P.M.,and BLANEN,EDITION. NEW-YORK.PAGE 441-468.

## Référence bibliographiques

---

- Crawford Y.J., Murano E.A., Olson D.G. and Shenoy K. (1996): Use of high hydrostatic pressure and irradiation to eliminate *Clostridium sporogenes* spores in chicken breast. *Journal of Food Protection* , 59, 711-715.
- Daouda.T ,(2015) : Etudes chimique et biologique des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques médicinales de côte d'ivoire. Thèse de doctorat. Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY.
- Degryse A.C., Delpla I. & Voinier M.A., (2008) : Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. Atelier santé environnement -IGS- EHESP, 87p.
- Djenane D., Sanchez-Escante A., Beltran J.A. & Roncalés P., (2002) : Ability of  $\alpha$ -tocopherol, taurine and rosmarinic acid, in combination with vitamin C, to increase the oxidative stability of meat. *Food Chemistry*, 77, 103-110.
- Djenane D., Sanchez-Escante A., Beltran J.A. & Roncalés P., (2003) : The shelf life of steaks treated with dL-lactic acid and antioxidants and stored under modified atmospheres. *Food Microbiology*, 20, 1-7.
- Djenane D., Meddahi A., Roncales P. (2006) : Les systèmes antioxydants et antimicrobiens pour la conservation de la viande. *Sciences des aliments*. 26, 37-73.
- Djenane D., Yangüela Y., Gomez D., Roncales P. (2011) : Perspectives on the use of essential oils as antibacterials against *Campylobacter jejuni* CECT7572 in retail chicken meats packaged in microaerobic atmosphere. *Journal of Food Protection*. 74, 103-110.
- Dorman H.J.D. and Deans S.G. (2000): Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*, 88, 308-316.
- El Kalamouni C., (2010) : Caractérisations chimiques et biologiques d'extraits aromatiques oubliés de Midi- Pyrénées ; thèse de doctorat ; université de Toulouse.
- Engler,(1924) ::in thèse Zenasni.L., (2014) : Etude de polymorphisme chimique des huiles essentielles de *Thymus satureioides* Coss et d'*Origanum compactum* Benth et du genre *Nepeta* et évaluation de leur propriété antibactérienne. Thèse de doctorat. Université Mohammed V – Agdal. Rabat.
- Eureka, (2015) : in mémoire Métali.M,et al.,(2016): Etude des activités antibactériennes et antioxydantes des extraits d'*Ocimum basilicum* (basilic) dans la région de Ain Defla.Mémoire de Master. *Université Khemis Miliana*.
- Eymard. R,(2003): Mise en évidence et suivi de l'oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation du chinchard (*Trachurus trachurus*) : choix des procédés. Thèse de doctorat .Université de Nantes, France.

## Référence bibliographiques

---

- Fasseas M.K., Mountzouris K.C., Tarantilis P.A., Polissiou M. and Zervas G. (2007):** Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. *Food Chemistry*, 106, 1188-1194.
- Fennane M., Ibn Tattou M., Mathez J., Ouyahya A. & El Oualidi J. (2007) :** Flore pratique du Maroc, 2. Angiospermae (Leguminosae-Lentibulariaceae); Trav. Ins. Sci. Sér. Bot., n° 38. Institut Scientifique, UMV Agdal, Rabat, 636 pp.
- Ferhat M.A., Meklati B.Y., Chemat F. (2010):** *Citrus d'Algérie : les huiles essentielles et leurs procédés d'extractions* .Ed. Office des publications universitaires, Alger. 157 p.
- Ghafir Y, Daube G., (2007) :** Le point sur les méthodes de surveillance de la contamination microbienne des denrées alimentaires d'origine animale. *Ann. Méd. Vét.*,151: 79-100.
- Gill A.O., Delaquis P.R. and Holley R.A. (2002):** Evaluation of antilisterial action of cilantro oil on vacuum packed ham. *International Journal of Food Microbiology*, 73, 83-92
- Gould G.W. (1996):** Methods for preservation and extension of shelf life. *Food Microbiology*, 33, 51-64.
- Grysole J. (2005) :** La commercialisation des huiles essentielles in *Huiles essentielles : de la plante à la commercialisation – Manuel pratique* : Chapitre 07. Corporation LASEVE (laboratoire d'analyse. et de séparation. des essences. végétales), Québec, pp.139-162.
- Guiraud J.P,(2003) :** Microbiologie alimentaire. Ed. Dunod, Paris,652P.
- Gunter K. D. & Bossow H. (1998):** The effect of etheric oil from *Origanum vulgare* in the feed ration of weaned pigs on their daily feed intake, daily gains and food utilization. Proc. 15th IPVS Congress, Birmingham, 223.
- Habi.A,(2016):** Contribution à l'étude des Analyses physicochimiques et microbiologique du pâté. Diplôme de MASTER En Sciences Des Aliments. Université de Tlemcen.
- Hammer K. A., Carson C. F., & Riley T. V., (1999):** Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *Journal of Applied Microbiology* Vol. 86, Issue 6: pp.985-990.
- Hussain A.I., Anwar F., Sherazi S.T.H. and Przybylski R. (2008):** Chemical composition, Antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. *Food Chemistry*, 108, 986-995.
- Hussain A.I., (2009) :** Caractérisation and biological activities of essential oil of some species of Lamiaceae. *Thèse de doctorat*. Pakistan. 257p.
- Hussain A.I., Anwar f., Chatha S.A.S., Jabbar A., Mahboob S., et Nigham P.S., (2010):** *Rosmarinus officinalis* essential oil: antiproliferative, antioxidant and antibacterial activities. *Brazilian Journal of Microbiology*. 41: 1070-1078.

## Référence bibliographiques

---

- Iberraken. M, (2007) : les produits carnés**, Rapport de stage d'ingénieur. Ingénieur en contrôle de qualité et analyse. Université de Bejaia.
- ISO, (1997) : Norme ISO 9235 : Matières premières d'origine naturelle - Vocabulaire, 2p.**
- Jacquet. B, (1982) : Conséquences des contaminations microbiologiques en troisième transformation.** Hygiène et technologie de la viande fraîche. Paris: éd. du CNRS, 269-272.
- Jeantet R., Croguennec T., Schuck P. & Brulé G., (2006) : Science des aliments Biochimie- Microbiologie - procédés - produits. Volume 1 : stabilisation biologique et physico-chimique.** Edition : TEC&DOC, Londers, Paris, New York, p 79 – 255.
- Jahandiez E. & Maire R. 1934.** «Catalogue des plantes du Maroc» - Spermaphytes et ptéridophytes. T3, 630-632.
- Jeyamkondan S., Jayas D.S. and Holley R.A. (1999): Pulsed electric field processing of foods: a review.***Journal of Food Protection*, 62, 1088-1096.
- Kehal.F, (2013): Utilisation de l'huile essentielle de Citrus limon comme agent conservateur et aromatique dans la crème fraîche.** Université de Constantine.
- Kerbouche. L, (2010) : Composition chimique et activité biologique des huiles essentielles de quelques plantes des familles de labiacées et de cupressacées.**Mémoire de magister. Ecole nationale supérieure agronomique.
- Leimann F V.,Gonçalves OH. , Machado R.A.F.et Bozan A., ( 2008): Antimicrobial activity of microencapsulated lemongrass essential oi and the effect of experimental parameters on microcapsules size and morphology .**Materials science & engineering C.
- Lin Y-T., Labbe r.G. et Shetty K., (2004).:Inhibition of Listeria monocytogenes in Fish and meat systems using Oregano and Cranberry synergies** Applied and Environnement Microbiogy, 70, 5672-5678.
- Liu X., Yousef A.E. and Chism G.W. (1997): Inactivation of Escherichia coli O157:H7 by the combination of organic acids and pulsed electric field.** *Journal of Food Safety*, 16, 287-299.
- Lucchesi M.E., Chemat F. & Smadja J. (2004): Solvent free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: Comparison with conventional hydro-distillation.** J. Chromatogr. A, 1043, 323-327.
- Lucchesi M. E., (2005) : Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles.** *Thèse de doctorat.* Université de La Réunion, 72p.

## Référence bibliographiques

---

- Lucchesi M.E., Smadja J., Bradshaw S., Louw W. & Chemat F. (2007)**: Solvent free microwave extraction of *Elletaria cardamomum L*: A multivariate study of a new technique for the extraction of essential oil. *J. Food Engineer.*, 79, 1079-1086.
- Marco A., Navarro J.L. & Flores M., (2006)**: The influence of nitrite and nitrate on microbial, chemical and sensory parameters of slow dry fermented sausage. *Meat Science*. vol. 73, 660 - 673.
- Merouane.A, (2013)**: Caractérisation, activité antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles de trois espèces de sauges (*Salvia algeriensis*, *Salvia argentea* et *Salvia barrelieri*).p27.
- Meghfour.S, (2014)** : les dates de péremption des produits alimentaires. Mémoire master en biologie .université de Tlemcen.
- Métali.M,et al.,(2016)**: Etude des activités antibactériennes et antioxydantes des extraits d'*Ocimum basilicum* (basilic) dans la région de Ain Defla.Mémoire de Master. *Université Khemis Miliana* .
- Mheen (van der) H. (2006)**: Selection and production of oregano rich in essential oil and carvacrol. *Acta Hort.*, 709, 95–99.
- Migaud M. ; Frenzt J.C .,(1982)** : La charcuterie crue et les produits saumurés. Orly: éd. Soussana, 352 p.
- Miller. N.J, Rice-Evans.C.A, Davies. M.G, Gopinatan.V , & Milner.A (1993)**: A. Nouvel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring antioxidant status in premature neonates. *Clinic Science*.84;407-412
- Mnayer.D., (2014)** : Eco-Extraction des huiles essentielles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agents antioxydants et antimicrobiens. Docteur en Sciences de l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.
- Monin, (1988)**: in mémoire Lefsih et al (2006): les propriétés antioxydantes et antibactérienne des huiles essentielles nigella sativa, artémisia herba alba et mentha pulégiumet lers impacts sur la conservation de la viande du poulet fraiche.
- Moor et Gili , (1987)** : in mémoire Lefsih et al (2006): les propriétés antioxydantes et antibactérienne des huiles essentielles nigella sativa, artémisia herba alba et mentha pulégiumet lers impacts sur la conservation de la viande du poulet fraiche.
- Munoz et al, (2008)** : in mémoire Lefsih et al (2006): les propriétés antioxydantes et antibactérienne des huiles essentielles nigella sativa, artémisia herba alba et mentha pulégiumet lers impacts sur la conservation de la viande du poulet fraiche.

## Référence bibliographiques

---

- Nedorostova.L.,Koucek.P., Kokoska.L., Sotolcova.M.& Pulkrabe.J., (2009):** Antimicrobial properties of selected essential oils in vapour phase against food borne bacteria. *Food control*,20,157-161.
- Nessrien M.N.Y. and Mohamed A.T., (2007):** Antioxidant and antimicrobial effects of marjoram and thyme in coated refrigerated semi fried mullet fish fillets. *World J. Dairy & Food Sci.*,2 (1): pp. 01-09.
- Naves Y.R., (1976):** Parfums, Cosmétiques, savons, Vol. 58, p. 105. Cité in GARNERO J.,1996 : Huiles essentielles. Techniques de l'ingénieur K345 pp 1-45.
- Nout R. et AL., (2003) :** Les aliments. Transformation, conservation et qualité, Backhuys Publishers et CTA Editions, 268p.
- **Ouis. N., (2015):** Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil. Thèse de doctorat, chimie organique. Université d'Oran.p :7,156.
- **Oussalah M. , Caillet S., Saucider L. et Lacroix M (2006) :** Antimicrobial effects of selected plants essential oils on the growth of pseudomonas putidia strain isolated from meat.*Meat Science*.73,236-244.
- Oussalah M., Caillet S., Saucier L., Lacroix M., (2007):** Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. *Food Control*. **18**, 414-420.
- Pagán R., Manas P., Alvarez I. and Condon S. (1999):** Resistance of *Listeria monocytogenes* to ultrasonic waves under pressure at sublethal (manosonication) and lethal (manothermosonication) temperatures. *Food Microbiology*, 16, 139-148.
- Patterson M.F. and Kilpatrick D.J. (1998):** The combined effect of high hydrostatic pressure and mild heat on inactivation of pathogens in milk and poultry. *Journal of Food Protection*, 61(4), 432-436.
- Penda Sylla., (1994):** contribution a l'étude de la qualité microbiologique et commerciale des merguez vendues sur le marche Dakarois. Thèse docteur vétérinaire. Université Cheikh Antadiop de Dakar".
- Perfumer & Flavorist., (2009):** A preliminary report on the world production of some selected essential oils and countries, Vol. 34. In Baser K.H.C. and Buchbauer G., 2010. Handbook of essential oils: science, technology, and applications. Ed. *Taylor and Francis Group, LLC* . United States of America. 994p.
- Petranxiene D. et Lapied L., (1981) :** La qualité bactériologique du lait et de produits laitiers. 2éme Ed.Tec et Doc. Lavoisier, Paris, 288 p.

## Référence bibliographiques

---

- Petkov V., Roussinov K., Todorov S., Lazarova M., Yonkov D. and Draganova S., (1984):** Pharmacological investigations on *Rhaponticum carthamoides*. *Planta Med.*, 50: pp. 205-209.
- Pibiri M.C., (2006) :** Assainissement de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. *Thèse de doctorat*. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, pp. 28-52.
- Rakansou D,(2008 ):**Contribution a l'étude des caractéristiques de qualité des produits carnes commercialises sur le marche dakarois : cas du jambon.
- Raso J., Palop A., Pagan R. and Condon S. (1998):** Inactivation of *Bacillus subtilis* spores by combining ultrasonic waves under pressure and mild heat treatment. *Journal of Applied Microbiology*, 85, 849- 854.
- Rhayour, 2002 :** Etude du mécanisme de l'action bactéricide des huiles essentielles sur *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* et sur *Mycobacterium phlei* et *Mycobacterium fortuitum*. Mémoire de doctorat. Université de Fès.
- Roller, S., Seedhar, P., (2002):** Carvacrol and cinnamic acid inhibit microbial growth in freshcut melon and kiwifruit at 4 jC and 8 jC. *Letters in Applied Microbiology*. 35, 390– 394.
- Rozier J., Carlier V. et Bolnot F., (1986).** Bases microbiologiques de l'hygiène des aliments. É d. *SAPALC*. Paris. pp. 130-143.
- Sanchez-Escalante. A , Djenane.D, Torrescano G, Beltran J.A, & Rongales P ,(2003 :** Stabilisation of color and odeur of beef patties bu using lycopene rich tomato and peppers as a source antioxydants .*Journalof the science of food and agriculture*,83,187-194.
- Schirner M, (2001) :** Dictionnaire huiles ssentielles .Ed Schirner verlag.
- Sergelidis D. and Abraham A., (2009):** Adaptive response of *Listeria monocytogenes* to heat and its impact on food safety. *Food Control* , 20, 1-10.
- Silou T., Malanda M. & Loubaki L.,(2004) :** Optimisation de l'extraction de l'huile essentielle de *Cymbopogon citratus* grâce à un plan factoriel complet 2 3. *J. Food Eng.*, Vol. 65 (2), 219–223.
- Soxhlet.F., (1879) :** Dinglers' Polytechnic Journal β32, 461.
- Skandamis P., Koutsoumanis K., Fasseas K. and 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.
- Smith C.K., Moore C.A., Alahi E.N., Smart Â.T. & Hotchkiss S.A., (2000):** Human skin absorption and metabolism of the contact allergens, cinnamic aldehyde and cinnamic alcohol. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 168,189-99.

## Référence bibliographiques

---

- **Tajkarimi, M.M., Ibrahim, S.A., Cliver, D.O., (2010):** Antimicrobial herb and spice compounds in food .FOOD CONTROL., VOL 21,p.p 1199-1218.

-**Wang. H.F., Yih K.H. and Huang K.F., (2010):** Comparative study of the antioxidant activity of forty-five commonly used essential oils and their potential active components. *Journal of Food and Drug Analysis*, Vol. 18, №1, pp. 24-33

-**Wayner, D. D. M., Burton, G. W., Ingold, K. U., & Locke, S. (1985):** Quantitative measurement of the total, peroxy radical-trapping antioxidant capability of human blood plasma by controlled peroxidation. The important contribution made by plasma proteins. *FEBS Letters*, 187(1), 33–37.

-**Zenasni.L., (2014) :** Etude de polymorphisme chimique des huiles essentielles de *Thymus satureioides* Coss et d'*Origanum compactum* Benth et du genre *Nepeta* et évaluation de leur propriété antibactérienne. Thèse de doctorat. Université Mohammed V – Agdal. Rabat.

### Webographie

**Web1 :** (<https://www.abcdelanature.com/p-455-huile-essentielle-origan-compact-bio.html>)

### **Liste des annexes**

Annexe 1: Résultats des analyses physicochimiques, microbiologiques et sensorielles

Annexe 2: Composition des milieux de culture utilisés

Annexe 3: Photos prises lors des manipulations des différentes analyses

Annexe 1

**Tableau 1 : Résultat du pH**

Echantillons	pH des saucisse± écart type			
	1	3	5	7
T	5,47±0,02	5,56±0,01	5,65±0,02	6,88±0,1
C1		5,55±0,01	5,63±0,01	6,58±0,2
C2		5,49±0,03	5,54±0,03	6,35±0,04
C3		5,47±0,01	5,53±0,01	6,3±0,04

**Tableau 2 : Résultat obtenus par le test de TBA.**

Echantillons	Mg MDA/kg de saucisse± écart type			
	1	3	5	7
T	0,61±0,01	0,84±0,03	2,72±0,009	3,55±0,01
C1		0,6±0,06	3,24±0,04	1,58±0,02
C2		0,86±0,01	3,38±0,1	1,49±0,009
C3		0,55±0,01	1,68±0,1	0,83±0,02

**Tableau 3 : Résultats du test de dégustation selon le critère couleur.**

Echantillons	Couleur de la saucisse± écart type			
	1	3	5	7
T	5±1,2	3±0,1	1,5±0,8	1,25±1,2
C1		3,75±1	2,25±0	1,75±1
C2		4±0,5	3±0,2	2±0
C3		2±0,25	1,3±0,004	1,5±0

**Tableau 4 :** Résultats du test de dégustation selon le critère de l'odeur.

Echantillons	Odeur de la saucisse± écart type			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
T	5±2,43	2,25±0,3	1,75±0,8	1,25±1,3
C1		3,25±0,75	2±0,5	1,75±0,75
C2		4±1	3,3±0,3	2±1
C3		2±0,5	2±0,5	1±05

**Tableau 5 :** Résultats du test de dégustation selon le critère du goût après cuisson.

Echantillons	Goût après cuisson de la saucisse± écart type			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
T	5±1,8	2,75±0,3	1,25±1,8	1,25±1,8
C1		3±0,75	1,5±0,75	1,5±0,75
C2		3,8±1	1,8±1	1,8±1
C3		2±0,5	1,3±0,2	1±0,5

**Tableau 6:** Résultats du test de dégustation selon le critère de sérosité.

Echantillons	Sérosité de la saucisse± écart type			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
T	5±1,8	2,5±0,6	2±1,1	1,25±1,8
C1		3±0,75	2,75±0,5	1,5±0,75
C2		3.3±1,5	3,3±1,5	1,8±0
C3		2.3±1	1,8±0,5	1,3±0

**Tableau 7 : Résultat du dénombrement des bactéries psychrotrophes**

Echantillons	LOG10 UFC/G			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
T	5,30±0,03	5,48±0,1	5,62±0,02	5,97±0,3
C1		5,46±0,03	5,48±0,01	5,53±0,03
C2		5,3±0,006	5,32±0,01	5,3±0,006
C3		5,42±0,01	5,45±0,01	5,44±0,03

**Tableau 8 : Résultat dénombrement des bactéries mésophiles**

Echantillons	LOG10 UFC/G			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
T	5,49±0,18	5,66±0,01	5,72±0,01	5,85±0,18
C1		5,65±0,03	5,69±0,01	5,71±0,03
C2		5,62±0,02	5,64±0,04	5,52±0,07
C3		5,6±0,006	5,62±0,001	5,6±0,006

## Annexe 2

### La composition des milieux de culture

#### 1. Préparation de la solution TSE (Tryptone sel eau) stérile

Composition en g/l :

Chlorure de sodium (NaCl).....9g

Eau distillée..... 1000 ml

pH = 7

Stérilisation à 121 °C /15 min.

#### 2. La gélose nutritive (GN)

Composition en g/l :

Extrait de viande ..... 3g

Extrait de levure..... 3g

Peptone..... 10g

Chlorure de sodium.....5g

Agar.....18g ;

pH= 7,3 ± 0,2

Stérilisation à 121 °C /15 min.

## Annexe 3



a)



b)



c)

b) et b) : photos de la solution après centrifugation ;

c) : photo de la solution après 20 min au bain marie et refroidissement.

**Figure 1:** Photos prises lors des manipulations (test TBA)



**Figure 2 :** photo prise lors des analyses sensorielles.



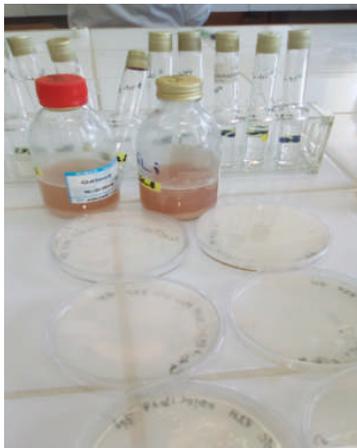
a)



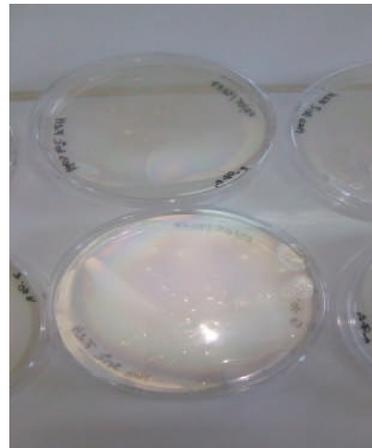
b)



c)



d)



e)



f)

a), b), c), d) : préparation des échantillons pour ensemencement ;

e) : échantillons après ensemencement ;

f) : incubation des échantillons à l'étuve.

**Figure 3:** photos prises lors des préparations des échantillons pour incubation.

## Résumé

Les huiles essentielles des plantes constituent un réel potentiel pour l'industrie. Dans le but de substituer aux composés synthétiques ayant des effets néfastes sur la santé et l'environnement, nous avons essayé de mener une étude qui porte sur l'évaluation de l'effet de l'huile essentielle de l'*origanum compactum* sur la conservation des saucisses, on se basant sur l'effet antibactérien et antioxydant de cette l'huile.

L'étude de l'activité antimicrobienne sur les bactéries mésophiles et psychrotrophes a montré que l'huile essentielle de l'*origanum compactum* testé à des concentrations allant de 0.3 à 1% a révélée un effet antimicrobien vis-à-vis des bactéries mésophiles et psychotrophes à une concentration de 0.6%.

Concernant l'activité anti-oxydante, l'huile essentielle de l'*origanum compactum* a développé un effet antioxydant à la concentration de 1%.

**Mots clé :** Huile essentielle de *l'origanum compatum*, activité antibactérienne, activité antioxydante, saucisse, conservation.

## Abstract

Plant essential oils are a real potential for industry in To substitute synthetic compounds with adverse health and We try to carry out a study on the evaluation of the effect of the essential oil of the *origanum compactum* on sausage conservation, based on the anti-bacterial and antioxidant effect of this Oil.

The study of the antimicrobial activity on mesophilic and psychrotrophic bacteria. showed that the essential oil of *origanum compactum* tested at concentrations ranging from 0.3 to 1% revealed an antimicrobial effect against mesophilic and psychrotrophic bacteria at a concentration of 0.6 %.

Concerning the antioxidant activity, the essential oil of *origanum compactum* developed an antioxidant effect at the concentration of 1%.

**Key words:** Essential oils, *origanum compactum*, antibacterial activity, anti oxidant activity, sausage, conservation.