

M.B. 04/13

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

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



Université de Jijel
Faculté des Sciences Sciences de la Nature
et de la Vie
Département de Microbiologie Appliquée et Alimentaire



جامعة جيجل
كلية العلوم الطبيعية والحياة
فصلح الميكروبيولوجيا التطبيقية و علوم التغذية

Mémoire De Fin De Cycle Pour l'Obtention du Diplôme des Etudes Supérieur en Biologie

Option Microbiologie

$\frac{2}{2}$

Intitulé

*Etude bibliographique de l'activité
antibactérienne des huiles essentielles sur des
bactéries Gram positif*

Membre de jury :

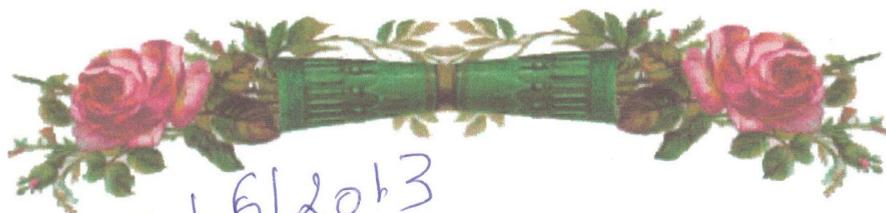
Présidente: M^{lle} BOUSSOUF L.
Promotrice : M^{lle} BEKKA F.



Présenté par:

KRID Sarah
AIMENE Imane

-Année 2012-2013-



Vahe 24/06/2013
BOUSSOUF L.

Remerciement

- ❖ Nos plus grands remerciements vont avant tous au Dieu le tout puissant et miséricordieux qui nous a toujours guidés vers le bon chemin.
- ❖ Un grand merci à nos familles, surtout nos parents, nos frères nos sœurs, nos chères amis et collègues pour leur affection, leur amitié et leur fidélité.
- ❖ Nous remercions affectueusement notre promotrice M^{lle} BEKKA F. d'avoir accepté la charge d'être rapporteur de ce mémoire, nous somme très reconnaissantes en vers elle pour sa constante disponibilité.
- ❖ Nous remercions chaleureusement M^{lle} BOUSSOUF L. qui nous fait l'honneur de juger ce travail.
- ❖ En fin nous remercions toute personne qui a participé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.



Liste des figures

Figure 01 : L'unité de base de terpènes (isoprène).....	06
Figure 02 : Montage d'hydro distillation	09
Figure 03 : Schéma de la structure bactérienne.....	12
Figure 04 : Exemples de La morphologie bactérienne	13
Figure 05 : Classification des bactéries Gram positif.....	14
Figure 06 : Structure de la paroi des bactéries Gram positif	16
Figure 07 : Photographie prise au microscope électronique montrant la forme de coques des cellules de <i>S. aureus</i>	17
Figure 08 : Implication de <i>S. aureus</i> en pathologie humaine	18
Figure 09 : <i>Listeria monocytogenes</i>	21
Figure 10 : Action des huiles essentielles et de leurs constituants sur la cellule bactérienne .	27

Liste des tableaux

Tableau I : Structure chimique de quelques composés des huiles essentielles.....	07
Tableau II : Compositions et fonctions des structures des bactéries Gram positif	15
Tableau III: Les infections de <i>Staphylococcus aureus</i>	19

Liste des abréviations

ATB : AnTiBiotique

AFNOR : Association Français de NORmalisation.

CMI : Concentration Minimale Inhibitrice

HE : Huile Essentielle

H.E.C.T : Huile Essentielle ChémoTypée

FAME: Fatty Acid Modifying Enzyme

IOA : Infections Ostéo-Articulaires

L. monocytogene : *Listéria monocytogene*

LPS : Lipo-PolySaccharides

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

PLP : Les Proteines Liant la Pencilline

S. aureus: *Staphylococcus aureus*

TSST1 : Toxic Shock SyndromeToxin-1

TTO : Tea Tree Oil = huile de l'Arbre de thé

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 01

Chapitre I : Généralités sur les huiles essentielles

I.1. Définition	03
I.2. Localisation et origine géographique	03
I.2.1. Localisation	03
I.2.2. L'origine géographique	04
I.3. Facteurs de variabilité	04
I.4. Les propriétés des huiles essentielles	04
I.4.1. Propriétés biologiques	04
I.4.1.1. Anti-infectieuses	04
I.4.1.2. Anti-inflammatoires	05
I.4.1.3. Régulatrices du système nerveux	05
I.4.2. Les caractères physico-chimiques des huiles essentielles	05
I.4.2.1. Caractères physiques	05
I.4.2.2. Caractères chimiques	05
I. 5. Classification des huiles essentielles	05
I.6. La composition chimique	06
I.6.1. Les composés d'origines diverses	06
I.7. La différence entre les huiles essentielles et le huiles végétales	08
I.8. Méthodes d'extraction	08
I.9. Conditions de conservation et de stockage	09
I.10. Utilisation des huiles essentielles	09
I.10.1. En parfumerie	10
I.10.2. En pharmaceutique	10
I.10.3. En alimentation	10
I.10.4. Utilisation sanitaire	10
I.10.5. Utilisation en aromathérapie	11
I.10.6. Dans diverses industries	11
I.11. La toxicité des huiles essentielles	11

Chapitre II : Généralités sur les bactéries Gram positif

II.1. Généralité sur les bactéries	12
II.2. Définition des bactéries Gram positif	13
II.3. Classification des bactéries Gram positif.....	14
II.4. Structure de la cellule de bactérie Gram positif	14
II.5. Les mécanismes de résistances bactériennes aux antibiotiques.....	16
II.5.1. Support et Mécanisme biochimique des résistances.....	16
II.6. <i>Staphylococcus aureus</i>	17
II.6.1. Définition	17
II.6.2. Taxonomie et Classification	17
II.6.3. Caractères cultureux.....	18
II.6.4. Pouvoir pathogène	18
II.6.5. Les sécrétions	20
II.6.6. La Résistance	20
II.6.6.1. Mécanisme de résistance aux bêta-lactamines	20
II.6.6.2. Résistance par production de pénicillinase.....	20
II.6.6.3. Résistance à la méticilline	20
II.8. <i>Listeria monocytogene</i> et Listeriose	21
II.8.1. Caractères généraux du genre	21
II.8.2. Taxonomie et nomenclature.....	22
II.8.3. Habitat et épidémiologie.....	22
II.8.4. Pouvoir pathogène naturel	23
II.8.4.1. Chez l'animal domestique.....	23
II.8.4.2. Chez l'Homme.....	23

Chapitre III : *Activité antibactérienne des huiles essentielles et mécanismes*

d'action

III.1. Effet bactéricide et bactériostatique.....	25
III.2. Souches bactériennes.....	25
III.3. Différents mode d'action des huiles essentielles et leurs constituants sur la cellule bactérienne.....	25
III.3.1. Différents Mécanismes d'action au niveau cellulaire.....	26
III.3.1.1. Action sur la membrane et la paroi cellulaire	26
III.3.1.2. Action sur le métabolisme.....	27
III.3.1.3. Action sur l'ATP	27
III.3.2. Activité liée aux constituants des huiles essentielles	27

III.4. Activité antibactériennes et mode d'action de quelques huiles essentielles.....	29
III.4.1. Huile essentielle de <i>Nigella sativa</i>	29
III.4.2. Huile essentielle de cannelle (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>) et clou de girofle	29
III.4.3. Huile essentielle d'arbre de thé (<i>Melaleuca alternifolia</i>).....	30
III.4.4. Huile essentielle de thym et de l'origan.....	30
III.4.5. Huile essentielle de <i>Thymus fontanesii</i>	31
III.4.6. Huile essentielle de <i>Corydorthymus capitatus</i> , <i>Thymus vulgaris thymoliferum</i> , et <i>Thymus satureioidis</i>	31
III.4.7. Huile essentielle de <i>Thymus algeriensis</i> et <i>Thymus ciliatus</i>	32
III.4.8. Huile essentielle de <i>Rosmarinus Officinal</i>	32
III.4.9. Huile essentielle de <i>Plectranthus aromaticus</i>	32
III.4.10. Huile essentielle d' <i>Artemisia mesatlantica</i>	33
 Conclusion	 34

Références bibliographiques

Glossaire

Introduction

Les plantes représentent une source immense de molécules chimiques complexes exploitées par l'Homme dans l'industrie des parfums, agro-alimentaire, cosmétique et pharmaceutique. La plupart des végétaux renferment des huiles essentielles (HEs); ils sont alors appelés plantes aromatiques (EL Haib, 2011). Parmi les espèces végétales (800 000 à 1 500 000 selon les botanistes) 10 % seulement sont dites « aromatiques », c'est-à-dire qu'elles synthétisent et sécrètent des infimes quantités d'essence aromatique. Elles les produisent pour se protéger des insectes, des maladies ou éliminer des substances de leurs métabolismes (Pibiri, 2006 ; Degryse et *al.*, 2008).

Les HEs sont utilisées depuis des millénaires en Chine, en Inde, au Moyen Orient, en Egypte, en Grèce, en Amérique Latine, et en Afrique, elles tombent dans l'oubli au Moyen Age. A ce moment, l'Europe connaît un retour à la barbarie avec un déclin général du savoir. Il faudra attendre l'arrivée des Arabes pour assister à un nouvel essor de la médecine par les plantes qui retrouvent alors une place de choix dans l'arsenal thérapeutique de l'époque (Bastien, 2008).

A partir des années 1960, les HEs sont de plus en plus utilisées. Ces substances naturelles, généralement présentées comme «sans danger » concentrent les composés actifs des végétaux. Mais les HEs sont aussi des composés puissants, qui nécessitent des précautions et des recommandations d'usage. Il existe approximativement 3000 huiles dont environ 300 sont réellement commercialisées (Zhiri, 2006 ; Degryse et *al.*, 2008 ; Amarti et *al.*, 2010).

Les propriétés antimicrobiennes sont essentiellement dues à la fraction d'HE. Elles ont un spectre d'action très large puisqu'elles inhibent aussi bien la croissance des bactéries que celle des moisissures et des levures. Leur activité antimicrobienne est principalement fonction de leur composition chimique, et en particulier de la nature de leurs composés volatils majeurs. Elles agissent en empêchant la multiplication des bactéries, leur sporulation et la synthèse de leurs toxines (Billerbeck et *al.*, 2002 ; EL kalamouni, 2010).

L'activité antimicrobienne d'HE a été montrée *in vitro* par de nombreuses études, principalement contre des bactéries pathogènes telles que *Staphylococcus aureus*, en contact avec des HEs riches en monoterpénols et en phénols (Pibiri, 2006 ; Mathlouthi et *al.*, 2009).

Rien que sur le plan pathologique, personne ne peut nier, l'efficacité anti-infectieuse des HEs. Les problèmes de l'abus des antibiotiques présentent l'usage des huiles essentielles comme l'unique alternative de substitution dans la plupart des cas d'infection, elles sont faiblement toxiques pour l'environnement et peuvent avoir une activité biocide plus élevée.

Les huiles essentielle chemotypées (H.E.C.T) avec leur composition, leur nature et avec une posologie dosée et étudiée cliniquement, n'induisent ni résistance des germes, ni atteinte du système immunitaire, ni sélectivité des flores saprophytes et pathogènes (Zhiri et Baudoux, 2005; Amarti et *al.*, 2011).

Les huiles essentielles sont toutes antiseptiques, désintoxicantes, revitalisantes et électives, elles ont chacune des propriétés spécifiques. Les mélanges d'huiles essentielles en synergie augmentent les bienfaits des huiles essentielles par rapport à une indication donnée (Grosjean, 2004).

Le but de cette etude bibliographique est de rapporter des généralités sur la composition chimique des huiles essentielles, un aperçu général sur les Gram positif ainsi que l'activité antibactérienne des huiles essentielles et leurs mécanismes d'action sur les Gram positif.

Ainsi que nous avons subdivisé notre travail en trois chapitres principaux :

- Le premier développe des généralités sur les huiles essentielles, leur classification, composition chimique, méthode d'extraction et leur utilisation dans plusieurs domaines.
- Le deuxième aborde un aperçu général sur les bactéries Gram positif, leurs structures fine, leur classification et leur pouvoir pathogène.
- Le troisième présente les différents travaux effectués sur l'effet et mécanisme d'action de quelques huiles essentielles ainsi que leurs constituants sur les bactéries Gram positif.

C'est après le développement de la chimie que les HES extraites des plantes commencent à livrer leurs secrets et leurs composants principaux ont été identifiés. Plus de 100 000 substances sont connues. Elles ont occupé une place importante dans la vie quotidienne des Hommes qui les utilisaient autant pour se parfumer, aromatiser ou même se soigner (Piochon, 2008 ; EL Haib, 2011).

I.1. Définition

Les HES sont des composés naturels, volatiles, et complexes caractérisés par une odeur forte et qui sont formés par des plantes aromatiques en tant que métabolites secondaires. Elles sont habituellement obtenues par la vapeur ou l'hydro distillation. La majorité des HES sont des liquides très peu colorés, volatiles à température ambiante. Elles sont, en général plus légères que l'eau tout en possédant des caractéristiques hydrophobes. Ce sont des mélanges constitués de plusieurs dizaines, voire de plus d'une centaine de composés, principalement des terpènes et de composés aromatiques (Bakkali et *al.*, 2008 ; EL kalamouni, 2010 ; EL Haib, 2011).

La norme française AFNOR NF T75-006 définit l'HE comme: «un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicerpe des *Citrus*, et qui sont séparées de la phase aqueuse par procédés physiques ». Trois catégories d'HE ont été distinguées : huiles brutes ou naturelles, les huiles brutes purifiées et les huiles fractionnées (Bruneton, 1999 ; Turgeon, 2001).

Les HES sont connues pour leur effet antiseptique (bactéricide, virucide et fongicide), de ce fait elles sont employées dans l'inspiration, conservation des nourritures et comme antimicrobien, analgésique, sédatif, anti-inflammatoire, spasmolytique et remèdes anesthésique locale (Bakkali et *al.*, 2008).

I.2. Localisation et origine géographique

I.2.1. Localisation

Les HES sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent en général dans des cellules glandulaires spécialisées, situées sur la surface de la cellule et recouvrant la cuticule (EL Haib, 2011). Elles sont responsables des différents senteurs qu'elles dégagent. Elles se retrouvent dans des glandes minuscules situées dans différentes parties de la plante aromatique : dans les feuilles (basilic, citronnelle, eucalyptus), les rhizomes (gingembre) dans les fleurs (rose, lavande, menthe), dans le fruit (citron, anis, fenouil, badiane), les boutons floraux (clou de girofle), le bois (camphrier), dans les graines (coriandre, muscade), dans l'écorce (cannelle) et, pour certaines plantes c'est dans les racines (Paris et Hurabielle, 1981; Kabera et *al.*, 2004).

I.2.2. L'origine géographique

Le nom du pays ou d'une région apporte des précisions intéressantes sur le biotope (l'environnement) de la plante aromatique et caractérisera sa composition biochimique particulière (Zhiri et Baudoux, 2005). Cela permet de connaître l'environnement dans lequel grandit la plante et de caractériser ainsi l'HE obtenue. Il y a des différences de composition chimique selon le pays d'origine. Une même plante grandissant dans des lieux différents avec changement de situation géographique (altitude et latitude), avec variation de la nature du sol, peut produire des HEs différentes. Par exemple, le thym vulgaire à géraniol ne produit cette molécule de géraniol qu'en hiver alors que l'acétate de géranyle la remplacera en été (Mayer, 2012).

I.3. Facteur de variabilité

La présence ou l'absence de certains constituants dans la plante dépend de l'un ou de la combinaison de trois facteurs (le patrimoine génétique, l'âge et l'environnement de la plante). En effet, l'influence des facteurs environnementaux, comme (la température, l'humidité), l'altitude et latitude, la nature du sol sur la composition chimique et le rendement des HEs a été décrite. D'autres facteurs tels que le cycle végétatif, l'âge et l'organe végétal, la période de récolte les parasites, les virus et les mauvaises herbes qui influent sur le rendement et la composition chimique des HEs. Il été noté ainsi que l'action des HEs est le résultat de l'effet combiné de leurs composés actifs et inactifs, ces composés inactifs pourraient influencer la disponibilité biologique des composés actifs et plusieurs composants actifs pourraient avoir un effet synergique. Le rendement et la composition chimique des HEs varient également en fonction de la méthode d'extraction. La durée de séchage affecte aussi bien le rendement que la composition. Les conditions principales requises pour une production rentable en HE est : un bon matériel végétal, la variété de la plante, le sol, l'équipement de distillation, le climat (Lamamra, ND).

I.4. Les propriétés des huiles essentielles

I.4.1. Propriétés biologiques

I.4.1.1. Anti-infectieuses

Les huiles essentielles possèdent de nombreuses propriétés anti-infectieuses, les molécules aromatiques et phénol et monoterpénol possèdent une activités antibactérienne, antivirales, antifongiques. Les phénols ont une action puissante contre les parasites, cependant les aldéhydes possèdent une activité insecticides (Mayer, 2012).

I.4.1.2. Anti-inflammatoires

Les HEs possédant des aldéhydes ont des propriétés actives contre l'inflammation par voie interne comme l'HE de gingembre (Mayer, 2012).

I.4.1.3. Régulatrices du système nerveux

Les huiles essentielles possédant des esters ou des éthers ont une action antispasmodiques, les aldéhydes type citrals contenu par exemple dans l'huile essentielle de Mélisse ou celle de verveine citronnée favorisent la détente et le sommeil, elles possèdent aussi des propriétés analgésiques, antalgiques (Mayer, 2012)

I. 4.2. Les caractères physico-chimiques des HEs

I.4.2.1. Caractères physiques

Les HEs sont habituellement liquides à température ambiante et volatiles, ce qui les différencie des huiles dites fixes. Elles sont plus ou moins colorées et leur densité est en général inférieure à celle de l'eau. Elles ont un indice de réfraction élevé et la plupart dévient la lumière polarisée. Elles sont liposolubles et solubles dans les solvants organiques usuels, entraînaibles à la vapeur d'eau, très peu solubles dans l'eau (Desmares et *al.*, 2008).

I.4.2.2. Caractéristiques chimiques

Les HEs sont presque toujours acides, ce que contrarie le développement des microorganismes pathogènes évoluant dans des valeurs de pH neutre. L'oxydoréduction indique la tendance ou non des composées à s'oxyder, et donc à former des radicaux libres. Or les HEs ont des valeurs réductrices en s'opposant à l'oxydation. Elles sont composées de molécules à squelette carboné, le nombre d'atomes de carbone étant compris entre 5 et 22 (le plus souvent 10 ou 15) (Desmares et *al.*, 2008).

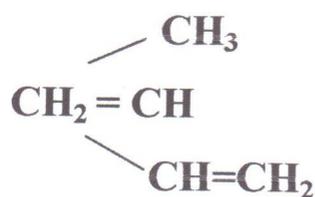
I.5. Classification des huiles essentielles

Les HEs sont classés seulement selon la nature chimique des principes actifs majeurs, plus rarement sur le mode d'extraction ou les effets biologiques. Ces composants chimiques sont regroupés en huit (8) familles (Georges, 1979) :

- Les carbures sesquiterpéniques et terpéniques ;
- Les alcools ;
- Les esters et acides ;
- Les aldéhydes ;
- Les cétones ;
- Les phénols ;
- Les éthers ;
- Les peroxydes

I.6. La composition chimique

Les HEs sont composés de substances volatiles et lipophiles, elles contiennent essentiellement des terpènes mais aussi des substances aromatiques (eugénol), aliphatiques (3-cis hexenal), des hétérocycles (coumarines), des cycles aliphatiques (cyclopentane) et des composés soufre ou azotes (Zhiri et Baudoux, 2005). Elles sont constituées principalement de deux groupes de composés odorants distincts selon la voie métabolique empruntée ou utilisée. Il s'agit des terpènes (mono et sesquiterpènes), prépondérants dans la plupart des essences, et des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (EL Haib, 2011). Ces molécules peuvent être regroupées en monoterpènes molécules en C10 (c'est-à-dire formées d'une chaîne de 10 atomes de carbone), en sesquiterpènes molécules en C15, et diterpènes molécules en C20 (Tableau I). Au dessus de ce nombre d'atomes de carbone, les molécules deviennent trop lourdes pour être extraites par la vapeur d'eau, tous les composés sont constitués d'unités d'isoprène (Figure 01) (Bechaalanv, 2005).



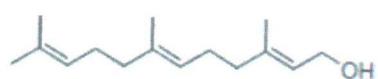
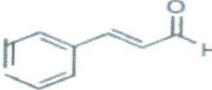
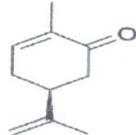
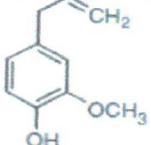
L'isoprène

Figure 01 : L'unité de base de terpènes (isoprène) (Johnson, 2003).

I.6.1. Les composés d'origines diverses

Ce sont des produits résultant de la transformation de molécules non volatiles entraînaibles par la vapeur d'eau. Il s'agit de composés issus de la dégradation d'acides gras, de terpènes. D'autres composés azotés ou soufrés peuvent subsister mais sont rares (Bruneton, 1999).

Tableau I : Structures chimiques de quelques composés des huiles essentielles (Bruneton, 1999).

La composition des HEs	Structure	Caractéristique
Les monoterpènes	 <p>Sabinene Carbure monocyclique cymene(y) or <i>p</i>-cymene</p>	Composé de 2 unités isoprènes.
Les sesquiterpènes	 <p>Carbure farnesol</p>	Composé de 3 unités isoprènes
Les alcools	 <p>Cinnamyl l'alcool</p>	Composé d'un atome hydrogène et un atome oxygène se rattache à des atomes de carbones.
Les esters et les acides	 <p>Acétate de linalyle</p>	Des combinaisons complexes de carbone d'hydrogène et d'oxygène.
Les aldéhydes	 <p>Cinnamaldehyde</p>	Ils comportent le groupe caractéristique -CHO.
Les cétones	 <p>Carvone</p>	Un atome d'oxygène se lie à un atome de carbone pour former une unité qui se rattache en suite à un composé hydrocarboné.
Les phénols	 <p>Eugenol</p>	Une unité hydroxyle se rattache à un anneau d'atome de carbone.

I.7. Différences entre les huiles et les huiles végétales

Il est important de faire une différence entre les HEs et les huiles végétales. Les HEs sont obtenues par expression (réservée aux agrumes) ou par distillation à la vapeur d'eau. Elles sont volatiles, solubles dans l'alcool et dans l'huile, mais pas dans l'eau. Ce sont des substances odorantes, cependant les huiles végétales ce sont des huiles grasses obtenues par première pression à froid des graines ou fruits de diverses plantes oléagineuses (Amandes, noisettes, etc...). Elles sont utilisées en aromathérapie comme support des huiles essentielles pour les préparations à usage externe (Bechaalanv, 2005 ; Bastein, 2008).

I.8. Extraction des huiles essentielles

Les HEs sont obtenues des épices, herbes aromatiques, fruits ou fleurs, elles sont obtenues par distillation (hydrodistillation simple ou distillation à vapeur saturée), pression, enfleurage ou au moyen d'un solvant, selon la partie de la plante utilisée et la fragilité de l'HE. La méthode pratiquée est très importante pour rapporter une HE capable de produire la saveur et l'odeur de la plante la plus naturelle, avec un changement chimique minimal des composés présents dans l'huile obtenue. Il y a aussi d'autres procédés plus développés: hydrodistillation par micro-ondes sous vide et hydrodiffusion, extraction par CO₂ super critique. Mais la composition des huiles est qualitativement différente de celles obtenues par les procédés classiques. L'hydrodistillation reste le moyen le plus employé pour produire les HEs, en particulier à des fins commerciales (Bremness, 1998 ; Bruneton, 1999 ; Guinoiseau, 2010).

- **Hydrodistillation**

Il s'agit de la méthode la plus simple et de ce fait la plus anciennement utilisée. Le principe de l'hydro distillation correspond à une distillation hétérogène qui met en jeu l'application de deux lois physiques (loi de Dalton et loi de Raoult). Le procédé consiste à immerger la matière première végétale dans un ballon lors d'une extraction au laboratoire ou dans un alambic industriel rempli d'eau placé sur une source de chaleur. Le tout est ensuite porté à l'ébullition. La chaleur permet l'éclatement des cellules végétales et la libération des molécules odorantes qui y sont contenues. Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau, un mélange azéotropique. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et les huiles essentielles se séparent de l'eau par différence de densité. Au laboratoire, le système équipé d'une cohobe généralement utilisé pour l'extraction des huiles essentielles est le Clevenger (figure 02) (EL Haib, 2011).

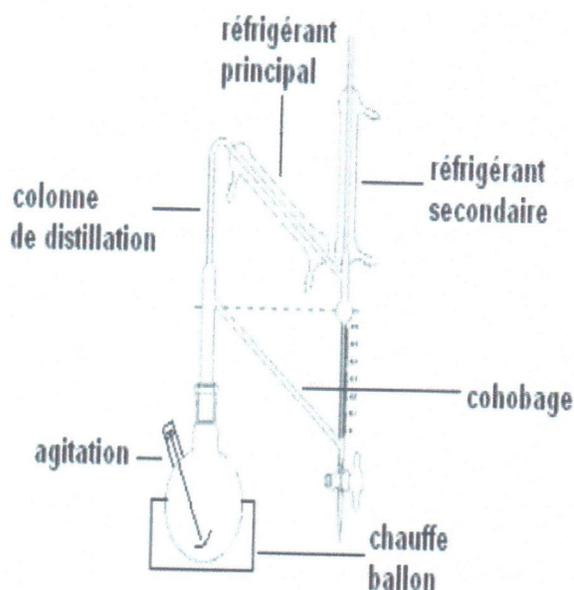
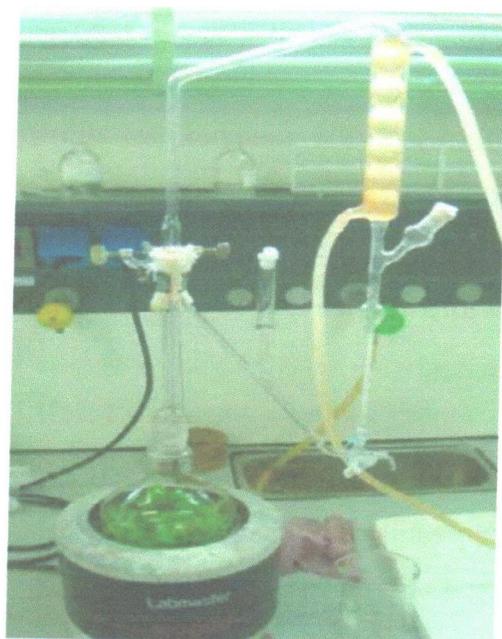


Figure 02 : Montage d'hydro distillation (EL Haib, 2011).

I.9. Conditions de conservation et de stockage

Les HEs de bonne qualité peuvent se conserver plusieurs années sous certaines conditions, jusque cinq ans pour les H.E.C.T par exemple. Seules les essences de *Citrus* se gardent un peu moins longtemps (trois ans). Les HEs sont volatiles, il ne faut donc pas oublier de bien fermer les flacons, l'utilisation des flacons propres et secs en aluminium vernissé, en acier inoxydable ou en verre teinté anti-actinique, presque entièrement remplis et fermés de façon étanche (l'espace libre étant rempli d'azote ou d'un autre gaz inerte), stockage à l'abri de la chaleur et de la lumière à une température ambiante jusque vingt degrés, dans certains cas un antioxydant approprié peut être ajouté à l'HE. Dans ce cas, cet additif est à mentionner lors de la vente ou l'utilisation de l'HE (Desmares et *al.*, 2008; Mayer, 2012).

I.10. Utilisation des huiles essentielles

Traditionnellement, les HEs sont présentes dans le processus de fabrication de nombreux produits finis destinés aux consommateurs. Chaque HE a ses caractéristiques et ses fonctions qui lui sont propres, on les trouve sous leur forme originale pour le commerce de détail (Turgcon, 2001 ; EL Haib, 2011).

I.10.1. En parfumerie

C'est le principal débouché des HEs, la cosmétologie et le secteur des produits d'hygiène sont aussi consommateurs, même si le coût élevé des produits naturels conduit à privilégier parfois les produits synthétiques. Elles sont intégrées dans des analgésiques pour la peau, les produits solaires ainsi que de nombreux produits d'ambiance comme les liquides pour pot-pourris et dans celle des parfums, des produits de toilette, des savons et des détergents, en raison de leurs propriétés aromatiques (Bruneton, 1999 ; Couderc, 2001 ; Turgeon, 2001).

I.10.2. En pharmaceutique

Il n'existe pas de réglementation spécifique aux HE en ce qui concerne leur utilisation dans les médicaments. Les spécialités pharmaceutiques à base d'HE répondent à la définition du médicament à base de plantes : « Les médicaments à base de plantes sont des médicaments dont les principes actifs sont exclusivement des drogues végétales et/ou des préparations à base de drogue(s) végétale(s) ». Par conséquent les médicaments à base d'HE doivent être conformes à la réglementation régissant ces médicaments. Les HEs de conifères entrent dans la fabrication de produits pharmaceutiques, en raison de leurs propriétés thérapeutiques (Turgeon, 2001 ; Desmares et *al.*, 2008).

I.10.3. En alimentation

Certaines drogues sont utilisées en nature (épices et aromates) , d'autres sous forme d' HE ou de rétinoïdes dispersés, encapsulés ou complexés. Si la réfrigération et d'autre moyens de conservation se sont substitués aux épices pour assurer la conservation des aliments, le développement de nouvelles pratiques culinaires (plats préparés, surgelés), le goût pour l'exotisme et les qualités gustatives , conduisent à une rapide augmentation de la consommation de ce type de produits : les boissons non alcooliques, les confiseries, les produits laitiers ou carnés, les soupes, les sauces, les boulangeries, gâteaux, biscuits, chewing-gum, chocolats, bonbons, pour aromatiser la nourriture (Desmares et *al.*, 2008 ; EL Haib, 2011).

I.10.4. Utilisation sanitaire

Les HEs sont employées en aromathérapie pour préserver ou améliorer la santé et la beauté des êtres humains. Elles peuvent être utilisées pour usage externe inhalations, compresses,

massage, bains aromatisés, soins des cheveux, diffusion d'arôme, ou interne infusions, sirops, pastilles, etc. (Turgeon, 2001).

I.10.5. Utilisation en aromathérapie

Le mot « aromathérapie » est un néologisme créé dans les années 1930 par le chimiste René-Maurice Gattefossé qui vient du latin *aroma*, aromate et du grec *therapeia*, traitement thérapeutique par les HEs végétales, utilisées par voie interne ou externe, sous forme de teinture d'extrait aromatique d'infusion. L'aromathérapie consiste à utiliser les principes actifs des HEs extraites à la vapeur d'eau de plantes aromatiques pour le confort ou la prévention et le traitement de pathologies (Garnier et al., 2009 ; Bechaalanv, 2005).

I.10.6. Dans diverses industries

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

Citant ainsi l'utilisation des isolats linalool, D-limonène dans des shampoings. On les utilise aussi dans la fabrication des adhésifs (colle, scotch ...), et celle de la nourriture pour animaux, dans l'industrie automobile, dans la préparation des sprays insecticides (Bruneton, 1999 ; EL Haib, 2011).

I.11. Toxicité des huiles essentielles

Par leur composition chimique riche, les HEs doivent être utilisées avec une extrême prudence, du fait qu'elles peuvent présenter de très graves dangers lors d'une utilisation aléatoire autonome, surtout que le consommateur est attiré par la facilité d'emploi de ces essences en absorption interne ou en application externe, en ignorant que certaines sont plus rapidement dangereuses que les autres: absinthe, armoise, chénopode, sauge officinale, hysope, thuya, tanaïsie, aneth, anis, carvi, romarin. D'autres sont à éviter durant la grossesse, ou interdites aux personnes souffrant d'épilepsie, d'hypertension ou d'affections dermatologiques. Selon leurs composants majoritaires, les HEs présentent des effets secondaires indésirables que l'on peut facilement éviter si on respecte quelques principes de bases (Bremness, 1998 ; Bernadet, 2000 ; Bechaalanv, 2005).

II.1. Généralité sur les bactéries

Les bactéries sont des êtres unicellulaires qui possèdent les éléments essentiels à la vie cellulaire. Leur taille varie de 1 à 10 microns (μm). Elles ne sont donc visibles qu'au microscope optique ($\times 10^3$) ou au microscope électronique ($\times 10^6$). Elles peuvent être désintégrées par divers procédés physiques et chimiques, ce qui permet d'étudier les constituants bactériens ainsi libérés (figure 03) (Anonyme, 2003).

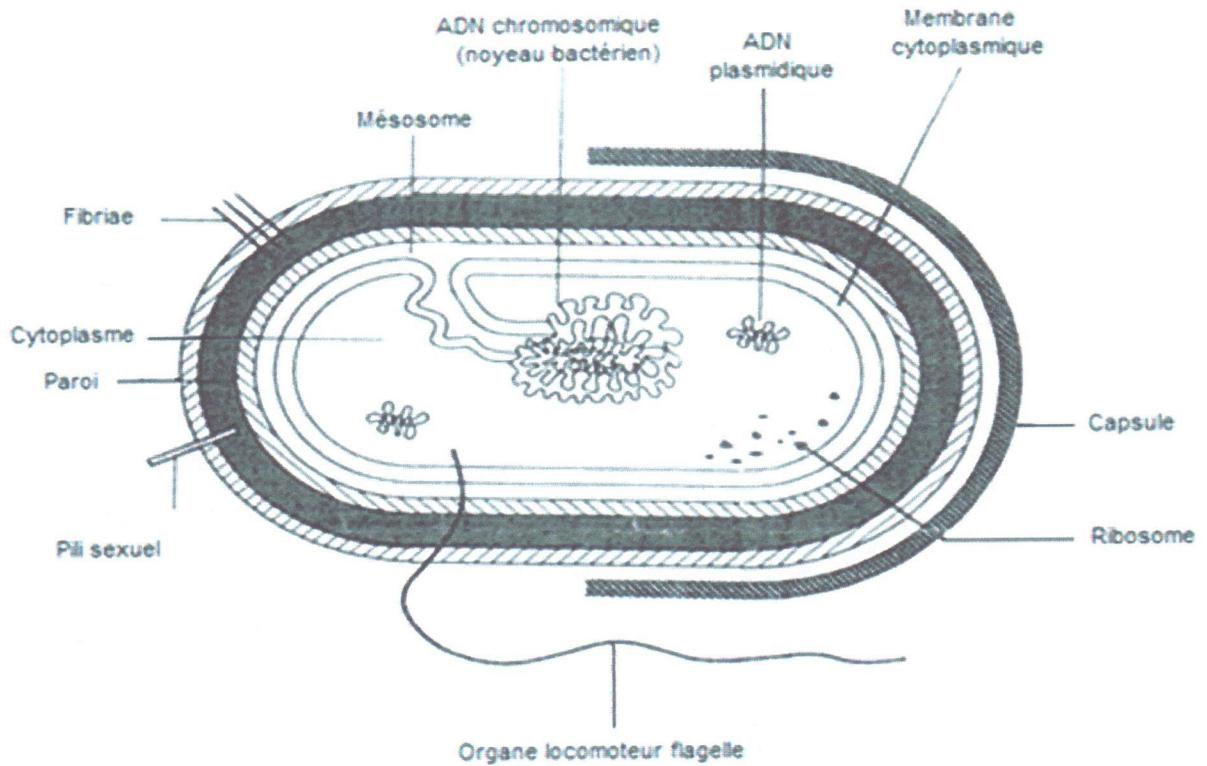


Figure 03 : Schéma de la structure bactérienne (Prescott et *al.*, 2003).

Les cellules bactériennes se présentent sous plusieurs formes les plus courantes sont les bacilles (bâtonnet), les cocci –coccus au singulier- (sphérique ou ovoïdes) et les formes spiralées et étoile. Elles forment des paires, des chaînes, des amas ou d'autre regroupement (Figure 04). Elles contiennent en moyenne 80% d'eau. Le reste est composé des quantités variables, selon l'espèce et la condition de culture, de protéines (30-50%), acides nucléiques (15% dont 3% d'ADN), de matières minérales (10-13%), lipides et glucides, 50% de C et 8% à 10% de N (Guiraud, 1998 ; Tortorat et *al.*, 2003).

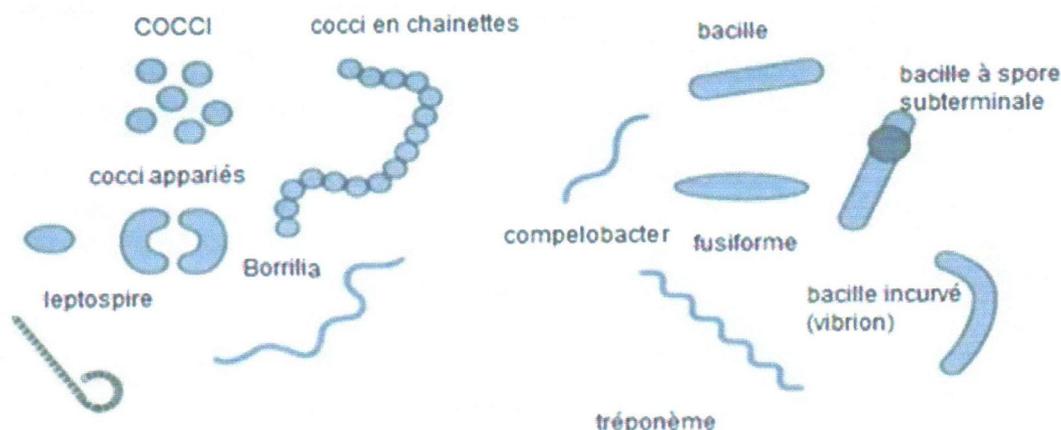


Figure 04 : Exemples de morphologie bactérienne (Hart et Shears, 1997).

Les bactéries sont séparées en deux classes, les bactéries à Gram négatif et les bactéries à Gram positif. Aussi bien les bactéries à Gram positif que les bactéries à Gram négatif ont une membrane cytoplasmique formée d'une bicouche lipidique associée à des protéines. Dans les deux cas, le composant principal de structure de la paroi est le peptidoglycane, un réseau tridimensionnel de chaînes polysaccharidiques (composées de N-acétylglucosamine et d'acide N-acétylmuramique) et d'acides aminés (Hart et Shears, 1997).

II.2. Définition des bactéries Gram positif

Les bactéries à Gram positif possèdent uniquement une membrane cytoplasmique avec un peptidoglycane plus épais que celui des bactéries à Gram négatif. Le peptidoglycane des bactéries à Gram positif est traversé latéralement par de grandes chaînes polymériques qui le relient à la membrane cytoplasmique : les acides lipotéichoïques. D'autres chaînes comme les acides téichoïques sont présentes dans le peptidoglycane et assurent sa stabilité.

Beaucoup de protéines sont également associées au peptidoglycane. L'espace périplasmique, beaucoup plus étroit que chez les Gram négatif, se situe entre la couche du peptidoglycane et la membrane plasmique. On divise les bactéries à Gram positif en deux grandes catégories selon que leur rapport G+C est faible ou élevé, les bactéries à Gram positif à faibles teneurs en G+C, comprennent plusieurs agents pathogènes chez l'humain tel que *Staphylococcus* (Tortorat et al., 2003).

II.3. Classification des bactéries Gram positif

La forme des bactéries et leur affinité pour les colorants constituent la base de leur classification, la figure 05 représente la classification des bactéries Gram positif (Hart et Shears, 1997).

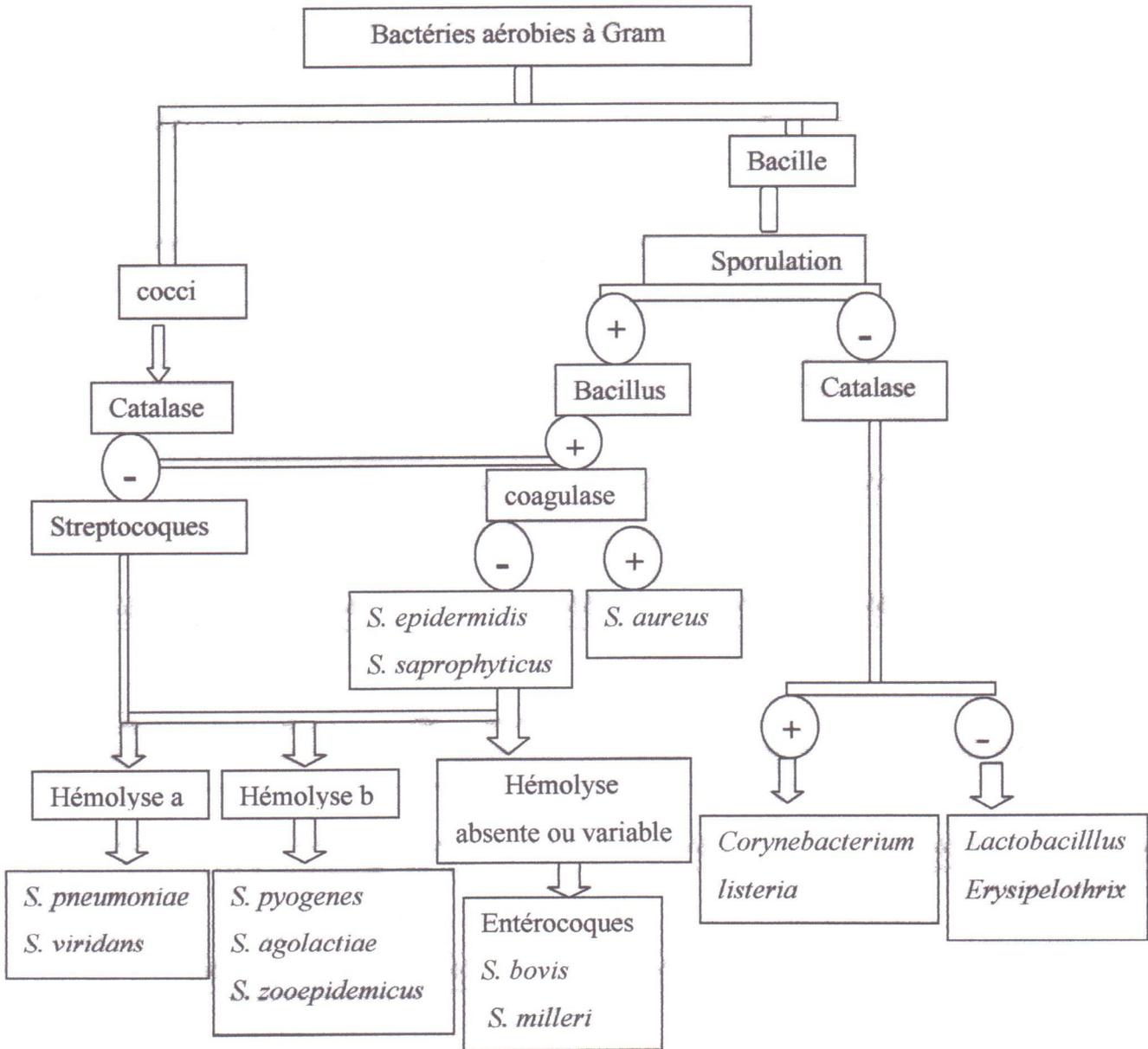


Figure 05 : Classification des bactéries Gram positif (Hart et Shears, 1997).

II.4. Structure de la cellule des bactéries Gram positif

Les bactéries sont des cellules procaryotes, leur ADN n'étant pas localisé dans un noyau, beaucoup contiennent des structures circulaires d'ADN extra-chromosomique appelées plasmides. Il n'y a pas d'autre organe dans le cytoplasme que les ribosomes, qui sont de plus

petite taille que ceux des cellules eucaryotes. De nombreuses bactéries possèdent des flagelles, des pili, ou une capsule à l'extérieur de la paroi (Tableau II) (Hart et Shears, 1997).

Tableau II : Compositions et fonctions des structures des bactéries Gram positif (Prescott et al., 2003, 2010 ; Singleton, 2005; Brigette, 2006 ; Denis, 2006) .

structures	compositions	Fonctions
Paroi cellulaire	Relativement épaisse est constituée en majeure partie par le peptidoglycane et les acides téchoïques.	Donne une forme à la bactérie et la protège de la lyse dans des solutions diluées.
Membrane plasmique	Contient des protéine et lipides.	Barrière perméable, sélective, limite mécanique de la cellule, transport des éléments nutritif et des déchets.
Le cytoplasme	Fluide aqueux qui contient des ribosomes, des éléments nutritifs, des ions, des enzymes, des déchets et diverses molécules impliquées dans les synthèses, l'entretien cellulaire et le métabolisme énergétique, inclusion, ARN.	Réserve de carbone, de phosphate et d'autres substances.
Les ribosomes	Composés de deux sous unités comprennent chacune des protéines et un type d'ARN appelé ARN ribosomal.	Le siège de la synthèse des produits.
Espace périplasmique	Contient les enzymes hydrolytiques et protéines de liaison.	Capter la nourriture et la transformer.
La Capsules et couche mucoïdes	Constitué de substances visqueuses.	Résistance à la phagocytose et adhérence aux surfaces
Matériel génétique	Filament d'ADN.	Support de gènes qui détermine les caractères des bactéries.

Chez les bactéries à Gram positif, la paroi est constituée presque exclusivement de la couche de peptidoglycane, à laquelle sont associés des polymères d'acide teichoïque. Les

bactéries à Gram négatif ont une paroi plus complexe. La couche de peptidoglycan est plus fine que celle des Gram positif, et elle est entourée par une membrane externe composée de lipopolysaccharides et de lipoprotéines (figure 06) (Hart et Shears, 1997).

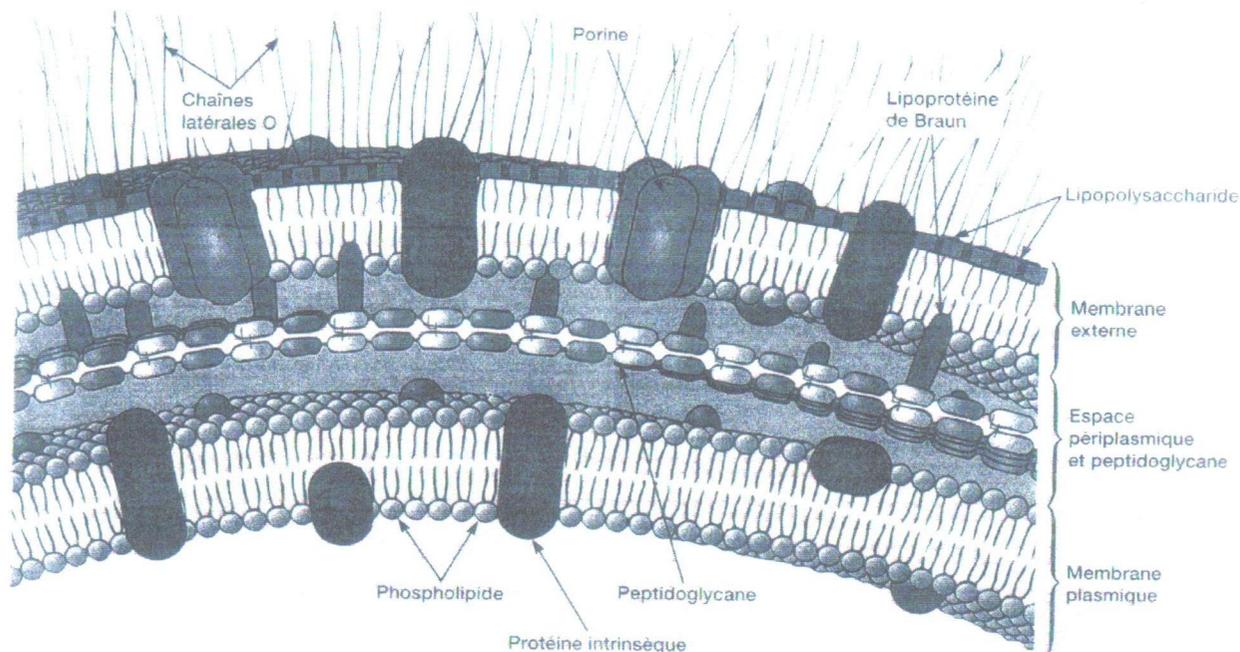


Figure 06 : Structure de la paroi des bactéries Gram positif (Singleton, 2005).

II.5. Les mécanismes de résistances bactériennes aux antibiotiques

Outre les résistances naturelles des bactéries, il existe un nombre important de mécanismes de résistance développés par les bactéries en réponse à la pression de sélection des ATB. Ces résistances relèvent d'un mécanisme biochimique dont le support est génétique et elles peuvent être transmissibles à d'autres bactéries. (Andremont, 2002 ; Guillemot et Leclercq, 2005; Wright, 2005).

II.5.1. Support et Mécanisme biochimique des résistances

Les modes de résistance connus actuellement qui résultent de la pression de sélection exercée par les ATBs sont au nombre de quatre :

- L'inactivation enzymatique par la sécrétion d'une enzyme
- L'efflux actif
- La modification de la cible
- La diminution de la perméabilité (porines) à l'antibiotique

Une même bactérie peut présenter plusieurs de ces mécanismes de résistance (Andremont, 2002 ; Guillemot et Leclercq, 2005; Wright, 2005).

II.6. *Staphylococcus aureus*

II.6.1. Définition

Les bactéries du genre *Staphylococcus* sont des coques (cocci) à Gram positif, groupés en amas ayant la forme de grappes de raisin, immobiles, non sporulés, catalase positive et oxydase négative. Parmi les 27 espèces du genre actuellement répertoriées, les principales sont: *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis* et, *S. saprophyticus*. L'espèce *S. aureus*, (nom commun : *staphylocoque doré*) sera prise comme type de description et qui est l'espèce de staphylocoque la plus pathogène aussi bien chez l'Homme que chez les animaux. Ce staphylocoque présente sous forme de coques de 0,5 à 1,5 μm de diamètre associés en paires ou en grappes (figure 07) (Anonyme, 2003 ; Zhiri, 2006).

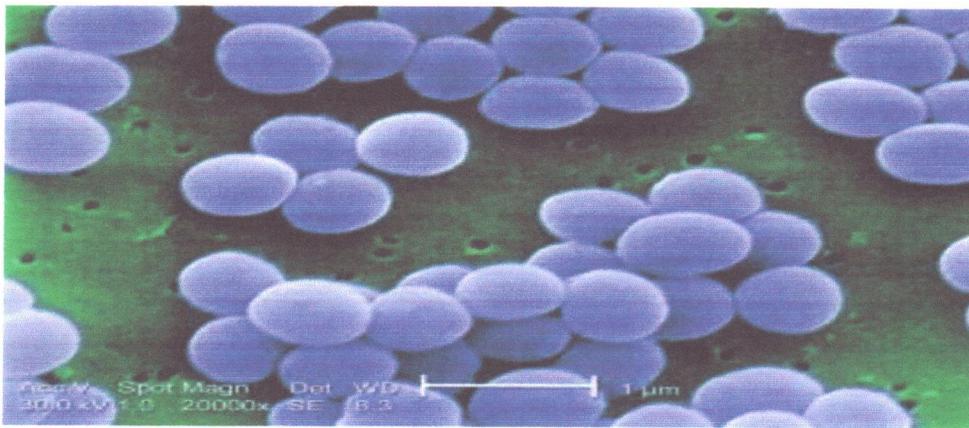


Figure 07: Photographie prise au microscope électronique montrant la forme de coques des cellules de *S. aureus* (Daddi-Oubekka, 2012).

II.6.2. Taxonomie et classification

La famille des *Micrococcaceae* est composée de trois genres de cocci à Gram positif en amas qui diffèrent par leur G + C % : *Staphylococcus* (30 - 39 %), *Micrococcus* (65-75%) et *Planococcus* (48 - 52 %). Ce dernier genre n'est rencontré qu'en bactériologie marine. Les espèces appartenant à ces trois genres possèdent une catalase et se développent en aérobiose. Les cocci à Gram positif en amas qui se développent uniquement en anaérobiose sont dénommés *Peptococcus* et seront traités avec les bactéries anaérobies. Le genre *Staphylococcus* occupe une place très importante en pathologie humaine et animale. Le genre *Micrococcus* a un pouvoir pathogène pratiquement nul. Néanmoins des souches de microcoques sont fréquemment isolées en bactériologie médicale. Il s'agit alors de contaminants qu'il faut distinguer des staphylocoques (Avril et al, 1992).

II.6.3. Caractères cultureux

S. aureus agrandissement abondamment sur milieu gélose (colonies de 1 à 2 mm de diamètre) ; certaines souches produisent un pigment jaune-orange, mais cette production est irrégulière. La culture est obtenue en 18 à 24 heures à 37° C (culture possible de 10 à 45° C) sur milieux ordinaires. *S. aureus* pousse en présence de fortes concentrations salines (milieu sélectif de Chapman à 7,5 % de NaCl). Le pH optimal est de 7,0 à 7,5. Il existe, des variantes exigeantes en facteurs de croissance : thiamine, acide pantothénique... Pour les produits mono microbiens, l'isolement est facile en bouillon, ou en milieu solide non sélectif (trypticase-soja, Mueller-Hinton, gélose au sang). Pour les produits pathologiques polymicrobiens ou les aliments, on doit recourir à des milieux sélectifs comme le milieu de Chapman (milieu hypersalé + mannitol) ou milieu de Baird-Parker au tellurite (utilisé surtout en microbiologie alimentaire) (Avril et al., 1992).

II.6.4. Pouvoir pathogène

Staphylococcus aureus demeure le principal pathogène aussi bien dans les services de réanimation que dans les services de maladies infectieuses et est responsable des cas les plus graves, les infections à *S. aureus* sont très fréquentes et apparaissent sous des aspects cliniques très variés (tableau III) (figure 08) (Chakroun et al., ND).

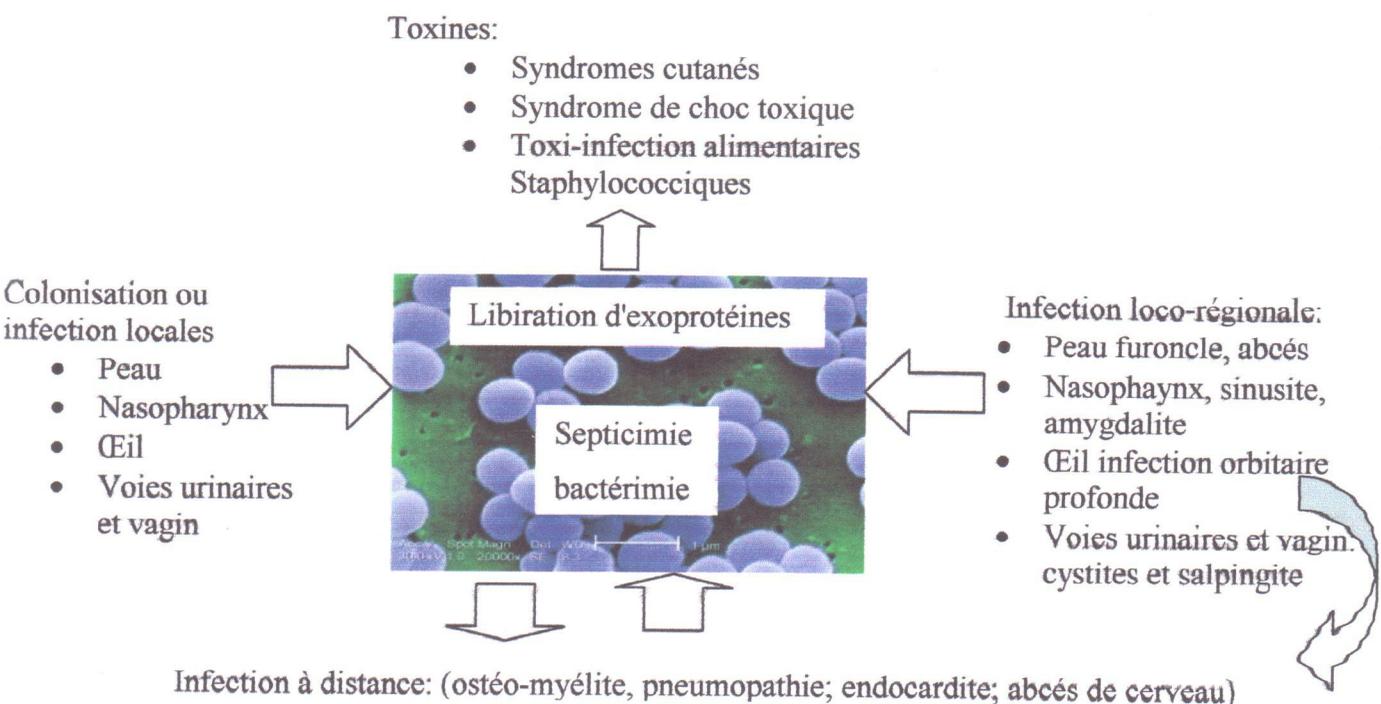


Figure 08 : Implication de *S. aureus* en pathologie humaine (Grundmann et al., 2002).

Tableau III : Les infections causées par *Staphylococcus aureus* (Avril et al., 1992 ; Eveillard, 2007).

Infections	Hôtes et Pouvoir pathogène
Les staphylococcies cutanées, sous-cutanées et muqueuses	Bactéries de la flore commensale cutanée et muqueuse des mammifères et des oiseaux. Elle peut être à l'origine de : -L'infection superficielle se traduit par un impétigo. -L'infection profonde est représentée par des abcès. -L'infections des canaux des glandes sudoripares appelées hidrosadénites.
Localisations viscérales	Responsable de l'ostéomyélite aiguë est une affection de l'enfant ou de l'adolescent.
Staphylococcies pleur pulmonaires	Les formes de l'adulte sont plus rares et peuvent apparaître après une virose telle la grippe.
Staphylococcies urogénitales	La formation d'abcès isolés du rein ou des phlegmons périphériques.
L'endocardite staphylococcique	Chez les porteurs de valves cardiaques artificielles, les drogués, ce sont souvent des endocardites du cœur droit.
Staphylococcies neuroméningées	Méningites observées surtout en milieu neurochirurgical (valves).
Les staphylococcémies	Responsable d'une Septicémies.
Les infections de l'appareil respiratoire.	La pneumopathie staphylococcique est rare mais grave, surtout lorsqu'elle est due à des souches productrices de la LPV <i>S. aureus</i> peut également être responsable d'angines et de sinusites chroniques.
Infection alimentaire	Bactérie pathogène des animaux et de l'Homme elle est responsable d'intoxications alimentaires.
Infections suppuratives	Le système nerveux central et les voies urinaires.

II.6.5. Les sécrétions

Les substances qui sont sécrétées par *S. aureus* sont :

1. Facteurs intervenant dans la colonisation, l'adhésion, l'invasion, la diffusion : la protéine A, la protéine de liaison au collagène, la protéine de liaison à la fibronectine, la protéine de liaison au fibrinogène (clumping factor), les sidérophores, la coagulase, la staphylokinase, la FAME.
2. Toxines à activité membranaire.
3. Entérotoxines, TSST1 et exfoliatines.
4. Activité super antigénique (Eveillard, 2007).

II.6.6. La résistance

II.6.6.1. Mécanisme de résistance aux bêta-lactamines

Les beta-lactamines se fixent de façon covalente sur les (PLP), enzymes (essentiellement des transpeptidases) impliquées dans la synthèse du peptidoglycane de la paroi bactérienne. Cette fixation bloque de manière irréversible la croissance bactérienne. Les souches de *S. aureus* sensibles à la méticilline comme les souches résistantes possèdent 4 PLP : PLP1, PLP2, PLP3, PLP4 (Eveillard, 2007).

II.6.6.2. Résistance par production de pénicillinase

La première observation de résistance par production de pénicillinase date de 1942. Plus de 90% des souches de *S. aureus* sont résistantes à la pénicilline G par ce mécanisme. La production d'une pénicillinase plasmique, inductible, inactive les pénicillines A et G, les carboxypenicillines et les ureidopenicillines, et qui est inactivée par les inhibiteurs de pénicillinase (acide clavulanique, sulbactam, tazobactam). Les pénicillines M et les céphalosporines ne sont pas inactivées par cette pénicillinase (Eveillard, 2007).

II.6.6.3. Résistance à la méticilline

La méticilline, comme l'oxacilline et la cloxacilline, est une pénicilline M non hydrolysée par les pénicillinases. La résistance à la méticilline est principalement due à la production d'une nouvelle PLP, la PLP2 a ayant une affinité diminuée pour les bêta-lactamines. Cette PLP2 est une transpeptidase qui peut catalyser à elle seule l'assemblage du peptidoglycane lorsque les autres PLP sont saturées par les bêta-lactamines (Eveillard, 2007).

II.8. *Listeria monocytogenes* et Listeriose

Chez l'Homme, elle a été isolée la première fois lors d'une méningite chez un adulte ainsi que dans différentes circonstances pathologiques jusqu'à ce qu'en 1933 ou Burn montre son rôle dans l'infection en période néo-natale. Les travaux de Seeliger ont par la suite souligné la place importante de *L. monocytogenes* en pathologie humaine (figure 10) (Avril et al., 1992).

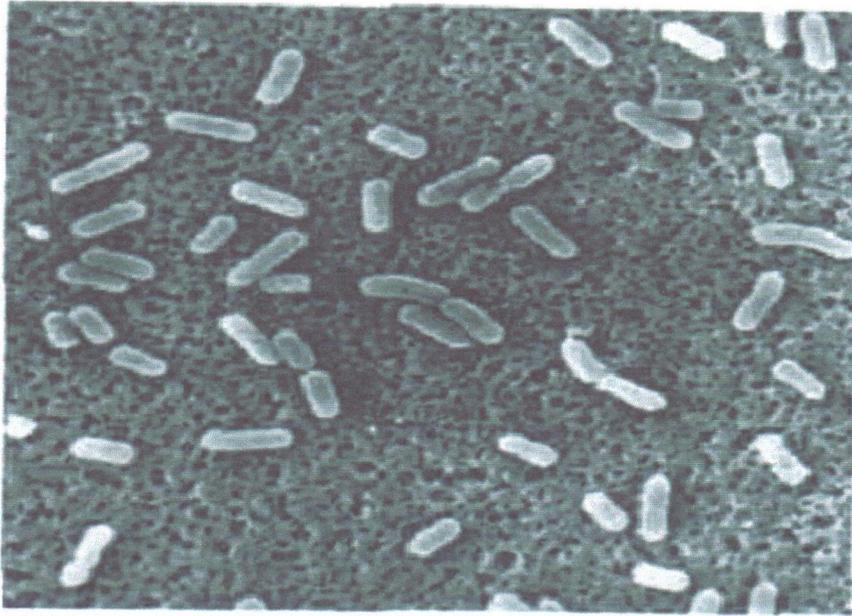


Figure 10: *Listeria monocytogenes* (Avril et al., 1992).

L. monocytogenes est un pathogène pour l'Homme et les animaux. La listériose atteint préférentiellement les personnes dont le système immunitaire est déficient, les femmes enceintes, les nouveau-nées et les personnes âgées (Vayquez-Boland et al., 2001).

II.8.1. Caractères généraux du genre

Le genre *Listeria* regroupe de petits bacilles à Gram positif de forme régulière, courts, à bouts arrondis parfois incurvés ($0,4-0,5 \times 0,5-2\mu\text{m}$) isolés ou en courtes chaînes présentant un arrangement en palissade et en lettres comme les corynébactéries, avec par fois des formes filamenteuses ($6 - 20 \mu\text{m}$) dans les vieilles cultures. Ils sont non sporulés, non capsulés et mobiles à $20-25^\circ\text{C}$ par des flagelles péritriches. Ce sont des bactéries aéro-anaérobies facultatives. La température optimale de culture est comprise entre 30 et 37°C , mais la culture est possible de 1 à 45°C . Sur gélose au sang, elles donnent des colonies hémolytiques lisses, translucides, gris-bleu, (espèces pathogènes). Elles ont les caractères suivants : catalase positive, oxydase négative ; glucose fermenté avec production d'acide lactique ; esculine et hippurate

hydrolyses, réactions rouge de méthyle et Voges-Proskauer positives ; pas de production d'indole, ni de SH, pas d'hydrolyse de l'urée. Il existe des types antigéniques définis par des antigènes O et des antigènes H (Avril et *al.*, 1992).

II.8.2. Taxonomie et nomenclature

Le genre *Listeria* comprend des espèces pathogènes pour l'Homme ou l'animal et des espèces non pathogènes. *L. monocytogenes* est la seule espèce pathogène à la fois pour l'Homme et l'animal, les autres espèces sont : *L. ivanovii* (ex sérovar 5 de *L. monocytogenes*, pathogène pour l'animal, mais rarement rencontrée chez l'Homme) ; *L. innocua* (non pathogène) ; *L. welshimeri* (non pathogène) ; *L. seeligeri* (non pathogène). Deux espèces *L. grayi* (isolée chez le chinchilla) et *L. murrayi* (présente dans le sol) de classification incertaine, ont été proposées pour former le genre « *Murraya* » avec deux espèces « *M. grayi* sub sp. *grayi* » et « *M. grayi* sub sp. *murrayi* » (Avril et *al.*, 1992).

II.8.3. Habitat et épidémiologie

L. monocytogenes est une bactérie saprophyte et ubiquitaire. Largement répandue dans la nature, elle a été isolée dans le sol, l'eau, les végétaux (ensilage) mais aussi dans le lait, la viande de poulet, les légumes (choux) et dans les matières fécales de sujets sains (Homme et nombreuses espèces animales). La bactérie survit dans l'environnement naturel, résiste à des conditions hostiles et peut s'y multiplier même à basse température (propriété utilisée comme méthode d'enrichissement) (Avril et *al.*, 1992).

L'infection par *L. monocytogenes* ou listériose, maladie commune à l'Homme et à l'animal, est une saprozoonose. La contamination humaine est le plus souvent réalisée par voie digestive et plus rarement par voie oculaire, respiratoire ou cutanée. C'est l'ingestion d'aliments contaminés qui permet la transmission à l'Homme, en outre une transmission maternofoetale est possible. La contamination est rarement directe au contact avec des animaux infectés et concerne alors les sujets exposés (éleveurs, vétérinaires) ; des cas de contamination interhumaine en milieu hospitalier (maternités) ont été décrits parfois sous forme de petites épidémies (Avril et *al.*, 1992 ; Nauciel et Vildé, 2005).

La contamination indirecte est le mode de contamination le plus fréquent. L'Homme entre en contact avec la bactérie présente dans le milieu extérieur (sol, eau, excréctions animales) ou dans les aliments d'origine animale contaminés (lait, viande, volailles, charcuterie, fromages...) ou d'origine végétale (crudités, choux,...) (Avril et *al.*, 1992). Les cas de listériose humaine surviennent généralement sous forme de cas sporadiques avec des variations saisonnières.

Lors de contamination par ingestion de produits alimentaires contaminés, de véritables épidémies ont été observées (Avril et *al.*, 1992).

Chez l'animal la maladie est plus fréquente pendant les saisons froides (hiver, début du printemps). Chez l'Homme les cas sembleraient plus fréquents en automne et au printemps (Avril et *al.*, 1992).

II.8.4. Pouvoir pathogène naturel

L. monocytogenes est une bactérie pathogène pour l'Homme et pour un grand nombre d'espèces animales domestiques ou sauvages (Lecler et *al.*, 1995).

II.8.4.1. Chez l'animal domestique

Cette bactérie est responsable de différentes manifestations cliniques survenant en hiver et au printemps : avortement et mortinatalité chez les bovins et les ovins ; septicémies de l'agneau avant le sevrage ; encéphalites chez différentes espèces de ruminants ; conjonctivites et kératites purulentes ; mammites. Certaines de ces localisations favorisent la contamination humaine (Avril et *al.*, 1992).

II.8.4.2. Chez l'Homme

a) La listériose foeto-maternelle

La listériose néo-natale peut exister sous deux grandes formes cliniques :

- une infection précoce se manifestant dès les premiers jours de la vie (premières heures, 5 premiers jours). Cette forme correspond à une infection généralisée septicémique survenue avant la naissance. L'infection chez un enfant de faible poids ou né prématurément se manifeste par un état grave avec des formes septicémiques généralisées, avec ou sans atteintes méningées, les infections locales pulmonaires ou conjonctivales étant plus rares. La forme majeure est associée à des foyers infectieux granulomateux multiples (d'où l'appellation : Granulomatosis infantiseptica). La mortalité est importante (Avril et *al.*, 1992).
- la forme tardive est une forme méningée comparable à celle de l'adulte dont le pronostic est moins sombre. Chez la femme enceinte la maladie a pu être discrète ou bénigne, fièvre isolée syndrome pseudo-grippal ou passée inaperçue. Lorsqu'elle survient en début de grossesse elle entraîne un avortement ; une infection plus tardive provoque un accouchement prématuré (Avril et *al.*, 1992).

b) La listériose de l'adulte

Les formes de l'adulte concernent le plus souvent, mais pas de façon exclusive, les sujets ayant une déficience des défenses immunitaires, en particulier de l'immunité cellulaire, lors d'hémopathies malignes, de cancers, ou au cours de traitements immunosuppresseurs, chez les diabétiques et les cirrhotiques, ainsi qu'au cours de la grossesse. *L. monocytogenes* dans ces cas peut être considérée comme une bactérie opportuniste. Il s'agit le plus souvent de formes neuro-méningées : méningites, méningo-encéphalites, ou encéphalites. L'aspect du liquide céphalorachidien est très variable et peut être trompeur : aspect trouble avec une formule panachée avec une cytologie en général modérée (entre 100 et 500 éléments par 9mm), mais aussi liquide clair évoquant une méningite virale ou une méningite tuberculeuse justifiant la mise en culture de tout LCR et la pratique systématique d'hémocultures. Les formes septicémiques sont moins fréquentes accompagnées ou non de localisations métastatiques. Il existe aussi de rares formes localisées : oculaires, cutanées, osseuses, pulmonaires... surtout rencontrées chez les sujets immunodéprimés ou, pour les formes cutanées sans atteintes systémiques, chez les personnes en contact avec des animaux infectés. La mortalité des listérioses en France est de l'ordre de 30 %, il en a été de même dans les épidémies observées dans le monde (Avril et al., 1992).

Néanmoins, depuis que l'importance de la flore lactique dans les poissons semi-préserverés a été mise en évidence, les travaux sur le sujet se sont intensifiés. Le risque majeur associé à ces produits est *Listeria monocytogenes*. Cette bactérie en est fréquemment isolée. Elle n'est pas détruite par les différentes étapes des procédés de transformation et peut se multiplier à basses températures, en présence de sel, de fumée et en anaérobiose. De nombreux auteurs ont sélectionné des souches à activité anti-listeria et les ont testées *in situ* (Leroi, 2009).



Les HEs possèdent d'importantes activités antimicrobiennes et peuvent se substituer avec succès aux antibiotiques qui montrent leurs inefficacités à l'encontre des microorganismes résistants. Cette activité antimicrobienne se trouve à la base des médecines dites alternatives, de nombreux procédés utilisés dans la conservation des produits alimentaires crus ou cuits, de substances actives exploitées dans les produits pharmaceutiques (Pibiri, 2005).

III.1. Effet bactéricide et bactériostatique

On distingue deux sortes d'effets des HEs sur les microorganismes une activité létale (bactéricide) et une inhibition de la croissance (bactériostase) (Pibiri, 2005).

III.2. Souches bactériennes

Le mode d'action des HEs dépend du type de microorganismes. En générale, les bactéries Gram négatif sont plus résistantes que les bactéries Gram positifs grâce à la structure de leur membrane externe. Ainsi, la membrane extérieure des Gram négatifs est plus riche en lipopolysaccharides (LPS) la rendant plus hydrophile, ce qui empêche les terpènes hydrophobes d'y adhérer (Cristiani et al., 2007).

C'est pour cela qu'il est important de mentionner la dénomination complète ainsi que le Gram des microorganismes ainsi que l'espèce botanique et le chémotype de l'HE. La susceptibilité des bactéries est en effet indépendante du Gram, ou dépend des HEs utilisées (Pibiri, 2005).

De plus, la sensibilité de ces bactéries aux HE peut être augmentée par l'ajout de substances affectant l'intégrité de la membrane externe. Par ailleurs, il est important de noter qu'il existe des différences notables de résultats selon les méthodes *in vitro* utilisées (Gabriel et al., 2013).

III.3. Différents mode d'action et leurs constituants sur la cellule bactérienne

L'activité antimicrobienne des HEs a fait l'objet d'un grand nombre de publications à l'échelle internationale. Cependant, la majorité des travaux cités dans ces publications s'arrêtent au niveau de la mise en évidence de l'activité antimicrobienne de ces HEs. Les études sur les mécanismes d'action de cette activité sont en nombre négligeable. Il n'existe pas d'étude pouvant nous donner une idée claire et précise sur le mode d'action des HEs. Etant donné la complexité de leur composition chimique, tout laisse à penser que ce mode d'action est assez complexe et difficile à cerner du point de vue moléculaire. Il est très probable que chacun des

constituants des HE ait son propre mécanisme d'action d'une manière générale et leur action se déroule en trois phases :

- * attaque de la paroi bactérienne par l'huile essentielle, provoquant une augmentation de la perméabilité puis la perte des constituants cellulaires, le carvacrol et le thymol semblent capables d'augmenter la perméabilité membranaire (Guinoiseau, 2010).

- * acidification de l'intérieur de la cellule, bloquant la production de l'énergie cellulaire et la synthèse des composants de structure.

- * destruction du matériel génétique, conduisant à la mort de la bactérie (figure 10) (EL kalamouni, 2010).

III.3.1. Différents modes d'action au niveau cellulaire

Du fait du très grand nombre de composants présents dans les HEs avec des structures chimiques très variées, ces molécules peuvent avoir des cibles très différentes au niveau cellulaire (Dorman et Deans, 2000 ; Burt, 2004 ; Bakkali et *al.*, 2008 ; Brenes et Roura, 2010).

III.3.1.1. Action sur la membrane et la paroi cellulaire

La majorité des études se sont concentrées sur les effets au niveau des membranes cellulaires et différentes hypothèses ont été émises. Ces molécules semblent entraîner des modifications de la surface des bactéries similaires à celles observées avec d'autres agents antibactériens (Gabriel et *al.*, 2013).

La nature lipophile des HEs ainsi que leur composition en molécules hydrocarbonées laissent supposer une action au niveau de la membrane cellulaire des microorganismes. En effet, les molécules lipophiles sont susceptibles de traverser les parois et les membranes cellulaires. Les HEs hydrocarbonés se logent préférentiellement dans les membranes biologiques en perturbant leurs fonction vitales (Degryse et *al.*, 2008). Du fait de leur hydrophobicité, les terpénoïdes pourraient alors agir sur la bicouche phospholipidique de la membrane cytoplasmique bactérienne en s'immisçant à l'intérieur. Ceci conduit alors à une modification des interactions entre les composants de la membrane, et des perturbations de ses fonctions accentuées dans le cas des terpénoïdes ayant des groupes fonctionnels comme des alcools et des aldéhydes phénoliques, avec un système d'électrons délocalisés (Ultee et *al.*, 2002 ; Ben Arfa et *al.*, 2006). Les HEs pourraient traverser la paroi des bactéries Gram positif et/ou entraîner des modifications de cette paroi, variables selon sa composition et sa structure.

Ceci a de nombreuses conséquences : une augmentation de la perméabilité membranaire, une fuite d'ions potassium et de protons avec une acidification du milieu intracellulaire, une

perte de contenu cellulaire, une coagulation du contenu cytoplasmique, et une lyse cellulaire (Gabriel *et al.*, 2013).

III.3.1.2. Action sur le métabolisme bactérien

Par ailleurs, les composants des HEs peuvent posséder différents sites d'action au niveau intracellulaire en fonction de leur structure chimique. Ils peuvent agir sur le métabolisme bactérien, par exemple sur la synthèse de différentes protéines (protéines de choc thermique, flagellines, protéines impliquées dans le métabolisme ou la division cellulaire), inhiber l'activité des enzymes en se complexant à elles (Gabriel *et al.*, 2013).

III.3.1.3. Action sur l'ATP

Le carvacrol, en augmentant la perméabilité de la membrane plasmique, n'entraîne pas une fuite d'ATP mais une fuite de protons, qui provoque la chute de la force protonmotrice et, donc, de la synthèse d'ATP. Cette information est confirmée par la mesure du gradient de pH à travers la membrane plasmique. Le carvacrol formerait des canaux dans la membrane permettant la fuite des ions (Ultee *et al.*, 2002).

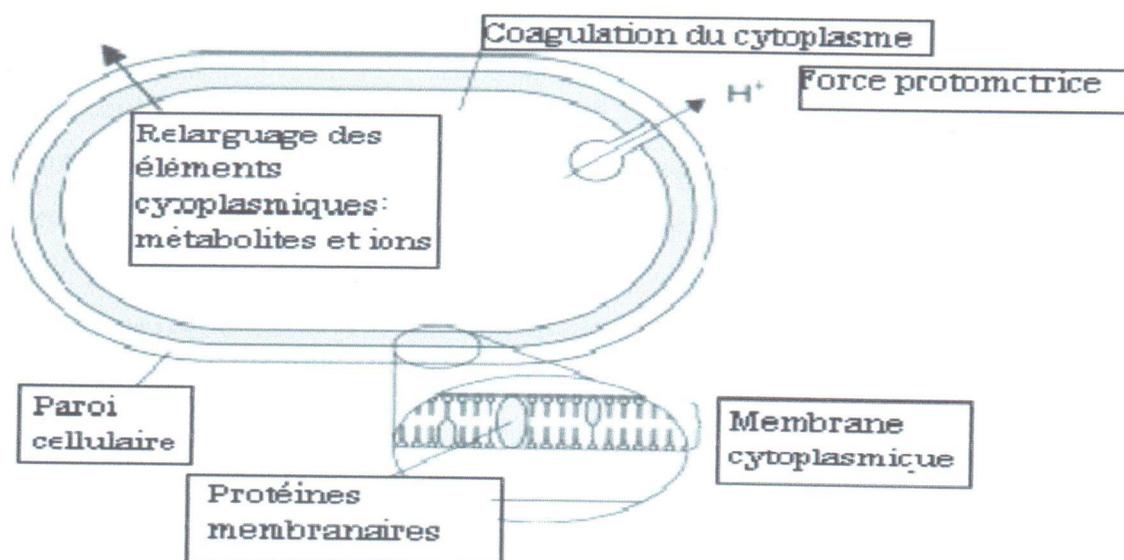


Figure 10 : Action des huiles essentielles et de leurs constituants sur la cellule bactérienne (Guinoiseau, 2010).

III.3.2. Activité liée aux constituants des huiles essentielles

L'activité biologique d'une HE est à mettre en relation avec sa composition chimique, les groupes fonctionnels des composés majoritaires (alcools, phénols, composés terpéniques et cétoniques) et les possibles effets synergiques entre les composants (Lahlou, 2004).

Le principal facteur modifiant l'activité antimicrobienne des HEs est le type et la structure moléculaire des composants actifs présents dans les HEs. Ainsi *in vitro*, une activité antimicrobienne plus élevée de terpènes oxygénés en comparaison des terpènes hydrocarbonés a été observée. La structure moléculaire semble présenter un rôle aussi important que la présence d'oxygène dans la molécule de terpène : la caractéristique lipophile du squelette hydrocarboné ainsi que la propriété hydrophile des groupes fonctionnels sont déterminantes vis-a-vis de l'activité antibactérienne des tetrpenoides, sur cette base, l'ordre d'activité antimicrobienne de ces composés est le suivant :

Phénols > Alcools > Aldéhydes > Cétones > Oxydes > Hydrocarbure > Esters

- Les alcools sont généralement plus connus pour leur activité bactéricide que bactériostatique sur les cellules végétatives. Ils agissent en dénaturant les protéines, comme solvants ou comme agents de déshydratation (Pibirie, 2005).

- Les aldéhydes sont de puissants agents antimicrobiens, un groupe aldéhydique conjugué à une double liaison est fortement électronégatif. Les composés électronégatifs peuvent induire des réactions de transfert d'électrons et réagir avec des composés nitrés vitaux pour la bactérie: protéines et acides nucléiques (Pibiri, 2005).

- Les phénols sont responsables de dégâts irréversibles au niveau de la membrane. Le thymol et l'eugénol sont responsables de l'activité bactéricide des huiles essentielles qui en contiennent. La molécule de thymol a un effet inhibiteur et létal sur diverses souches, dont *Staphylococcus aureus*, sur les quelles elle provoque des fuites d'ions potassium K (Pibiri, 2005).

Les HE les plus étudiées pour leurs propriétés antibactériennes sont l'Origan, le thym, la sauge, le romarin, le clou de girofle sont autant de plantes aromatiques fréquemment utilisés comme ingrédients alimentaires. Les HEs de ces plantes ont toutes une particularité commune: elles sont riches en composés phénoliques comme l'eugénol, le thymol et le carvacrol. Ces composés possèdent une forte activité antibactérienne. Ces trois composés ont un effet antimicrobien contre un large spectre de bactéries: *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*. D'autres familles de composés présentent aussi des propriétés antibactériennes intéressantes: certains alcools, aldéhydes et cétones monoterpéniques (géraniol, linalol, menthol, terpinéol, thujanol, myrcénol, citronelliaï, néral, thujone, camphre, carvone, etc.), des phénylpropanes (cinnamaldéhyde) et des monoterpènes (γ -terpinène, p-cymène) (Burt, 2004).

III.4. Activité antibactériennes et mode d'action de quelques huiles essentielles

III.4.1. Huile essentielle de *Nigella sativa*

Des études actuelles sur l'HE de *N. sativa* de la famille des *Renonculacées* ont, montré des activités antimicrobiennes vis-à-vis de nombreuses bactéries résistantes aux antibiotiques et vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*, elle inhibe la croissance des bactéries Gram positif et négatif avec une plus forte action sur les bactéries Gram positifs. Les composés phénoliques présents dans l'huile seraient responsables de cet effet antibactérien (Toparslan, 2012).

Une étude *in vitro* a mis en évidence la forte activité inhibitrice de l'huile essentielle diluée de *Nigella sativa* contre plusieurs bactéries dont *Staphylococcus aureus*. L'effet antibactérien de l'huile essentielle est révélé aussi efficace, voire plus efficace, que l'amoxicilline sur les bactéries Gram positifs comme *S. aureus*, *Bacillus subtilis*. L'effet a été maximal contre *B. subtilis* (Toparslan, 2012).

L'huile essentielle même diluée, la dithymoquinone ainsi que l'extrait méthanolique exercent une importante activité antimicrobienne sur des germes Gram positif et Gram négatif.

L'huile de la Nigelle possède également un pouvoir inhibiteur supérieur à celui de la gentamicine sur des souches de *Listeria monocytogenes*. Différents extraits bruts issus de la graine ont été testés vis-à-vis de germes résistants aux antibiotiques, les alcaloïdes totaux et le décocté se sont révélés être les extraits les plus actifs, notamment à l'égard des bactéries à Gram positif (Meziti, 2009).

III.4.2. Huile essentielle de cannelle (*Cinnamomum zeylanicum*) et clou de girofle

Le cinnamaldéhyde est le principal constituant de l'huile essentielle de cannelle, ce composé est très actif contre de nombreuses bactéries Gram positifs (*Staphylococcus*, *Bacillus*). Il inhibe les ATP synthétases bactériennes et provoque une diminution de la production d'ATP intracellulaire. Chez *S. aureus*, il n'y a aucune modification de la morphologie cellulaire, mais un relargage des protéines cytoplasmiques, qui se traduit par une forte diminution de la densité cellulaire.

L'eugénol est le principal composant de l'huile essentielle de clou de girofle *Eugenia caryophyllus*, de la famille des myrtaceae, elle est comme le carvacrol, elle provoquerait une dégradation de la paroi cellulaire entraînant une inhibition de l'activité des ATP synthétases membranaires. Une concentration sublétales d'eugénol entraîne une inhibition de la production d'amylases et de protéases chez *B. cereus* (Guinoiseau, 2010).

III.4.3. Huile essentielle d'arbre de thé (*Melaleuca alternifolia*)

Des chercheurs de l'université de Manchester ont identifié trois huiles essentielles qui détruisent le staphylocoque doré multi résistant. Deux chirurgiens orthopédistes ont présenté au congrès annuel de l'académie américaine de chirurgie orthopédique des résultats montrant l'efficacité des huiles essentielles d'Eucalyptus et d'arbre à thé contre les infections à staphylocoque doré (Zhiri, 2006).

Le spectre d'action de l'huile essentielle de *Melaleuca alternifolia* (arbre de thé) est très étendu, cette huile agit sur de nombreuses espèces bactériennes, comprenant des bactéries à Gram positifs. Cette activité est attribuée au terpinène-4-ol, qui est le composé majoritaire de l'huile. L'HE de *Melaleuca alternifolia* perméabilise des liposomes modèles. Ainsi, cette huile serait capable de perméabiliser les membranes plasmiques, entraînant chez *S. aureus* une perte d'ions potassium (Guinoiseau, 2010).

Plusieurs études ont montré l'apparition de fuites d'ions potassium K^+ de cellules microbiennes (*Staphylococcus aureus*) en contact avec l'arbre de thé. Il s'agit de la toute première indication de dégâts irréversibles au niveau de la membrane. Des composés isolés tels le thymol et le carvacrol rendent la membrane des bactéries perméable, induisant de ce fait leur mort. La faculté de perturber la perméabilité de la cellule membranaire, accompagnée de la perte de l'osmose chimique sont bien la preuve d'une activité létale de certaines HEs (Pibiri, 2005).

III.4.4. Huile essentielle de thym et de l'origan

L'activité antibactérienne de ces HEs est due à la présence de ces substances telles que le thymol, le carvacrol, le cinnamaldehyde et l'eugénol qui sont les quatre principaux composants du thym et de l'origan, mantrant une activité antimicrobienne importante contre différentes bactéries néfastes tel que *Staphylococcus aureus*. Ainsi, il est intéressant de combiner plusieurs HEs pour bénéficier des phénomènes de synergie entre les composés et maximiser par conséquence leur potentiel antibactérien (Mathlouthi et al., 2009).

Dorman et Deans 2000, ont montré que le thymol est le composé qui possède le plus large spectre d'activité antibactérienne contre 25 genres de bactéries testées. Lambert et al. et Juven et al, 2001 ont expliqué ce phénomène par le fait que le thymol se lie aux protéines membranaires et fait augmenter la perméabilité de la membrane cellulaire bactérienne. D'autres travaux ont suggéré aussi que ce composé volatil est responsable de l'inactivation d'enzymes, y compris ceux impliqués dans la production d'énergie et la synthèse des constituants de structure (Amarti et al., 2011).

composition et de la charge nette de la membrane. Lorsqu'il pénètre dans la membrane plasmique, il semble altérer sa perméabilité et entraîner une perte du matériel intracellulaire. De plus, après avoir traversé la membrane, il peut interagir avec des sites intracellulaires. Des cellules de *L. monocytogenes*, exposées à des huiles essentielles de thym, ont été observées en microscopie électronique à transmission (Rasooli *et al.*, 2006).

III.4.5. Huile essentielle de *Thymus fontanesii*

Le suivi de l'activité microbienne de ces huiles essentielles en fonction de leur conservation, montre que le temps, la température et la lumière n'ont que peu d'effet sur leur efficacité par rapport aux huiles fraîchement extraites. Aussi, cette activité dépend de la nature de l'huile et du germe lui-même. Appelée communément Zaâteur par les populations locales, la plante entière est très utilisée en médecine traditionnelle comme antispasmodique, carminatif, antitussif, antiseptique.

Ses huiles essentielles sont utilisées en particulier comme antiseptique. La nature de l'activité de l'huile est étudiée sur les bactéries. Elle est bactéricide contre les bactéries Gram négatif et bactériostatique contre les bactéries Gram positif. Il apparaît que l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* constitue une exception. L'huile essentielle de thym apparaît comme une exception comparativement parlant à la plupart des huiles essentielles dans son activité (Haddouchi, *et al.*, 2009).

III.4.6. Huile essentielle de *Corydothymus capitatus*, *Thymus vulgaris thymoliferum* et *Thymus satureioidis*

Bouhdid *et al.* (2006) ont montré que les huiles essentielles de *Corydothymus capitatus* et *Thymus vulgaris thymoliferum* possèdent une activité antibactérienne intéressante surtout contre les bactéries Gram positifs. En effet, *L. monocytogene*, souche hautement pathogène, présente, une sensibilité élevée à ces deux huiles. Cette grande activité est liée à la présence du carvacrol et du thymol qui sont majoritaires dans ces deux huiles (Bouhdid *et al.*, 2006).

L'HE de *Thymus vulgaris* et *Thymus satureioidis* sont testées sur des bactéries pathogènes: *Staphylococcus aureus*, responsables des toxi-infections alimentaires. L'huile essentielle de *Thymus vulgaris* est riche en γ -terpinène et en thymol. Les composés chimiques les plus abondants dans l'huile essentielle du *Thymus satureioidis* sont p-cymène. Les deux huiles essentielles ont montré une activité bactéricide importante sur *Staphylococcus aureus* (EL oualilalami *et al.*, 2013).

essentielles ont montré une activité bactéricide importante sur *Staphylococcus aureus* (EL oualilalami et al., 2013).

III.4.7. Huile essentielle de *Thymus algeriensis* et *Thymus ciliatus*

L'huile essentielle de *T. algeriensis* est moins active comparée à l'essence de *T. ciliatus*. Cette faible activité peut être due à la présence dans l'huile de *T. algeriensis* de l' α -pinène du β -pinène et du limonène reconnus pour leur faible activité antibactérienne. La même constatation a été rapportée par Giordani et al. 2008 qui ont montré que parmi les huiles des plantes aromatiques et médicinales différentes, l'importante bioactivité de l'huile essentielle de *T. ciliatus* est en relation avec sa teneur élevée en thymol. En effet, plusieurs auteurs ont montré que les huiles essentielles riches en dérivés phénoliques (carvacrol et thymol) possèdent une forte activité antimicrobienne et ont démontré que le thymol est le composé qui possède le plus large spectre d'activité antibactérienne contre des bactéries testées. Des études réalisées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 1999) ont également montré que ce constituant possède une forte activité antibactérienne contre de nombreuses espèces, y compris *S. aureus* ce phénomène expliqué par le fait que le thymol se lie aux protéines membranaires et provoque l'augmentation de la perméabilité de la membrane cellulaire bactérienne (Amarti et al., 2010).

III.4.8. Huile essentielle de *Rosmarinus Officinalis*

L'étude de l'activité antibactérienne de ces huiles essentielles sur des souches bactériennes, montre que les huiles essentielles de *Rosmarinus Officinalis* possèdent un effet antibactérien surtout sur les souches de bactéries Gram positif. L'huile de romarin se monte active sur *listeria monocytogens*, cependant elle est inactive sur *bacillus* (Mathlouthi et al., 2009; Ayadi et al., 2011).

III.4.9. Huile essentielle de *Plectranthus aromaticus*

L'essence de *Plectranthus aromaticus* inhibe le développement de *Staphylococcus aureus* et elle a un pouvoir antimicrobien. Les propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles de plusieurs plantes aromatiques et médicinales ont été attribuées à leur profil chimique et surtout aux alcools terpéniques. En effet, l'action antimicrobienne de l'huile essentielle de *P. aromaticus* originaire de Bouèni s'explique par sa richesse en alcools terpéniques et en phénols. En outre, le fort pouvoir inhibiteur de cette huile contre les micro-organismes est dû essentiellement à ces principaux constituants, le trans-verbenol, le carvacrol et le 1,4-cinéol. Plusieurs travaux ont montré que ces trois composés sont dotés d'un grand pouvoir antibactérien. En plus, l'activité

antimicrobienne de l'huile essentielle de *P. aromaticus* peut être attribuée au phénomène de synergie entre tous les constituants volatils (Ben Hassene et *al.*, 2011).

III.4.10. Huile essentielle d'*Artemisia mesatlantica*

Les composés de l'huile essentielle d'*Artemisia mesatlantica* ont des activités biologiques intéressantes, le camphre, par exemple, présente une activité antibactérienne, ce qui pourrait être potentiellement une raison de l'hypersensibilité microbienne envers cette dernière. La présence d'une teneur importante de monoterpènes oxygénés (thujone, camphène, camphre et 1,8-cinéole) dans l'huile essentielle d'*Artemisia mesatlantica* peut être responsable de son activité prononcée contre *Staphylococcus aureus* et sa haute activité contre *Bacillus subtilis*. En effet, il a été démontré que le *S. aureus* est le plus affecté par les monoterpènes cétones comme le thujone. L'action relative de thujone et de l'eucalyptol (ou 1,8-cinéole) a été associée à leur basse hydrosolubilité et la capacité de former des liaisons hydrogènes. Cette activité antibactérienne des HEs pourrait être expliquée par l'interaction moléculaire des groupements fonctionnels des composants des HEs avec la paroi des bactéries ce qui provoque de profondes lésions. Donc cette activité peut être le résultat d'un effet synergique entre plusieurs composés de cette HE (Bencheqroun et *al.*, 2012).

Conclusion

Les plantes médicinales représentent une source inépuisable de substances et composés naturels bioactifs. La valorisation de ces ressources naturelles végétales passe essentiellement par l'extraction de leurs huiles essentielles (HEs) par la méthode la plus utilisée qui est l'hydrodistillation. Les huiles essentielles sont des molécules odorantes, volatiles et lipophiles.

Ces extraits de végétaux sont l'objet de nombreuses recherches scientifiques dans le domaine médical. Elles sont capables d'exercer un effet équivalent à celui des antibiotiques. Ces dernières ont des produits à forte valeur ajoutée, ont démontré leur efficacité pour le traitement de nombreuses pathologies ainsi leur utilisation dans plusieurs domaines (en pharmacie, en cosmétique, en parfumerie, en alimentaire).

L'activité antibactérienne des huiles essentielles ainsi que leur mode d'action sont directement influencés par la nature et la proportion de leurs constituants qui entrent dans leur composition. Cette activité est par ailleurs variable d'une huile essentielle à l'autre et d'une souche bactérienne à l'autre. Les huiles essentielles agissent aussi bien sur les bactéries Gram positif que sur les bactéries Gram négatif. Toutefois, les bactéries Gram positif paraissent plus sensibles à leur action et ceci est directement lié à la structure de leur paroi cellulaire comme *S.aureus* et *L.monocytogenes*.

Les HEs ont une double action contre les bactéries : elles peuvent les tuer (effet bactéricide) et elles en arrêtent la prolifération (effet bactériostatique), elles ont une action sur le métabolisme énergétique, interruption de la force proton motrice de la membrane cellulaire, dénaturation non spécifique du cytoplasme de la paroi et de la membrane cellulaire et dénaturation des protéines par les composés phénoliques.

Les HEs les plus étudiées pour leurs propriétés antibactériennes sont: huile essentielle de *Nigella sativa*, huile essentielle de cannelle (*Cinnamomum zeylanicum*) et clou de girofle, huile essentielle d'arbre de thé (*Melaleuca alternifolia*), huile essentielle de thym et de l'origan, huile essentielle de *Thymus fontanesii*, huile essentielle de *Corydothymus capitatus* et *Thymus vulgaris thymoliferum*, huile essentielle de *Thymus algeriensis* et *Thymus ciliatu*, huile essentielle de *Rosmarinus Officinalis* et huile essentielle d'*Artemisia mesatlantica*.

Une relation entre la structure et l'activité antibactérienne des molécules qui constituent les huiles essentielles par la présence de certains groupes fonctionnels a été également mentionnée: les composés aldéhydiques et phénoliques se sont montrés très actifs vis-à-vis de divers microorganismes.

Conclusion

Les HEs doivent être utilisées avec une extrême prudence, du fait qu'elles peuvent présenter de très graves dangers lors d'une utilisation aléatoire autonome, surtout que le consommateur est attiré par la facilité d'emploi de ces essences en absorption interne ou en application externe.

Références bibliographiques

A

- Andremont, A. 2002. Pression de sélection antibiotiques, flores commensales et évolutions de la résistance. *Journal de pédiatrie et de puériculture*.15(3), 160-165.
- Anonyme. 2003. Bactériologie niveau DCEM1. Université Pierre et Marie Curie. Service de Faculté de médecine. 122 p.
- Amarti, F., Satrani, B., Ghanmi, M., Farah, A., Aafi, A., Aarab, L., El Ajjouri, M. et Chaouch, A. 2010. Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. Et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. Du Maroc. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 14(1), 141-148.
- Amarti, F., El Ajjouri, M., Ghanmi, M., Satrani, B., Aafi, A., Farah, A., Khia, A., Guedira, A., Rahouti, M. et Chaouch, A. 2011. Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydant de l'huile essentielle de *Thymus zygis* du Maroc. *Pharmacologie, aromathérapie.* Springer-Verlag France.10(6), 298-425.
- Avril, J.L., Dabernat, H., Denis, F. et Monteil, H. 1992. Bactériologie clinique. 2^{ème} Edition, copyright Edition MARKETING éditeur des préparations grandes Ecoles médecine, Paris. 522p.
- Ayadi, S., Jerribi, C. et Abderrabba, M. 2001. Extraction et étude des huiles essentielles de *rosmarinus officinalis* cueillie dans trois régions différentes de la Tunisie. *J.Soc.Alger.Chim.* 21(1), 25-33.

B

- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. et Idaomar, M. 2008. Biological effects of essential oils. A review. *Food and Chemical Toxicology.* 46, 446-475.
- Bastien, F. 2008. Effet larvicide des huiles essentielles sur *Stomoxys Calcitrans* à la réunion. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. 75 p.
- Bechaalany, P. 2005. Ostéopathie et aromathérapie l'utilisation des huiles essentielles dans les affections inflammatoires en complément du traitement Ostéopathique. Mémoire l'Europeau school of animal osteopathy England. 116 p.
- Ben Arfa, A., Combes, S., Preziosi-Belloy, L., Gontard, N. et Chalier, P. 2006. Antimicrobial activity of carvacrol related to its chemical structure. *Lett. Appl. Microbiol.* 43(2), 149-154.
- Bencheqroun, H.K., Ghanmi, M., Satrani, B., Aafi, A. et Chaouch, A. 2012. Antimicrobial activity of the essential oil of an endemic plant in Morocco, *Artemisia mesatlantica*. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège.* 81, 4 - 21.
- Ben Hassen, S., Messadi, L. et Ben hassen, A. 2003. Identification et caractérisation des espèces de *Staphylococcus* isolées de lait de vaches atteintes ou non de mammite. *Ann. Méd. Vet.* 147, 41-47.
- Bernadet, M. 2000. Plantes médicinales et huiles essentielles. In *Phyto-aromathérapie pratique*, Editions DANGLES, Paris. Pp 77-94.

- Billerbeck, V.G., Roques, C., Vanière, P. et Marquier, P. 2002. Activité antibactérienne et antifongique de produits à base d'huiles essentielles. *Laboratoire Hygiène de Bactériologies, Virologie et Microbiologie*. 3, 248-254.
- Bremness, L. 1998. Les huiles essentielles. In *Les plantes aromatiques et Médicinales*. Editions DANGLES, Paris. Pp 66-68.
- Brenes, A. et Roura E. 2010. Essential oils. In *poultry nutrition main effects and modes of Action*. *Anim. Feed Sci. Technol.* 158, 1-14.
- Brigette, S. 2006. La cellule. In *Biologie Microbiologie*. Edition REVUE, Paris. Pp 7-14.
- Bouhdid, S., Idaomar, M., Zhiri, A., Baudoux, D., Skali, N.S. et abrini, J. 2006. *Thymus* essential oil Chemical composition and in vitro antioxidant and antibacterial activities- Congrès International de biochimie. Agadir. 09, 12-23.
- Bruneton, J. 1999. Terpènes et stéroïdes. In *Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales*. Edition Tec & Doc, Paris. 3^{ème} Édition. Pp 461-769.
- Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review. *Int. J. Food Microbiol.* 94(3), 223-253

C

- Chakroun, M., Hsairi, M., El Adbi, H., Ben Jemaa, M., Besbes, M., Belkhodja, K., Messaadi, A., Bousselmi, K., Bellakha, S., Houissa, M., Ghedira, S., Ferjan, I M., Bouaziz, M., Ben Khalifa, S., Trifa, M., Said, R., Gahbiche, M., Grati, L., Amamou, M., Brahmi, N. et Abroug, F. Les infections a cocci a Gram positif : registre regain cocci Gram positive infection : regain registry *Rev tuninfectiol.* 3(2), 6-13.
- Couderc, V. L. 2001. Toxicité des huiles essentielles. Thèse de Doctorat, Ecole nationale vétérinaire. 59 p.
- Cristiani, M., D'arrigo, M., Mandalari, G., Castelli, F., Sarpietro, M.G. et Micieli, D. 2007. Interaction of four monoterpènes contained in essential oils wit model membrane: Implication for their antibacterial activity. *Journal of Agricultural and food Chemistry*. 55(15), 6300-6308.

D

- Daddi-Oubekka, S. 2012. Dynamique réactionnelle d'antibiotiques au sein des biofilms de *Staphylococcus aureus* apport de la microscopie de fluorescence multimodale. Thèse de Doctorat. Université Paris. 190 p.
- Degryse, A.C., Delplia, I. et Voinier, M.A. 2008. Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. Ingénieur du Génie Sanitaire. Atelier Santé Environnememe-IGS-EHSP. 94p.
- Denis, p. 2006. caractérisation, orphologique et physiologique de la biomasse des boues activé par analyse d'image. Thèse du Doctorat. Université de Lorraine. 165 p.
- Desmares, C., Laurent, A. et Delerme, D. 2008. Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles. Edition AFSSAPS, France. 18 p.

Dorman, H.J. et Deans, S.G. 2000. Anti-microbial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol.* 88(2), 308-316.

E

EL Haib, A. 2011. Valorisation de terpènes naturels issus de plantes marocaines par transformations catalytiques. Thèse du Doctorat. Université de Toulouse. 181 p.

EL Kalamouni, C. 2010. Caractérisations chimiques et biologiques d'extraits de plantes aromatiques oubliées de Midi-Pyrénées. Thèse de Doctorat. Université Toulouse, France. 263 p.

EL Oualilalami, A., EL-akhal, F., Ouedrhiri, W., OuazzaniChahdi, F., Guemmouh, R. et Greche, H. 2013. Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de deux plantes aromatiques du centre nord marocain : *Thymus vulgaris* et *Thymus satureioidis*. *Les technologies de laboratoire.* 8(31), 27-33.

Eveillard, M. 2007. Politique de dépistage de *Staphylococcus aureus* résistant à la méticilline à l'admission : adaptation à la diversification des facteurs de risque de portage, conséquences de cette politique pour les indicateurs de surveillance et la transmission. Thèse de Doctorat. Université d'Angers. N°749. 139 p.

G

Gabriel, Alleman, F., Dufourcq, V., Perrin, F. et Gabarrou, J.F. 2013. Utilisation des huiles essentielles en alimentation des volailles. *INRA Prod. Anim.* 26(1), 13-24.

Garnier, M., Delamare, V., Delamare, J. et Delamare, T. 2009. Dictionnaire illustré des termes de Médecine 30^{ème} Edition. Paris. 1095 p.

Georges, S.O. 1979. Les huiles essentielles-généralités et définition. In traité de phytothérapie et d'aromathérapie. Paris: Malone. Pp 141-142.

Grundmann, H., Hori, S., Enright, M. C., Webster, C., Tami, A., Feil, E.J. et Pitt, T. 2002. Determining the genetic structure of the natural population of *Staphylococcus aureus*: a comparison of multilocus sequence typing with pulsed field gel electrophoresis, randomly amplified polymorphic DNA analysis, and phage typing. *Journal of Clinical microbiology.* 40, 4544-4546.

Grosjean, N. 2004. Huiles essentielles Se soigner par l'aromathérapie. Groupe Eyrolles, Edition EYROLLES. 08 p.

Guinoiseau, E. 2010. Molécules antibactériennes issues d'huiles essentielles: séparation, identification et mode d'action. Thèse Docteur de l'université de corse. 114 p.

Guillemot, D. et Leclercq, R. 2005. Impact de l'exposition des populations sur le risque bactérienne. *Med Mal Infect.* 35(3), 212-20.

Guiraud, T.P. 1998. Caractéristique morphologique des microorganismes. In *Microbiologie Alimentaire*, 1^{er} édition DUNOD. N° 1476. Pp 1-11.

H

- Haddouchi, F., Lazouni, H. A., Meziane, A. et Benmansour, A. 2009. Etude physicochimique et Microbiologique de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii*. Boiss&Reut Laboratoire des Produits Naturels, Département Afrique Science. 05(2) 246-259.
- Hart, T. et Shears, P. 1997. Bactéries et infections bactériennes. In Microbiologie, Traduit de l'anglais par Gaillot, O. 1^{re} édition. Cet ouvrage a été publié en anglais sous le titre : Color Atlas of Medical Microbiology. Pp 71-227.

J

- Johnson, A.W. 2003. La composition chimique des huiles essentielles. In Invitation à la chimie organique. Editions BOECK, Paris Bruxelles. Pp 101-117.

K

- Kabera, J., Koumaglo, K.H., Ntezurubanza, L., Ingabire, MG. et Kamagaju, L. 2004. Caractérisation des huiles essentielles de trois plantes aromatiques : *Hyptis Spicigera*, *Pluchea Ovalis* et *Laggera Aurita*. Université de Lomé- Togo - DEA .Mémoire Dans la catégorie: Biologie et Médecine .10 p.

L

- Lahlou, M. 2004. Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research*. 18, 435-448.
- Lamamra, M. Contribution à l'étude de la composition chimique et de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Tinguarra sicula* (L.) Parl. et de *Filipendula hexapetala* Gibb. Mémoire de Magister. Université Ferhat Abbas-Setif. 107 p.
- Lecler, H., Gaillard, J.I. et Simonet, M. 1995. Bactérie Gram positif Ando sporulées. In *Microbiologie générale*. Edition DOIN, France. Pp 313-446.
- Leroi, F. 2009. Bactéries lactiques et applications Alimentaires : Les produits de la Mer. In *Physiologie, Métabolisme, Génomique et Applications Industrielles des bactéries lactiques*. Pp 459-474.

M

- Mathlouthi, N., Bouzaïenne, T., Oueslati, I., Recoquillay, F., Hamdi, M. et Bergaoui, R. 2009. Effet de deux préparations d'huiles essentielles sur la croissance des bactéries *in vitro* et les performances du poulet de chair. Huitièmes Journées de la Recherche Avicole. Pp151-220
- Mayer, F. 2012. Utilisations thérapeutiques des huiles essentielles: étude de cas en maison de retraite. Thèse de Doctorat en pharmacie. Université de Lorraine. 107 p.
- Meziti, A. 2009. Activité antioxydant des extraits des graines de *Nigella sativa*. Mémoire de Magister en biochimie appliquée. Université El Lakhdar Batna. 105 p.

N

- Nauciel, C. et Vildé, J.L. 2005. Bactéries à Gram positif. In *Bactériologie médicale*. Edition Masson, Paris. 2^{ème} Edition. Pp 105-119.

O

Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 1999. Monographs on selected medicinal plants. Geneva, Switzerland. 1, 295 p.

P

Paris, M. et Hurabielle, M. 1981. Généralités-Monographie. In Abrégé de matière médicale (pharmacognosie). Edition MASSON, Paris. Tome 1. 3^{ème} Edition. Pp 182-237.

Pibiri, M.C. 2006. Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. Thèse de Doctorat. École polytechnique fédérale de Lausanne. No 3311. 161 p.

Piochon, M. 2008. Etude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne: composition chimique, activités pharmacologiques et hémi synthèse. Mémoire. L'université du québec. 213 p.

Prescott, L.M., Harley, J.P. et Klein, D.A. 2010. Le mécanisme de la coloration de Gram. In Microbiologie, traduction de la 3^{ème} Edition. Edition de BOECK, Paris. Pp 61- 76.

Prescott, L.M., Harlez, J.P. et Klein, D.A. 2003. Introduction et caractères généraux. In Microbiologie traduction de la 5^{ème} Edition. Edition de BOECK Université, Bruxelles. 361-380 p.

R

Rasooli, I., Rezaei M.B. et Allameh, A. 2006. Ultrastructural studies on antimicrobial efficacy of thyme essential oils on *Listeria monocytogenes*. Int. J. Infect. Dis. 10(36), 236-241.

S

Singleton, P. 2005. La cellule bactérienne. In Bactériologie pour la médecine, la biologie et les biotechnologies traduites de l'Anglais par Jean Dusart. Edition DUNOD, Paris. Pp 10-46.

T

Toparslan, C. 2012. À propos de *Nigella sativa*. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Lorraine. 136 p.

Tortorat, G.F., Funke, B.R. et Case, C.L. 2003. Les bactéries. In Introduction à la microbiologie. Edition ERPI. Pp 85-93.

Turgeon, M. 2001. Profil des produits forestiers première transformation huiles essentielles. Edition QUEBEC, Canada. 16 p.

U

Ultee, A., Bennik, M.H. et Moezelaar, R. 2002. The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. Appl. Environ. Microb. 68(4), 1561-1568.

V

Vayquez-Boland, J.A., Kuhn, M., Berche, P., Chakraborty, T., Dominguez-Bernal, G., Goebel, W., Gonzalez-Zorn, B., Wehland, J. et Kreft, J. 2001. *Listeria* pathogenesis and molecular virulence determination. Clinical microbiology reviews. 14(3), 584-640.

W

Wright, G.D. 2005. Bacterial resistance to antibiotics: In enzymatic degradation and Modification. Adv Drug Deliv Rev. 29, 1451-70.

Z

Zhiri, A. et Baudoux, D. 2005. Huiles essentielles chémotypées et leurs synergies. Edition Inspirdevelopment Edition DRUCO, Luxembourg. 80 p.

Zhiri, A. 2006. Les huiles essentielles un pouvoir antimicrobien avéré, aromathérapie Edit par la fondation pour le libre choix, Pp 9-14.

Glossaire

A

Absinthe : Considérée comme une mauvaise herbe, elle est pourtant utilisée de puis l'Antiquité dans le traitement de certains troubles digestifs.

Alambic : Appareil qui permet la distillation des plantes aromatiques.

Alcaloïde : Molécule cyclique comportant un atome d'azote.

Aneth : Plante de la famille des *Ombellifères* dont la semence est employée en médecine comme tonique, excitante et carminative.

Antibiotique : Détruit ou inhibe les micro-organismes.

Antiseptique : Détruit les microorganismes responsables des infections.

Armoise : Plante herbacée odorante (*Artemisia*), de la famille des composées, dont de nombreuses espèces possèdent des propriétés médicinales et aromatiques.

Aromathérapie : Est l'art de soigner par les huiles essentielles c'est une « super-phytothérapie »

Aromatique : Se dit d'une plante odorante, à huile essentielle le plus souvent.

Azéotropique : Est un mélange liquide qui bout à température fixe en gardant une composition fixe

B

Bois de Hô : *Cinnamomum camphora* CT linalol, originaire des forêts de Chine.

C

Cannelier de Ceylan : Est un arbre d'une dizaine de mètres de haut, originaire de l'Inde,

Cannelle : Est cultivée comme épice et plante médicinale, à l'origine, seul l'écorce des arbres sauvages avait une utilisation thérapeutique.

Carvi ou **cumin des prés** (*Carum carvi* L.) : Est une plante bisannuelle de la famille des *Apiacées* (*Ombellifères*), utilisées pour leurs qualités aromatiques et médicinales, cette plante peut être toxique.

Cirrhose : Est une maladie chronique au cours de laquelle le foie se couvre de tissu fibreux, ce qui provoque la décomposition progressive du tissu hépatique

Chémotype : Une plante, de même variété botanique, élabore des huiles essentielles.

Chénopode : Plante dicotylédone herbacée annuelle ou vivace, type de la famille des Chénopodiacées, originaire d'Amérique

Coagulase : Une protéine extracellulaire qui se lie à la Prothrombine de l'hôte. C'est un marqueur de l'identification de *S. aureus*.

E

Encéphalite : Est l'inflammation de l'encéphale, partie du cerveau logée dans la boîte crânienne.

F

FAME : Une enzyme modifiant les acides gras, elle semble constituer un facteur de virulence important dans les abcès par modification des lipides antibactériens de l'hôte.

H

Hidrosadénite : Est une maladie de la peau petit abcès, amas de pus formé à partir d'une glande sécrétant la sueur

I

Impétigo : Infection de la peau d'origine bactérienne (staphylocoque aureus et streptocoque bêta hémolytique du groupe A).

Infusion : Préparation de feuilles, fruits ou racines, macérés dans de l'eau bouillante à la façon du thé.

L

Listériose : Est une maladie due à l'infection par la bactérie *Listeria monocytogenes*, touchant aussi bien les animaux que l'Homme.

LPV : C'est une toxine synergohymenotrope, à deux composants un composant de classe S.

K

Kératite : Nom générique donné à toutes les inflammations de la cornée oculaire

R

Rétinoïdes : Sont des dérivés de la vitamine A. Ils peuvent être appliqués en traitement local et administrés par voie orale.

Romarin : Arbuste (labiée) aromatique du littoral méditerranéen, à feuilles persistantes et à fleurs bleues. C'est une plante médicinale, également utilisée en parfumerie.

S

Sauge officinale : Est un sous-arbrisseau de la famille des Lamiacées, souvent cultivé dans les jardins comme plante condimentaire et officinale ou tout simplement pour la beauté de son feuillage et de ses fleurs.

Septicémie : Est une infection généralisée grave de l'organisme due à des émissions massives et répétées dans le sang de bactéries pathogènes qui sont issues d'un foyer septique.

T

Tanaisie : Plante dicotylédone de la famille des Composées, sont utilisées en herboristerie pour leurs propriétés vermifuges.

Terpène : Molécule souvent présente dans la composition des huiles essentielles.

Terpénoïde : Une structure moléculaire construite d'un monomère à 5 carbones appelé isoprène, Les tetrépénoïdes sont considérés en tant que métabolites secondaires qui jouent des rôles écologiques.

Thuyas : Conifère ornemental originaire d'Asie et d'Amérique du Nord, de forme pyramidale, à feuilles écailleuses et opposées, proche du genévrier et du cyprès, et dont une variété fournit la sandaraque.

Thème
**Etude bibliographique de l'activité
antibactérienne des huiles essentielles sur les
bactéries à Gram positif**

Date : 17/06/2013
Promotrice : M^{lle} BEKKA F.
Présidente : M^{lle} BOUSSOUF L.
Etudianttes : KRID Sarah
AIMENE Imane

Résumé

Les huiles essentielles sont des substances volatiles, odorantes, extraites des végétaux, elles sont utilisées dans plusieurs domaines (pharmaceutique, parfumerie, et cosmétologie).

Notre étude bibliographique sur l'activité antibactérienne des huiles essentielles, qui peut se substituer avec succès les antibiotiques, a montré une grande efficacité à l'encontre des microorganismes résistants Gram positif étudiés.

Le mode d'action des huiles essentielles sur ces derniers, et particulièrement sur *Staphylococcus aureus*, montre des résultats très intéressants obtenus avec l'huile essentielle de Cannelle et ce par relargage des protéines cytoplasmiques, qui se traduit par une forte diminution de la densité cellulaire.

Pour *Listeria monocytogenes*, le thymol qui est le composé principal de thym entraîne une diminution de la taille des bactéries, une altération de la paroi bactérienne, une agrégation du cytoplasme et un rapprochement des cellules, de ce fait la mort cellulaire.

Mots clés: Huiles essentielles, activité antibactériennes, bactéries Gram positif, mode d'action.

Abstract

Essential oils are odorous volatile substances, extracted from plants, they are used in several fields (pharmaceutical, perfumery and beauty care).

Our bibliographical study on the antibacterial activity of essential oils, which can to substitute successfully the antibiotics, which show interest efficacy against the resistant micro-organisms positive Gram.

Action of essential oils against positive Gram bacteria, and particularly against *Staphylococcus aureus*, shows very interesting results were obtained whith essential oil of Cinnamon, by makes a salting out of the cytoplasmic proteins, which results in a strong reduction in the cellular density.

For *Listeria monocytogenes*, thymol which is the main compounds of the thyme involves a reduction size of the bacteria, a deterioration of the wall bacterial, an aggregation of the cytoplasm, and a bringing together of the cells, lead to cellular death.

Key words: Essential oils, antibacterial activity, bacteria positive Gram, action mode.

المخلص

الزيوت الأساسية هي مواد طيارة ذات رائحة، مستخلصة من النباتات، تستعمل في عدة ميادين (الصيدلانية، الروائح، و التجميل). إن دراستنا النظرية على فعالية للزيوت الأساسية ضد البكتيريا، التي تستطيع أن تنافس و يتفوق المضادات الحيوية، بينت فعاليتها الكبيرة ضد الميكروبات المقاومة للبكتيريا غرام موجب.

إن تأثير الزيوت الأساسية على هذه الأخيرة، و خصوصا على *Staphylococcus aureus*، التي تبدي نتائج مهمة كنا قد حصلنا عليها على الزيت الأساسي للكنال مثلا، الذي يسبب تجمع بروتينات السيتوبلازم و التي تترجم بتناقص كبير لكثافة الخلية.

عند لستيريا مونوسيتوجناز، التيمول هو مركب أساسي للزعر، الذي يسبب تناقص في حجم الخلية، تخريب الجدار الخلوية، ثقب السيتوبلازم، و تقرب الخلايا، مما يؤدي الى موت الخلية.

الكلمات المفتاحية: الزيوت الأساسية، الفعالية ضد بكتيرية، بكتيريا غرام موجب، التأثير.