



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de
la vie
Département des sciences de la nature et de la vie

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences biologiques
Spécialité : Microbiologie appliquée

Réf. :

Présenté et soutenu par :
Zineb SAKHRI et Hadjer TOUATI

Le:mardi 29 septembre 2020

Thème

Evaluation de l'activité antimicrobienne et
antibiofilm des Alicaments utilisés par la
population locale de la région de Biskra

Jury :

Mme. Hassina GHITTI	MCB	Université de Biskra	Président
Mme. Fadjeria YAAKOUB	MAA	Université de Biskra	Examineur
M. Fethi BENBELAID	MCB	Université de Biskra	Rapporteur

Année universitaire : 2019 - 2020

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant, de nous avoir donné le courage et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nous tenons tout particulièrement à adresser nos plus vifs remerciements, à notre promoteur, **Dr. BENBELAID Fethi**, d'avoir accepté de nous encadrer, nous le remercions également pour sa patience, sa gentillesse et sa disponibilité durant tout au long de notre travail.

Comme nous ne pouvons pas oublier à remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères et respectueux remerciements et notre profonde gratitude à tous les enseignants de la filière de biologie de l'université de Biskra, sans exceptions, pour les efforts qu'ils ont fournis durant ces cinq années d'étude.

Nous remercions tous les ingénieurs de laboratoire de Microbiologie pour leur aide précieuse durant la réalisation de notre travail.

Nous remercions également à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail aux personnes les plus chers à mon cœur, mes chers parents, pour leur amour, leur sacrifice, leur soutien sans égale dans les moments les plus difficiles de ma vie. Que dieu les protège et leur procure

bonne santé et long vie.

A ma chère sœur **Fatma Zohra**

A mon cher frère **Abderrahmane**

Je dédie ce modeste travail également :

À mes amis les plus proches : **Aya, Kaouther, Rekia, Ahlem, Hanane**

A mon binôme **Hadjer**

Je vous souhaite, à tous bonne continuation, beaucoup de réussite et de bonheur.

Zineb

Dédicace

Je m'incline devant dieu tout puissant qui m'a ouvert la porte du savoir et m'a aidé la franchir.

Je dédie ce modeste travail à ceux qui possèdent un bon cœur plein d'amour et de douceur, à mes chers parents ; pour leur affection et pour tous les efforts qu'ils m'ont déployés durant toute ma vie, je souhaite que ce travail soit l'expression de ma pleine gratitude et de mon profond respect.

Je dédie ce travail également :

A mes chers frères : **nadjib** et **Khalil**.

A mes chers sœurs : **Sara, Safa, Maroua**.

A toute ma famille et mes amies.

A mon cher binôme **Zineb**.

Hadjer

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Table des matières	
Liste des Tableaux.....	I
Liste des Figures.....	II
Liste des abréviations	III
Introduction	1

Première partie: PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1. LES TOXI-INFECTIONS ALIMENTAIRES

1.1. Généralités	3
1.2. Infections d'origine alimentaire.....	3
1.3. Intoxications alimentaires.....	3
1.4. Toxi-infections alimentaires	3
1.5.Toxi-infections alimentaires collectives	3
1.6. Epidémiologie	3
1.6.1. Source des microorganismes.....	4
1.6.2. Infection	4
1.6.2.1. Infections de type sécrétoire.....	4
1.6.2.2. Infections de type colonisation.....	4
1.6.2.3. Infections de type invasif	4
1.6.2.4. Infections de type disséminant	4
1.6.3. Toxinogénèse	5
1.6.3.1. Endotoxines	5
1.6.3.2. Exotoxines	5
1.6.4. Physiopathologie.....	6
1.7. Agents causales.....	6
1.7.1. Bactériens.....	6

Chapitre 2. ALICAMENTS ET PALNTES MEDECINALE

2.1. Alicaments	8
-----------------------	---

2.1.1. Généralités sur les alicaments.....	8
2.1.2. Définition.....	8
2.1.3. Origine.....	8
2.1.4. Intérêts médicinales et alimentaires.....	8
2.2. Huiles essentielles.....	9
2.2.1. Généralités.....	9
2.2.2. Production et localité.....	9
2.3. Activités biologiques.....	9
2.3.1. Activité antimicrobienne.....	9
2.3.2. Activité antibiofilm.....	9

Deuxième partie: PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 3. MATERIEL ET METHODES

3.1. Source du matériel végétale.....	11
3.2. Extraction des huiles essentielles.....	12
3.3. Souches microbiennes.....	13
3.3.1. Revivification.....	13
3.3.2. Purification.....	14
3.3.3. Coloration de Gram.....	14
3.3.4. Conservation.....	14
3.4. Activités antimicrobiennes des huiles essentielles.....	15
3.4.1. Préparation de l'inoculum.....	15
3.4.2. Aromatogramme.....	15
3.4.3. Détermination de la concentration minimale inhibitrice « CMI » des huiles essentielles.....	16
3.4.4. Détermination des CMI de la formation de biofilm.....	16

Chapitre 4. RESULTATS ET DISCUSSION

4.1. Rendements en huiles essentielles.....	17
4.2. Préparation des souches de référence.....	18
4.2.1. Examen macroscopique.....	18
4.2.2. Examen microscopique.....	19
4.3. Effets des huiles essentielles envers les souches étudiées.....	20
4.3.1. Diamètres des zones d'inhibition.....	20
4.3.2. Concentrations Minimales Inhibitrice CMI.....	22

4.3.2.1. Importance des alicaments	25
4.3.3. Détermination de la CMI de la formation de biofilm (CMIB)	25
Conclusion.....	27
Références bibliographiques	28
Annexes	
Résumés	

Liste des Tableaux

Tableau 1. Les principaux agents bactériens responsables de TIA (Birembaux, 2017)	7
Tableau 2. Données sur les plantes étudiées	11
Tableau 3. Comparaison des rendements en huiles essentielles entre travaux.....	17
Tableau 4. Caractères macroscopiques des souches de référence.....	18
Tableau 5. Résultats de coloration de Gram	19
Tableau 6. Les résultats de l'activité antimicrobienne par la méthode de des disques de plusieurs études	21
Tableau 7. Concentration minimale inhibitrice des huiles essentielles étudiées dans plusieurs études.....	23

Liste des Figures

Figure 1. Production d'endotoxines et d'exotoxines par des bactéries (Bezine, 2015).....	6
Figure 2. Montage de type clevenger pour l'extraction des huiles essentielles	13
Figure 3. Enrichissement des souches de référence	14
Figure 4. Ensemencement des souches de référence dans la GN inclinée	15

Liste des abréviations

ATCC: American Type Culture Collection.

BHIB: Brain Heart Infusion Broth.

CDC: Centers for Disease Control and Prevention.

CMI : Concentration minimale inhibitrice.

CMIB : Concentration minimale inhibitrice du biofilm.

CMEB : Concentration minimale éradicatrice du biofilm.

DO : Déclaration obligatoire.

GN : Gélose nutritif.

HE : Huile essentielle.

LPS: Lipopolysaccharide.

MH: Muller Hinton.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

SS : Salmonella-shigella

TIA : Toxi-infection Alimentaire.

TIAC : Toxi-infection Alimentaire Collective.

Introduction

Introduction

Depuis l'antiquité, les toxi-infections alimentaires sont des maladies font partie de problèmes médicaux les plus rencontrés chez l'homme. Actuellement, ces infections d'origine alimentaire sont en augmentation constante, même dans le monde développé (Huang *et al.*, 2014). Les toxi-infections alimentaires sont des maladies principalement causées par l'ingestion de denrées alimentaires contaminées par des micro-organismes pathogènes bactériennes et fongiques.

Les maladies d'origine alimentaire sont toujours l'une des principales causes de morbidité dans plusieurs pays à travers le monde, en entraînant de graves conséquence socioéconomiques (Angelillo *et al.*, 2000). En effet, ces problèmes de santé publique peuvent avoir un coût de traitement très élevé et entraîne des dépenses considérables (Buzby et Roberts, 2009).

Malgré la mise en application de nouvelles mesures d'hygiène qui tendent à prévoir la survenue des toxi-infections alimentaires, notre mode de vie multiplie les facteurs qui provoquent ou favorisent l'expansion de tels accidents, car l'attitude propre de notre société est d'agir de manière curative plutôt que préventive. Ainsi, il est donc grand temps de changer (Bouza, 2009).

L'émergence de la résistance bactérienne et fongique vis-à-vis les agents antimicrobiens, qui s'aggrave de plus en plus de façon alarmante, a démenti ce pronostic optimiste. Depuis plus de vingt ans, de nombreux déterminants de résistance ont été décrits avec l'émergence de bactéries de plus en plus résistantes. Aucune espèce bactérienne connue et aucun antibiotique n'échappent aujourd'hui au phénomène de la résistance (Barchan *et al.*, 2016).

En milieu naturel, 90% des espèces bactériennes ne vivent pas de façon individuelle, mais plutôt en communautés complexes, organisées et adhérentes sur des surfaces biotiques et abiotiques. Ces communautés sont connues sous le nom de biofilms (Medeiros, 2016). Actuellement, de nombreuses recherches scientifiques ont démontré que les biofilms bactériens développés sur les équipements industriels et matrices alimentaires sont probablement associés à des toxi-infections alimentaires collectives. En outre, les biofilms sont impliqués dans de nombreuses infections et maladies humaines, qui se manifestent généralement sous forme chronique ou récurrente (Molina *et al.*, 2020).

Depuis toujours, certaines plantes aromatiques sont largement utilisées par les populations locales à travers les cinq continents, pour des fins culinaires comme des épices, pour la conservation des denrées alimentaires, ainsi que pour des buts thérapeutiques (Foine, 2017). Ainsi, les plantes aromatiques utilisées à la fois pour des buts thérapeutiques et culinaires sont actuellement considérées parmi les alicaments. Grâce aux recherches effectuées sur nombreuses plantes aromatiques, les auteurs ont prouvé que les huiles essentielles obtenues à partir de ces alicaments sont pourvue de plusieurs activités biologiques intéressantes notamment l'activité antimicrobienne. Toutefois, la nature de la fonction chimique du composé majoritaire des huiles essentielles joue un rôle prépondérant dans l'efficacité de leurs activités biologiques (El Kalamouni, 2010).

Dans le but de la recherche de nouveaux agents antimicrobiens pour traiter les toxi-infections alimentaires, nous nous sommes intéressés dans ce travail à évaluer l'activité antibactérienne et antibiofilm des alicaments utilisés par la population locale de la région de Biskra vis-à-vis les principales espèces bactériennes incriminées dans les toxi-infections alimentaires.

Les objectifs assignés de ce travail consiste à :

- ❖ Extraire les huiles essentielles à partir des alicaments de la région de Biskra.
- ❖ Préparer des souches de référence des espèces les plus impliquées dans les toxi-infections alimentaires.
- ❖ Evaluer l'effet antimicrobien des huiles essentielles des alicaments retenues sur les souches bactériennes étudiées sous forme planctonique et biofilm en déterminant les CMI, CMIB et CMEB, respectivement.

Partie

Bibliographique

Chapitre 1.

**Les toxi-infections
alimentaires**

1.1. Généralités

Les maladies d'origine alimentaire sont parmi les plus répandues dans le monde dont certaines peuvent provoquer des troubles cliniques très graves et peuvent même entraîner la mort des patients. Ces pathologies d'origine alimentaire sont causées dans la plupart des cas par la nutrition contaminée par des microorganismes pathogènes ou bien leurs toxines (Erkmen et Bozoglu, 2016). Ces infections sont actuellement nommées les toxi-infections alimentaires qui peuvent deviennent collectives (TIAC) ainsi soumises à une déclaration obligatoire (DO) (Dubois-Brissonnet et Guillier, 2020).

1.2. Infections d'origine alimentaire

Les infections d'origine alimentaire sont provoquées par l'ingestion d'un aliment contaminé par des microorganismes pathogènes vivants pendant la consommation. Ces microorganismes ont le potentiel de se multiplier dans le système digestif ainsi provoquer des altérations des tissus locaux ou bien agir à distance en se déplaçant vers la circulation sanguine ainsi provoquer des infection systémiques (Ray et Bhunia, 2013).

1.3. Intoxications alimentaires

L'intoxication d'origine alimentaire est causée par la consommation d'aliments contenant des toxines produits par des microorganismes pathogènes. Cependant dans ce cas le microorganisme en question ne soit pas en vie au cours de la consommation des aliments (Erkmen et Bozoglu, 2016).

1.4. Toxi-infections alimentaires

Les toxi-infections alimentaires (TIA) sont causées par la consommation d'aliments ou de boissons contaminés par des agents pathogènes, soit des bactéries, des toxines, des virus, des champignons ou des parasites (Dervin, 2013). Provoquant ainsi des symptômes majoritairement digestifs (Dubois-Brissonnet et Guillier, 2020).

1.5. Toxi-infections alimentaires collectives

Une toxi-infection alimentaire collective est définie par l'apparition d'au moins deux cas d'une symptomatologie similaire, en général digestive, dont on peut rapporter la cause à une même origine alimentaire (Bourigault et Lepelletier, 2013).

1.6. Epidémiologie

De multiples micro-organismes (Bactéries, Virus, champignons, parasites) sont susceptibles de contaminer les denrées alimentaires et engendrer diverses pathologies (Haour, 2018). Les toxi-infections alimentaires collectives ont fait l'objet de nombreuses études, de

suivis épidémiologiques, de recherche des sources (aliments incriminés) et des agents responsables (microorganismes et/ou leurs toxines) (Ziane, 2015).

1.6.1. Source des microorganismes

Selon China *et al.* (2002), les microorganismes pathogènes responsables de toxi-infections alimentaires proviennent surtout de l'environnement, des humains et des animaux. Les principales sources de microorganismes pathogènes sont classées par l'ordre suivant :

- Les matières fécales animales et humaines.
- Les mains des humains.
- Le sol, les eaux.

1.6.2. Infection

D'après Dubois-Brissonnet et Guillier (2020), les types d'infections causées par des bactéries pathogènes infectieuses d'origine alimentaire sont:

1.6.2.1. Infections de type sécrétoire

Dans ce type d'infection, il y aura une adhésion simple de la bactérie au niveau de l'épithélium intestinal sans destruction de la bordure en brosse. Puis, les cellules ainsi adhérentes sécrètent une toxine qui provoque des effets délétères chez l'hôte en interagissant avec ses cellules épithéliales.

1.6.2.2. Infections de type colonisation

L'adhésion puis la multiplication des bactéries au niveau de la muqueuse digestive peuvent provoquer la destruction de la bordure en brosse des cellules épithéliales, ainsi qu'une production éventuelle de toxines.

1.6.2.3. Infections de type invasif

Ce genre d'infection est caractérisé par des interactions entre bactérie-cellule épithéliale, puis invasion des entérocytes et multiplication bactérienne dans la vacuole de phagocytose. L'invasion des entérocytes est effectuée grâce à deux types de mécanisme actif, les systèmes Trigger (déclenchement/gâchette) et Zipper (fermeture éclair).

1.6.2.4. Infections de type disséminant

Après interaction bactérie-cellule épithéliale, puis invasion des entérocytes et multiplication bactérienne dans le cytoplasme de celles-ci, les cellules envahissantes vont disséminer vers le sang via le système lymphatique et d'autres organes. Certaines espèces

pathogènes d'origine alimentaire peuvent être transportées dans des zones profondes de l'organisme, telles que les ganglions mésentériques, le foie ou la circulation systémique.

1.6.3. Toxinogénèse

La toxinogénèse est la capacité d'un agent pathogène à produire des toxines. Les bactéries peuvent produire deux types de toxines appelées exotoxines et endotoxines (Chevrier, 2018).

1.6.3.1. Endotoxines

L'endotoxine, également appelées lipopolysaccharide (LPS) présentent dans la membrane externe de la paroi des bactéries à Gram-négatif (Mani *et al.*, 2011). Les endotoxines sont des substances associées aux cellules de l'hôte qui peuvent être libérées à partir de cellules bactériennes en prolifération et de cellules lysées à la suite de l'action du système immunitaire ou résultant de l'action d'antibiotiques qui permettent de rompre la membrane cellulaire de l'agent pathogène (Chevrier, 2018). figure 1.

La toxicité des endotoxines peut être limitée à des faibles doses. Cependant, une forte dose est fatale. Les symptômes induits par la libération d'endotoxines sont essentiellement des frissons, de la fièvre et des crampes, lors d'une septicémie (Bezine, 2015).

1.6.3.2. Exotoxines

Les exotoxines sont des protéines libérées par les agents infectieux, à proximité des cellules hôtes (figure 1) dont leur effet peut agir au niveau du tissu infecté ou bien à distance. Dans de nombreux cas, une faible dose de toxine est suffisante pour produire des effets sur les cellules hôtes. Les pathologies et les symptômes induits vont varier d'une toxine à l'autre (Bezine, 2015).

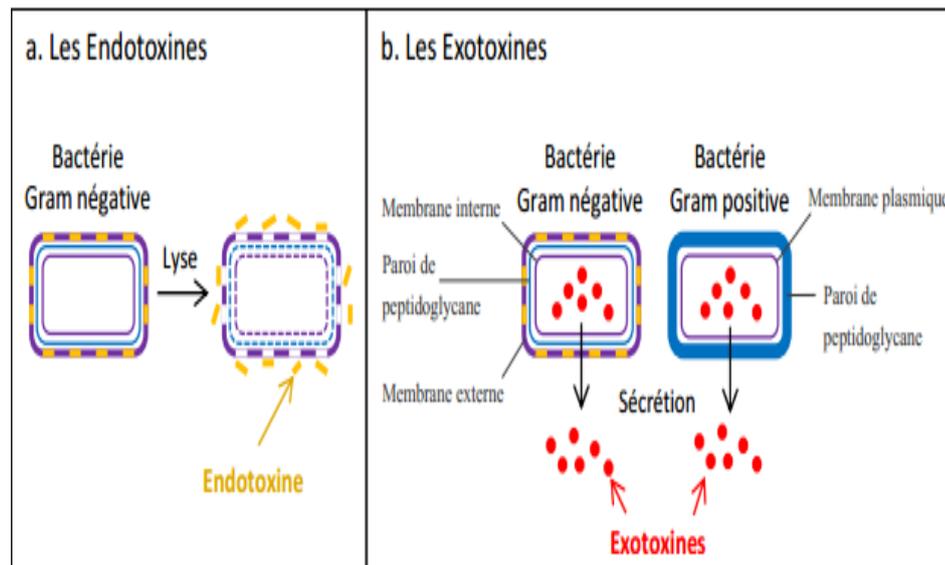


Figure 1. Production d'endotoxines et d'exotoxines par des bactéries (Bezine, 2015).

1.6.4. Physiopathologie

D'après Haour (2018), les principaux mécanismes responsables de l'activité pathogène des TIAC sont:

- Action invasive par colonisation ou ulcération de la muqueuse intestinale avec inflammation. La localisation de l'infection est habituellement iléo-colique avec destruction villositaire importante. Les selles sont alors glaireuses, riches en polynucléaires, parfois sanglantes.

- Action cytotoxique avec production des toxines protéiques entraînant une destruction cellulaire.

- Action entérotoxigène, entraînant une stimulation de la sécrétion des exotoxines. La toxine, libérée par certaines bactéries au sein même de l'aliment, est responsable des symptômes cliniques. La multiplication bactérienne intra-intestinale étant soit absente soit tout à fait secondaire.

1.7. Agents causales

Il existe plusieurs micro-organismes pathogènes biologiques ayant l'origine d'intoxications alimentaires ou de TIAC (Harbaj, 2019).

1.7.1. Bactériens

Les bactéries sont les organismes qui causent le plus de cas d'intoxications alimentaire (Tanouti, 2016). Le (tab. 1) présente les bactéries responsables de TIA.

Tableau 1. Les principaux agents bactériens responsables de TIA (Birembaux, 2017)

Pathogène	Réservoir	Aliments à risque	Principaux symptômes
<i>Salmonella spp</i>	- Les animaux	- les volailles, les œufs, les produits laitiers	- Fièvre, diarrhées, douleurs abdominales, vomissements, maux de tête
<i>Escherichia coli</i>	- les bovins	- la viande hachée de bœuf insuffisamment cuite, légume cru, fromage au lait cru	- diarrhée initialement Aqueuse puis Sanglante, crampe Abdominale
<i>Staphylococcus aureus</i>	- les humains	- le lait et la crème, le beurre, le jambon, la viande en conserve	- nausées, diarrhée, Vomissements, crampe abdominale

Chapitre 2.

**Alicaments et plantes
médicinales**

2.1. Alicaments

2.1.1. Généralités sur les alicaments

Aliment est un terme qui est fondamentalement lié à la composante nécessaire à plusieurs fonctions de maintien de la vie comme la production d'énergie, la fourniture de nutriments, le soutien de diverses activités métaboliques en plus de la croissance du corps (Kaur et Das, 2011).

Aujourd'hui, les études effectuées sur des composants biologiquement actifs dans les produits alimentaires deviennent un axe de recherche essentielle surtout dans les industries agroalimentaires (Bouyahya, 2016). En effet, la nutrition est passée de la prévention des carences alimentaires et de la mise en place du concept du régime équilibré à l'amélioration d'un état de santé et à la réduction du risque de maladie. Ce qui mène au développement du concept de la nutrition optimale (Roberfroid, 2000).

2.1.2. Définition

Les alicaments sont des produits comestibles dont leur appartenance est localisée entre les frontières des aliments et médicaments. Parfois nommés par d'autres termes comme aliments-santé, aliments fonctionnels, ou autres, tous ces aliments se rejoignent sur un point (Bouyahya, 2016). Il s'agit d'un aliment ou d'un nutriment présenté comme possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines (Cynober, 2008).

2.1.3. Origine

Le concept d'aliments fonctionnels est souvent considéré ayant émergé au Japon à la fin des années 80. Cependant, les aliments fonctionnels ont en fait une assez longue histoire. En Chine, au Japon et dans d'autres pays asiatiques, de nombreux types d'aliments sont traditionnellement associés à des avantages spécifiques pour la santé (Weststrate *et al.*, 2002).

2.1.4. Intérêts médicinales et alimentaires

Les alicaments sont des aliments possédants des propriétés au-delà des apports nutritionnels (Bouyahya, 2016). Beaucoup d'entre eux contiennent un certain nombre d'ingrédients fonctionnels caractéristiques tels que les peptides, les protéines et les antioxydants (Kwak et Jukes, 2001). En ce qui concerne les avantages biologiques des aliments fonctionnels sont : défense contre les espèces oxydantes réactives, le système cardiovasculaire, physiologie et fonction gastro-intestinales (Weststrate *et al.*, 2002).

2.2. Huiles essentielles

2.2.1. Généralités

Les huiles essentielles (HE) sont des complexes naturels de molécules volatiles et odorantes synthétisées par des plantes dites aromatiques comme métabolites secondaires. Les HEs sont des substances extraites d'un végétal sous forme liquide à température ambiante ayant une solubilité préférentielle pour les solvants organiques notamment l'éther, l'éther diéthylique ainsi que les alcools. Les HEs possèdent nombreuse activités biologiques à savoir antimicrobienne, antioxydante, anti-inflammatoires, anti prolifératrices et anticancéreuses (Bouyahya *et al.*, 2016).

2.2.2. Production et localité

Les plantes aromatiques se caractérisent par la présence de structures sécrétrices des HEs dans presque tous les organes du végétal (fleurs, graines, racines, feuilles, fruits...). Les HEs sont constituées principalement de deux groupes de composés odorants distincts selon la voie métabolique empruntée. Il s'agit des terpènes et de leurs dérivés oxygénés (alcools, aldéhydes, esters, éthers, cétones, phénols et oxydes) prépondérants dans la plupart des huiles essentielles, et des dérivés du phénylpropane retrouvés en tant que composés majoritaires dans les huiles de quelques espèces. Les HEs sont extraites des plantes aromatiques par différentes techniques. La distillation étant la méthode la plus utilisée pour la production commerciale de ces produits (Bouhdid *et al.*, 2012).

2.3. Activités biologiques

2.3.1. Activité antimicrobienne

Les HEs sont utilisées en phytothérapie à cause de leurs nombreuses propriétés biologiques notamment antimicrobienne qui est étroitement liée à la nature de leurs constituants et aux groupements ou fonctions chimiques qu'elles possèdent (Touhami, 2017). En effet, le spectre d'action antimicrobien des HEs est très étendu, car elles agissent contre un large éventail de bactéries, y compris celles qui développent des résistances aux antibiotiques (Toure, 2015). Cette activité varie d'une huile essentielle à l'autre et d'une souche bactérienne à l'autre (Mnayer, 2014).

2.3.2. Activité antibiofilm

Les bactéries présentes dans les biofilms sont plus résistantes aux antibiotiques et aux désinfectants que les cellules individuelles en suspension. A cause de ce type de résistance envers les agents antimicrobiens, il y'a en effet un besoin pour développer de nouvelles

stratégies tuant efficacement les cellules pathogènes protégées en biofilms (Kavanaugh et Ribbeck, 2012). Parmi les solutions mises en évidence actuellement, c'est l'utilisation des HEs qui pourraient lutter contre les biofilms grâce à leur activité antimicrobienne efficace ainsi que d'autres propriétés telles que leur caractère hydrophobe (Dupin, 2017).

Les HEs à faible concentration inhibent la formation des biofilms bactériens par plusieurs mécanismes. Notamment, l'activation des gènes de réponse contre stress qui à leur tour diminuent la production des polysaccharides extracellulaires. En plus, les HEs peuvent interagir avec les protéines des surfaces bactériennes ce qui inhibe leur fixation et du coup, la formation du biofilm (Benbelaid, 2015).

Partie expérimentale

Chapitre 3.

Matériel et méthodes

3.1. Source du matériel végétale

Les plantes sélectionnées pour cette étude sont présentées dans (tab. 2). Il s'agit de plantes médicinales et alimentaires toujours disponibles sur le marché en raison de leur importance dans l'utilisation quotidienne de la cuisine algérienne ainsi que le traitement de certaines affections d'origine microbienne. Le matériel végétal obtenu auprès du marché du Biskra a été conservé dans un endroit sec et à température ambiante (voir annexe 1).

Tableau 2. Donnés sur les plantes étudiées

Espèce	Utilisations	Parties utilisées
<i>Cinnamomum</i> <i>Cassia</i>	- le système circulatoire, digestion, les spasmes et les vomissements et contrôle les infections. troubles digestifs, Grippe (Ates et Turgay, 2003) .anticancéreuse, immunologique, antiallergique et insecticide (Ravindra <i>et al.</i> , 2004)	Ecorces
<i>Zingiber officinale</i>	-trouble digestif, symptômes pseudo-grippaux, rhume (El-Ghorab <i>et al.</i> , 2010).mal des transports, les troubles digestifs, les coliques, les refroidissements, la toux et la grippe (Mustafa, 1990).	Tubercules (rhizome)
<i>Laurus nobilis</i>	- antibactériennes, antifongiques, antivirales insecticides et antioxydants (Derwich <i>et al.</i> , 2009)	Feuilles
<i>Syzygium aromaticum</i>	- antibactériennes, antifongiques, diarrhée, hernie, gaz intestinaux, nausées, vomissements et mauvaise haleine (Hamad <i>et al.</i> , 2017).	Clous

<i>Thymbra capitata</i>	- Maladies parodontales, le vieillissement, les maladies cardiovasculaires, et le développement du cancer (Faleiro <i>et al.</i> , 2005).	Feuilles.
<i>Coriandrum sativum</i>	- antibactérien, antioxydant, anticancéreux et activités antimutagènes (Anwar <i>et al.</i> , 2011). troubles dyspeptiques, la perte d'appétit, convulsions, insomnie et anxiété (Matasyoh <i>et al.</i> , 2009)	Graines

3.2. Extraction des huiles essentielles

L'obtention des huiles essentielles a été effectuée par hydro distillation figure 2 à l'aide d'un appareil de type Clevenger (Européenne, 2012). Le matériel végétal de la plante est mise dans un ballon rond de 5L puis rempli avec de l'eau distillé jusqu'à sa moitié. Ensuite, le ballon est déposé sur une source de chaleur à l'aide d'un chauffe-ballon. Le ballon est alors branché avec une colonne amenant les vapeurs d'eau chargées de huile essentielle vers un réfrigérant. Puis, les condensats sont récupérés dans une burette dans laquelle le volume des essences récupérés est lue directement au fur et à mesure l'extraction. Le procédé de distillation est poursuit jusqu'à l'obtention d'un volume fixe ce qui signifie que la totalité des huiles essentielles ont été récupérées.

Après l'extraction de la totalité de l'huile essentielle, la partie huileuse flottante est récupérée puis déshydratée sur le sulfate de magnésium (MgSO₄). Les huiles essentielles récupérées ont été conservées à 4 °C à l'abri de la lumière.



Figure 2. Montage de type Clevenger pour l'extraction des huiles essentielles

3.3. Souches microbiennes

Cinq souches de référence ATCC (American Type Culture Collection) ont été sélectionnées pour cette étude à savoir : *Bacillus cereus* ATCC 11678, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Salmonella typhimurium* ATCC 13311. Les souches ont été obtenues auprès de laboratoire LAMAABE, université de Tlemcen.

3.3.1. Revivification

La revivification des souches étudiées a été effectuée par enrichissement sur BHIB (Brain Heart Infusion Broth) (Conda Pronadisa™, Espagne). A partir des cultures conservées, des gouttes sont prélevées à l'aide d'une anse de platine stérile puis inoculées dans des tubes à essai contenant 5 ml de bouillon BHIB. Les tubes sont ensuite incubés pendant 24 h à 37 °C dans une étuve figure 3.



Figure 3. Enrichissement des souches de référence

3.3.2. Purification

Après l'enrichissement, la pureté des souches a été vérifiée par ensemencement de chaque espèce dans son milieu sélectif par méthode d'épuisement. Les milieux utilisés sont :

Chapman, SS, Mac Conkey, GN. Après inoculation, les géloses sont incubées pendant 24 h à 37 °C afin d'obtenir des colonies homogène et bien isolées qui font l'objet d'une coloration de Gram puis conservée à nouveau à court durée dans des tube de Gélose nutritive (Conda Pronadisa™, Espagne).

3.3.3. Coloration de Gram

La première étape consiste à préparer des frottis par l'ajoute suivie par un étalement d'une goutte de suspension bactérienne sur une lame propre. Les frottis sont fixés à l'aide de la flamme du bec bunsen puis utilisés pour la coloration de Gram. L'observation est réalisée au microscope optique à l'objectif (GX 100) avec l'utilisation d'une goutte de l'huile à émersion.

3.3.4. Conservation

A partir d'une culture pure, une colonie bien isolée est prise par anse de platine puis ensemencée par méthode de strie dans des tubes contenant de la gélose nutritive inclinée. La conservation des souches est effectuée après incubation des tubes pendant 18h à 37°C dans un réfrigérateur de 4°C figure 4.

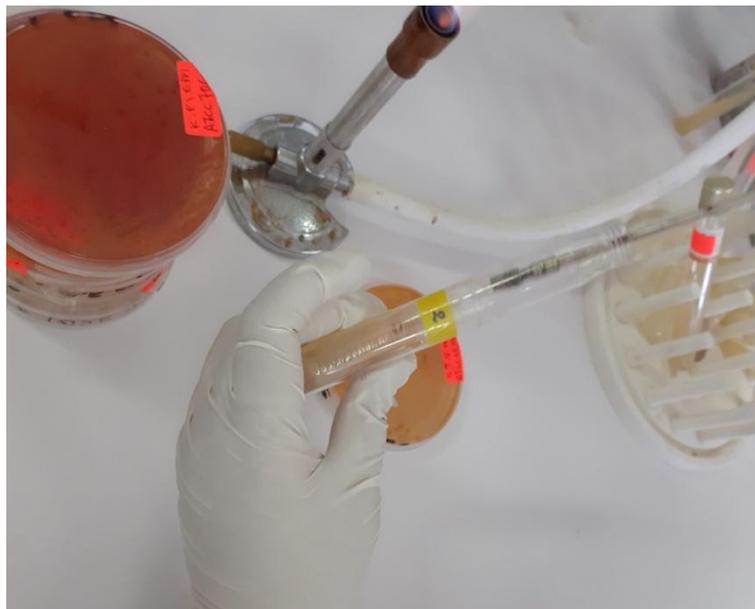


Figure 4. Ensemencement des souches de référence dans le GN inclinée

3.4. Activités antimicrobiennes des huiles essentielles

3.4.1. Préparation de l'inoculum

Les souches de référence préalablement revivifiées sont ensemencées dans des tubes contenant de bouillon Muller Hinton(Conda Pronadisa™, Espagne) puis incubées pendant 24 h à 37°C pour l'obtention des souches jeunes. Après incubation, les inocula ont été standardisés selon les recommandations de l'EUCAST (Testing, 2019). Pour réaliser les tests de l'activité antibactérienne. La standardisation est procédée ainsi, une quantité de la suspension bactérienne est mise dans des tubes à hémolyse stériles, puis diluées par l'ajout de bouillon Muller Hinton (Conda Pronadisa™, Espagne). Après, les tubes à hémolyse sont bien homogénéisés à l'aide d'un vortex, puis standardisée via spectrophotomètre à une charge microbienne égale à 10^8 UFC/ml qui correspond à 0,5 Mc Farland. L'absorbance doit être comprise entre 0,08–0,13 à une longueur d'onde de 625 nm.

3.4.2. Aromatogramme

L'activité antimicrobienne des huiles essentielles étudiées a été évaluée par la technique de diffusion sur gélose (Sivropoulou *et al.*, 1996). Des boîtes de pétri contenant de la gélose Muller Hinton (Conda Pronadisa™, Espagne) sont ensemencées par écouvillonnage à partir de la suspension microbienne standardisée. Ensuite, des disques en papier filtre de 6 mm de diamètre et préalablement imprégnés par 5 μ l de huile essentielle sont déposés sur la surface gélose pré ensemencé, puis les boîtes sont incubées pendant 24h à 37°C. Les résultats sont lus

après incubation par la mesure des diamètres des zones d'inhibition en millimètres (mm) à l'aide d'un pied à coulisse.

3.4.3. Détermination de la concentration minimale inhibitrice « CMI » des huiles essentielles

Les concentrations minimales inhibitrices (CMI) des huiles essentielles étudiées ont été déterminées à l'aide des microplaques à 96 puits stériles selon la méthode modifiée de (Khadir *et al.*, 2013). Premièrement, 10 concentrations (40% jusqu'à 0.08%) de chaque huile essentielle sont préparées par dilution $\frac{1}{2}$ dans des tubes à hémolyses à partir d'une solution mère contenant 400 μ l de huile essentielle, 10 μ l de Tween 80, et 590 μ l du bouillon Muller-Hinton stérile. Ensuite, les puits de la microplaque sont remplis en mélangeant 90 μ l de l'inoculum à 10^6 UFC/ml (obtenu par dilution 1/1000 de l'inoculum 10^8 UFC/ml par le Bouillon Muller-Hinton) avec 10 μ l de chaque concentration de huile essentielle. Le 11 puits est rempli par la suspension microbienne additionnée de Tween 80 à 1% pour vérifier l'effet de tween sur la croissance des souches (témoin positif). Tandis que le 12 puits est rempli par 100 μ l de bouillon stérile, il s'agit du témoin négatif pour vérifier les contaminations. Après incubation de 24 h à 37°C, les CMI ont été déterminées visuellement comme la plus faible concentration d'huile essentielle pour laquelle la croissance microbienne n'est pas observée à l'œil nu (Tyagi et Malik, 2011).

3.4.4. Détermination des CMI de la formation de biofilm

Les CMI de la formation des biofilms ont été déterminées selon la méthode de (Labrecque *et al.*, 2006). Après incubation de 24 à 48 h et lecture des CMI de la croissance, les cellules microbienne flottantes dans les puits de microplaque sont éliminées par aspiration à l'aide d'une seringue. Puis, les puits sont rincés trois fois par l'eau distillée stérile pour éliminer les cellules faiblement adhérentes. Ensuite à l'aide d'une micropipette, 100 μ l de cristal violet (0.4%) est ajouté dans chaque puits et laissé agir pendant 15min pour colorer les biofilms. Après, le cristal violet est jeté ainsi un rinçage des puits est effectué quatre fois par de l'eau distillée. Les microplaques sont ensuite séchées pendant 2h à une température de 37 °C. Une dernière étape consiste à ajouter 100 μ l de l'éthanol à 95 % dans chaque puits, suivie par une agitation constante de la microplaque pendant 10 min afin de libérer la coloration à partir des biofilms. Les CMI de la formation des biofilms ont été définies visuellement comme la concentration la plus faible de huile essentielle pour laquelle une décoloration considérable est constatée (Beckloff *et al.*, 2007).

Chapitre 4.

Résultats et discussion

4.1. Rendements en huiles essentielles

Les teneurs en huiles essentielle des plantes étudiées exprimées en pourcentage sont récapitulés dans le (tab. 3).

Tableau 3. Comparaison des rendements en huiles essentielles entre travaux

Espèces	Teneur A (%)	Références	Teneur B (%)	Références
<i>Cinnamomum Cassia</i>	1.46	(Abdellah <i>et al.</i> , 2018)	2.76	(Huang <i>et al.</i> , 2014)
<i>Zingiber officinale</i>	0.643	(Hamad <i>et al.</i> , 2016)	0.40	(Bag et Chattopadhyay, 2015)
<i>Syzygium aromaticum</i>	4.76	(Mètomè <i>et al.</i> , 2017)	0.65	(Alshaikh et Perveen, 2017)
<i>Laurus nobilis</i>	0.41	(Uysal <i>et al.</i> , 2010)	0.20	(Bag et Chattopadhyay, 2015)
<i>Thymbra capitata</i>	1.33	(Chraka <i>et al.</i> , 2020)	1.99	(Moukhles <i>et al.</i> , 2018)
<i>Coriandrum sativum</i>	0.4	(Kosar <i>et al.</i> , 2005)	0.73	(Bag et Chattopadhyay, 2015)

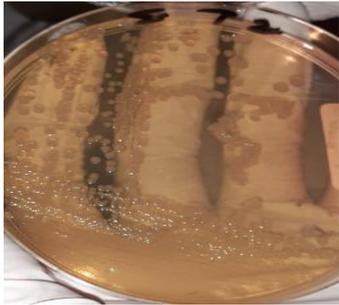
D'après le tableau ci-dessus, on remarque qu'il existe une différence remarquable entre les rendements d'extraction de la même espèce entre les travaux cités. Cela est dû à plusieurs facteurs dont l'origine géographique, la durée de stockage, les organes mis en extraction, la et durée de l'hydrodistillation.

4.2. Préparation des souches de référence

4.2.1. Examen macroscopique

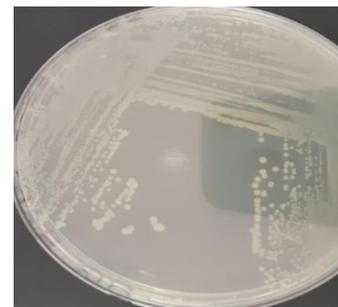
Les résultats de l'examen macroscopique des souches de références ayant poussées sur les différents milieux de culture spécifiques sont présentés dans le (tab. 4).

Tableau 4. Caractères macroscopiques des souches de référence

Souches	Caractères	Résultats
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	Ronde, bombée, isolée, virage de couleur de milieu (rose)	
<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 13311	Ronde, à plat, isolée	
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	Ronde, bombée, régulier, isolée, virage de couleur (jaune)	
<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	Ronde, à plat, régulier	

Bacillus cereus ATCC 11678

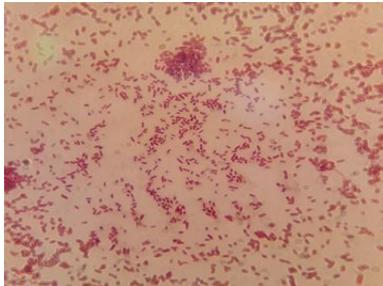
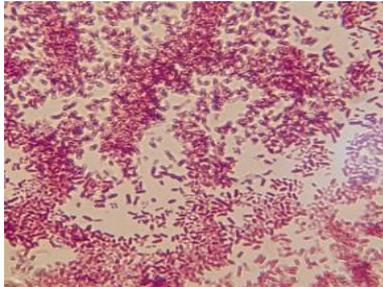
Ronde, bombée, Isolée,
régulier



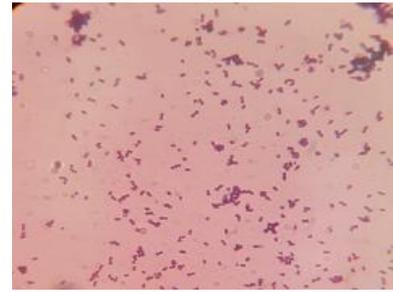
4.2.2. Examen microscopique

L'examen microscopique est effectué après une coloration de Gram. Cette technique de Gram permet d'étudier la morphologie des microorganismes y présents, leur mode de regroupement, ainsi que la détermination de leur Gram. Les résultats obtenus sont présentés dans le (tab. 5)

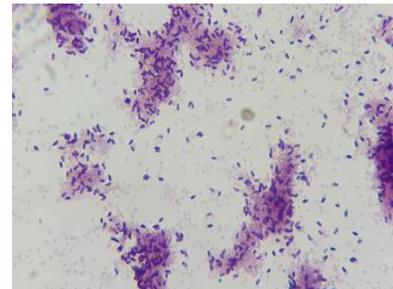
Tableau 5. Résultats de coloration de Gram

Souches	Gram	Résultats
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	Bacille G -	
<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 13333	Bacille G -	

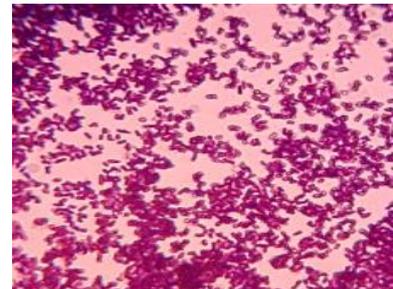
Staphylococcus aureus ATCC 25923 Cocci G +



Bacillus subtilis ATCC 6633 Bacille G +



Bacillus cereus ATCC 11678 Bacille G +



4.3. Effets des huiles essentielles envers les souches étudiées

Pour les tests de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles, cinq souches de référence responsables de toxi-infection alimentaires ont été sélectionnées.

4.3.1. Diamètres des zones d'inhibition

Les résultats des aromatoigrammes sont présentés dans le (tab. 6) ci-dessous.

Tableau 6. Les résultats de l'activité antimicrobienne par la méthode de des disques de plusieurs études

Souches HE	Diamètre en (mm)				
	<i>Bacillus Cereus</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Salmonella typhimurium</i>
<i>Cinnamomum Cassia</i>	7 ^a	48 ^b	20.7 ^c	27.4 ^c	27.3 ^d
<i>Zingiber officinale</i>	12.8 ^e	10.75 ^f	- ^g	- ^g	7.25 ^f
<i>Laurus nobilis</i>	20.2 ^h	31.4 ^h	24.5 ^h	18.9 ^h	10.9 ^h
<i>Syzygium aromaticum</i>	24.5 ^e	16 ⁱ	16 ^j	20 ^j	5.67 ⁱ
<i>Thymbra capitata</i>	50 ^k	70 ^k	70 ^k	20 ^k	50 ^k
<i>Coriandrum sativum</i>	16.9 ^e	9.4 ^l	8.5 ^l	12.8 ^l	0 ^l

Références : a (Tippayatun et Chonhenchob, 2007) ; b (Elumalai *et al.*, 2010) ; c (Huang *et al.*, 2014) d (Mith *et al.*, 2014) ; e (Aliakbarlu *et al.*, 2013) ; f (Sahamastuti *et al.*, 2019) ; g (Chao *et al.*, 2000) ; h (Silveira *et al.*, 2012) ; i (Shahbazi, 2019) ; j (Oulkheir *et al.*, 2017) ; k (El Abed *et al.*, 2014) ; l (Zangeneh *et al.*, 2018). HE : Huile essentielle.

D'après les résultats de l'activité antibactérienne présentés dans le (tab. 6) sur les agents pathogènes d'origine alimentaire déterminée par présence ou absence des zones d'inhibition, on constate que huile essentielle de *Thymbra capitata* possède la plus forte activité antibactérienne avec des zones d'inhibition allant de 20 jusqu'à 70 mm , Cette efficacité de huile essentielle de *T.capitata* dans l'inhibition est due à son composé majoritaire le carvacrol qui entrain des perturbations létales au niveau de la membrane cytoplasmique des cellules cibles (El Abed *et al.*, 2014).

Concernant huile essentielle de *Cinnamomum Cassia*, les recherches ont démontré que cette huile est pourvue d'une forte activité antimicrobienne notamment vis-à-vis *Bacillus subtilis* ATCC 6633 (48mm) ainsi que envers *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 avec des diamètres des inhibitions de 20.7, 27.4, 27,3 mm, respectivement (Huang *et al.*, 2014). C'est résultats sont

en accord avec ceux de (Oulkheir *et al.*, 2017) ayant trouvé des diamètres d'inhibitions équivalents vis-à-vis *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (28 mm) et *Escherichia coli* ATCC 25922 (28 mm). Selon (Aliakbarlu *et al.*, 2013), le fort potentiel antimicrobien de huile essentielle de la cannelle est dû à son composé majoritaire cinnamaldéhyde qui inhibe la production des enzymes essentiels pour la bactérie ainsi. Egalement, le cinnamaldéhyde peut également endommager la paroi cellulaire.

Dans le même contexte, certains auteurs ont signalé que les huiles essentielles de *Laurus nobilis* (Silveira *et al.*, 2012) et *Syzygium aromaticum* (Oulkheir *et al.*, 2017) sont pourvues d'une forte activité antibactérienne notamment vis-à-vis *Bacillus cereus* ATCC 11778 (20.2-24.5 mm), *Bacillus subtilis* ATCC 6633 (31,4 mm), *Escherichia coli* ATCC 25922 (24.5-16 mm), et *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (18,9-20 mm), respectivement. Cependant, la souche *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 semble résistante contre huile essentielle de *Syzygium aromaticum* (Oulkheir *et al.*, 2017). Ces résultats sont en concordance avec ceux (Ouibrahim *et al.*, 2013) dont les auteurs ont expliqué que l'activité antimicrobienne de huile essentielle de laurier est due à une synergie entre les terpènes, lactones, oxydes (1,8 cinéole) et mono terpènes.

Toutefois, les autres espèces étudiées *coriandrum sativum* (Zangeneh *et al.*, 2018), et *Zingiber officinale* (Chao *et al.*, 2000), ont montré une faible activité antimicrobienne parfois inactive. C'est constats ont été confirmés dans de nombreux travaux tels que (Chao *et al.*, 2000 ; Aliakbarlu *et al.*, 2013) pour *coriandrum sativum* et (Meliani *et al.*, 2014 ; Mahboubi, 2019) pour *Zingiber officinale*. Cependant (Meliani *et al.*, 2014) ont supposé que certains composés peuvent être actives si leur concentration serait significative dans le gingembre à savoir le gingérol et le shogaol.

4.3.2. Concentrations Minimales Inhibitrice CMI

Les résultats de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles étudiées de références sont présentés dans le (tab.7) ci-après.

Tableau 7. Concentration minimale inhibitrice des huiles essentielles étudiées dans plusieurs études

Concentrations Minimales Inhibitrice (CMI)						
HE	Souches	<i>Bacillus Cereus</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Salmonella typhimurium</i>
	<i>Cinnamomum Cassia</i>	0.75 ^a	5.00 ^b	1.00 ^a	0.50 ^a	2.50 ^a
	<i>Zingiber officinale</i>	5.00 ^c	1.00 ^d	9.85 ^e	0.125 ^f	0.125 ^f
	<i>Laurus nobilis</i>	5.00 ^g	0.25 ^h	2.50 ^g	10.0 ^g	5.00 ^g
	<i>Syzygium aromaticum</i>	0.625 ^c	0.031 ⁱ	2.50 ^j	5.00 ^j	0.25 ⁱ
	<i>Thymbra capita</i>	0.63 ^k	5.00 ^k	2.50 ^k	5.00 ^k	2.50 ^k
	<i>Coriandrum sativum</i>	>5.00 ^l	>5.00 ^l	1.25 ^l	2.50 ^l	7.80 ^m

Références : a (Erkmen, 2008) ; b (Huang *et al.*, 2014) ; c (Aliakbarlu *et al.*, 2013) ; d (Hamad *et al.*, 2016) ; e (Nait Irahah *et al.*, 2020) ; f (Tajbakhsh et Soleimani, 2018) ; g (Silveira *et al.*, 2012) ; h (Erdogan Eliuz *et al.*, 2017) ; i (Hamad *et al.*, 2017) ; j (Oulkheir *et al.*, 2017) ; k (El Abed *et al.*, 2014) ; l (Ildız *et al.*, 2018) ; m (Carvalho *et al.*, 2018). HE : Huile essentielle.

D'après le (tab.7) ci-dessus, on constate tout d'abord que les résultats des CMI sont corrodants avec ceux de l'aromatogramme selon lesquels les huiles essentielles les plus actives sont celles de *Syzygium aromaticum*, *Thymbra capitata* et *Cinnamomum Cassia*, respectivement.

Selon les résultats de Hamad *et al.* (2017), huile essentielle de *Syzygium aromaticum* est très efficace envers *Bacillus subtilis* ATCC 6633 et *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 avec des CMI très faibles 0.031 mg/ml et 0.25 mg/ml, respectivement, par rapport aux autres résultats (Aliakbarlu *et al.*, 2013), ont trouvé que l'effet de cette huile essentielle est également significatif contre l'espèce *Bacillus cereus* ATCC 1178 avec une valeur CMI de 0.625 mg/ml. Huile de girofle est apparemment moins active vis-à-vis *Escherichia coli* ATCC 25922 et *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, respectivement (Oulkheir *et al.*, 2017). Tandis que d'autres auteurs ont trouvé le contraire car selon leurs résultats l'espèce bactérienne

Staphylococcus aureus était plus sensible envers huile essentielle de *Syzygium aromaticum* que l'espèce *Escherichia coli* (Behbahani *et al.*, 2019). Selon (Hyldgaard *et al.*, 2012), l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de girofle est principalement liée à son composé majoritaire l'eugénol. Ce phénol est pourvu de la faculté non seulement de diffuser dans la membrane cellulaire et d'interagir avec les protéines, de plus, cette molécule hydrophobe inhibe l'activité de certaines enzymes essentielles à la vie des cellules cibles.

Concernant l'huile essentielle de *Thymbra capitata* était plus active contre *Bacillus cereus* ATCC11778, puis moins efficace envers le reste des souches *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Bacillus subtilis* ATCC 11178 et *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (El Abed *et al.*, 2014). Cependant dans une autre étude, (Husein *et al.*, 2014) ont trouvé des valeurs de CMI plus faibles à savoir (0.39 mg/ml) pour *Escherichia coli* ATCC 25922 et (0.78 mg/ml) pour les souches *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 et *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. Cet effet antimicrobien de l'huile essentiel de *Thymbra capitata* est attribué selon certain auteurs au Carvacrol, le composé majoritaire de cette huile. Comme le thymol, ces phénols ont la propriété de perturber les membranes plasmiques bactérienne, ce qui entraîne une fuite d'ATP intracellulaire, des ions potassium et finalement la mort cellulaire (El Abed *et al.*, 2014).

D'autre part, l'huile de cannelle était également parmi les huiles essentielles dotées d'une forte activité antimicrobienne, notamment envers *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 de (0.5 mg/ml), *Bacillus cereus* ATCC 1178 de (0.75 mg/ml) et *Escherichia coli* ATCC 25922 de (1 mg/ml) (Erkmen, 2008). Ces résultats diffèrent entre les auteurs, par exemple (Oulkheir *et al.*, 2017), ont trouvé une valeur de CMI plus élevée (5 mg / ml) contre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et (2,5 mg / ml) contre *Escherichia coli* ATCC 25922. Egalement (Ooi *et al.*, 2006), ont noté une valeur de CMI inférieure contre *Salmonella typhimurium* (0,3 mg / ml). De toute façon, la majorité des auteurs attribué ce pouvoir antimicrobien de la cannelle à son composé majoritaire à savoir le cinnamaldéhyde (Chaudhry et Tariq, 2006). En effet, le cinnamaldéhyde est une substance hydrophobe capable d'interagir avec les membranes cellulaires bactériennes, causant ainsi des dommages (Zhu *et al.*, 2016) et des altérations au niveau de certains enzymes (Hyldgaard *et al.*, 2012).

Quant au reste des huiles essentielles, *Zingiber officinale* et *Coriandrum sativum*, les auteurs ont trouvé des résultats plus au moins intéressants notamment vis-à-vis *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 avec des CMI

de 0.125 mg/ml pour huile de gingembre (Tajbakhsh et Soleimani, 2018). Tandis que huile essentielle de Coriandre était la plus faible huile essentielle sélectionnée pour cette étude.

4.3.2.1. Importance des alicaments

L'empoisonnement alimentaire est toujours un souci à la fois pour les consommateurs et les industries agroalimentaire malgré l'utilisation de diverses méthodes de nettoyage et de conservation (Chattopadhyay et Bhattacharyya, 2007). En effet, la conservation des aliments est une préoccupation majeure de nos jours surtout avec la croissance d'épidémies d'origine alimentaire causées par des microorganismes pathogènes. Les conservateurs utilisés actuellement sont dans la plupart des cas de source artificielle connue non seulement par leur inefficacité dans la préservation des denrées alimentaire, mais aussi par leurs effets secondaires et toxiques. C'est pour ça, l'attention de la communauté scientifique mondiale se dirige de plus en plus vers l'utilisation des produits naturels pour exploiter leurs activités antimicrobienne et antioxydant comme des conservateurs naturels efficaces et sains (De La Torre Torres *et al.*, 2015). Dans le même contexte, les huiles essentielles obtenues à partir des plantes aromatiques ont reçu une attention significative dans les industries alimentaires et peuvent être utilisés comme des alternatives plus sûres de conservateur synthétique (Prakash *et al.*, 2017). De plus, les huiles essentielles et les épices sont des conservateurs ayant d'autres intérêts tel que modifier ou potentialiser un goût donné ainsi que une source naturelle de colorants (Ravindran *et al.*, 2006 ; Viuda-Martos *et al.*, 2011). Ainsi, différentes industries pharmaceutiques, sanitaires, cosmétiques, agricoles et alimentaires ont accordé une attention particulière aux huiles essentielles à la place des produits synthétiques pour améliorer la durée de conservation et la qualité des produits en raison de leur activité antimicrobienne et antioxydant (Prakash *et al.*, 2015).

4.3.3. Détermination de la CMI de la formation de biofilm (CMIB)

En effet, peu de travaux ont focalisé à étudier le pouvoir antibiofilm des huiles essentielles à la fois pour inhiber leur formation ainsi que leur éradication. C'est pour ça nous sommes intéressés dans ce travail à étudier pour la première fois le potentiel antibiofilm des huiles essentielles extraites de certains alicaments très utilisés en cuisine de notre région. Malheureusement, à cause de la pandémie Covid-19 le travail n'a pas pu être réalisé, ainsi nous sommes dirigés à analyser des études dont l'objectif est le même. Cependant, nous n'avons pas trouvé assez de résultats pour effectuer cette étude analytique.

Toutefois, on peut citer quelques études dans le même contexte à savoir le travail de (Das *et al.*, 2019), Qui ont étudié le pouvoir inhibiteur de huile essentielle de *Zingiber officinale* vis-à-vis *E. coli*. Les auteurs ont trouvé que la concentration minimale inhibitrice de biofilm (CMIB) de l'huile essentielle est de 83%. Aussi, (Galié *et al.*, 2018), ont trouvé que huile essentiel de *Cinnamomum cassia* à très efficace dans l'éradication des de *Staphylococcus aureus* âgés à 24 h. Dans une autre étude réalisée par (Kačániová *et al.*, 2020) les auteurs ont indiqué que huile essentielle de coriandre a un effet inhibiteur sur la formation du biofilm.

Conclusion

Conclusion

L'objectif de cette étude était dévaluer l'activité antibactérienne des huiles essentielles obtenues à partir de six alicaments à savoir *Syzygium aromaticum*, *Cinnamomum Cassia*, *Zingiber officinale*, *Thymbra capitata*, *Coriandrum sativum*, *Laurus nobilis* vis-à-vis des espèces bactériennes incriminées dans les toxi-infections alimentaires.

Les huiles essentielles testées ont été obtenues à partir du matériel végétale sèche par hydrodistillation en utilisant un appareil de type Clevenger. Les souches bactériennes étudiées étaient des souches de référence préalablement caractérisés *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella typhimurium* ATCC 13311, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Bacillus cereus* ATCC 11678.

A cause de la pandémie mondiale COVID-19, le travail assigné n'a pas pu être achevé. C'est pour cela, nous avons complété ce manuscrit par des résultats d'autres auteurs ayant testé les mêmes huiles essentielles envers les mêmes espèces bactériennes.

D'après les résultats de plusieurs études, nous avons constaté que les huiles essentielles de *Syzygium aromaticum*, *Thymbra capitata* et *Cinnamomum Cassia*, sont dotées, respectivement, d'une forte activité antimicrobienne, envers beaucoup plus les bactéries à Gram positif que la espèce à Gram négatif. Les autres huiles essentielles sont avérées moins efficaces. Toutefois, certains auteurs ont testé l'activité antibiofilm de certains huiles essentielles notamment celles de *Zingiber officinale* et de *Cinnamomum cassia* avec des résultats encourageants.

D'autre part, selon la discussion des auteurs, nous avons remarqué que l'activité antimicrobienne des huiles essentielle étudiées est fortement influencée par leur composition chimique. Certains auteurs attribuent le potentiel antimicrobien des huiles aux molécules majoritaires notamment les phénols tels que le Thymol, le Carvacrol et l'Eugénol ainsi que le Cinnamomum aldéhyde. D'autres auteurs, par contre, suggèrent des effets de synergies entre les molécules de huile essentielle, démontrant ainsi l'intérêt d'utiliser les huiles essentielles en entière comme un traitement naturel pour lutter contre les micro-organismes responsables de maladies d'origine alimentaire.

Références bibliographiques

- Abdellah, F., Boukraa, L., Hammoudi, S. M., Kolayli, S., Sahin, H., Can, Z., & Benaraba, R. (2018). Chemical Composition and Antibacterial Activity of Essential oils of Some Algerian and Turkish Medicinal Plants. *Journal of Apitherapy and Nature*, 1(2), 8-19.
- Aliakbarlu, J., Sadaghiani, S. K., & Mohammadi, S. (2013). Comparative evaluation of antioxidant and anti food-borne bacterial activities of essential oils from some spices commonly consumed in Iran. *Food Science and Biotechnology*, 22(6), 1487-1493.
- Alshaikh, N., & Perveen, K. (2017). Anti-candidal Activity and Chemical Composition of Essential Oil of Clove (*Syzygium aromaticum*). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(4), 951-958.
- Angelillo, I. F., Viggiani, N. M. A., Rizzo, L., & Bianco, A. (2000). Food Handlers and Foodborne Diseases : Knowledge, Attitudes, and Reported Behavior in Italy. *Journal of Food Protection*, 63(3), 381-385.
- Anwar, F., Sulman, M., Hussain, A. I., Saari, N., Iqbal, S., & Rashid, U. (2011). Physicochemical composition of hydro-distilled essential oil from coriander (*Coriandrum sativum* L.) seeds cultivated in Pakistan. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(15), 3537-3544.
- Ates, D. A., & Turgay, Ö. (2003). Antimicrobial activities of various medicinal and commercial plant extracts. *Turkish Journal of Biology*, 27, 157-162.
- Bag, A., & Chattopadhyay, R. R. (2015). Evaluation of Synergistic Antibacterial and Antioxidant Efficacy of Essential Oils of Spices and Herbs in Combination. *PLOS ONE*, 10(7), 17.

- Barchan, A., Bakkali, M., Arakrak, A., & Laglaoui, A. (2016). Effet antibactérien et anti-biofilm de trois espèces de Mentha : Mentha spicata, Mentha pulegium et Mentha piperita. *Phytothérapie*, 14(2), 88-96.
- Beckloff, N., Laube, D., Castro, T., Furgang, D., Park, S., Perlin, D., Clements, D., Tang, H., Scott, R. W., Tew, G. N., & Diamond, G. (2007). Activity of an Antimicrobial Peptide Mimetic against Planktonic and Biofilm Cultures of Oral Pathogens. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 51(11), 4125-4132.
- Behbahani, B. A., Noshad, M., & Falah, F. (2019). Study of chemical structure, antimicrobial, cytotoxic and mechanism of action of *Syzygium aromaticum* essential oil on foodborne pathogens. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 13(1), 875-883.
- Benbelaid, F. (2015). Effets des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques sur *Enterococcus faecalis* responsable d'infections d'origine dentaire. Université Abou bekr Belkaid de Tlemcen.
- Bezine, E. (2015). Analyse des dommages l'ADN induits par la toxine CDT et de leur reperetion. Université de Toulouse.
- Birembaux, J. (2017). Conseils à l'officine : Prévention des infections alimentaires chez les populations à risques. Université de Lille 2.
- Bouhdid, S., Abrini, J., Baudoux, D., Manresa, A., & Zhiri, A. (2012). Les huiles essentielles de l'origan compact et de la cannelle de Ceylan : Pouvoir antibactérien et mécanisme d'action. *Journal de Pharmacie Clinique*, 31(3), 9.
- Bourigault, C., & Lepelletier, D. (2013). Risques sanitaires liés à l'eau et à l'alimentation. Toxi-infections alimentaires. *La revue du praticien*, 63, 1-7.
- Bouyahya, A. (2016). Alicaments : Des aliments aux médicaments, quel apport pour la santé ? *Annales des Sciences de la Santé*, 1(4), 3.

- Bouyahya, A., Abrini, J., Bakri, Y., & Dakka, N. (2016). Les huiles essentielles comme agents anticancéreux : Actualité sur le mode d'action. *Phytothérapie*, 14.
- Bouza, A. (2009). Les toxi-infections alimentaires collectives dans l'est algerien. Université Mentouri - Constantine.
- Buzby, J. C., & Roberts, T. (2009). The Economics of Enteric Infections : Human Foodborne Disease Costs. *Gastroenterology*, 136(6), 1851-1862.
- Carvalho, M., Albano, H., & Teixeira, P. (2018). In Vitro Antimicrobial Activities of Various Essential Oils Against Pathogenic and Spoilage Microorganisms. *Journal of Food Quality and Hazards Control*, 5(2), 41-48.
- Chao, S. C., Young, D. G., & Oberg, C. J. (2000). Screening for Inhibitory Activity of Essential Oils on Selected Bacteria, Fungi and Viruses. *Journal of Essential Oil Research*, 12(5), 639-649.
- Chattopadhyay, R. R., & Bhattacharyya, S. K. (2007). Phcog Rev. : Review Article Herbal spices as alternative antimicrobial food preservatives : An update. *Pharmacognosy Reviews*, 1(2), 9.
- Chaudhry, N. M. A., & Tariq, P. (2006). Anti-microbial activity of *cinnamomum cassia* against divers microbial flora with its nutritional and medicinal impacts. *Pak. J. Bot*, 38(1), 169-174.
- Chevrier, F. (2018). Synthèse d'analogues nucléotidiques visant l'inhibition de la Thymidylate Synthase Flavine-Dépendante. Université D'orleans.
- China, B., Ghafir, Y., & Daube, G. (2002). Estimation quantitative et qualitative par amplification génétique des bactéries présentes dans les denrées alimentaires. *Ann. Méd. Vét*, 147, 99-109.
- Chraka, A., Raissouni, I., Seddik, N. B., Khayar, S., Mansour, A. I., Tazi, S., Chaouket, F., & Bouchta, D. (2020). Identification of Potential Green Inhibitors Extracted from

- Thymbra capitata (L.) Cav. for the Corrosion of Brass in 3% NaCl Solution : Experimental, SEM–EDX Analysis, DFT Computation and Monte Carlo Simulation Studies. *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*, 6(3), 80.
- Cynober, L. (2008). Complément alimentaire, aliment, médicament : Qui est qui ? Ou faut-il le réviser. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 43(1), 15-21.
- Das, A., Dey, S., Sahoo, R. K., Sahoo, S., & Subudhi, E. (2019). Antibiofilm and Antibacterial Activity of Essential Oil Bearing *Zingiber officinale* Rosc. (Ginger) Rhizome Against Multi-drug Resistant Isolates. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(4), 1163-1171.
- De La Torre Torres, J. E., Gassara, F., Kouassi, A. P., Brar, S. K., & Belkacemi, K. (2015). Spice use in food : Properties and benefits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(6), 1078-1088.
- Dervin, F. (2013). Le risque de toxi-infection alimentaire lié aux salariés manipulant des aliments : Recommandations pour la surveillance médicale des salariés. université de rouen.
- Derwich, E., Benziane, Z., & Boukir, A. (2009). Chemical Composition and Antibacterial Activity of Leaves Essential Oil of *Laurus nobilis* from Morocco. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4), 3818-3824.
- Dubois-Brissonnet, F., & Guillier, L. (2020). Les maladies microbiennes d'origine alimentaire. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 55(1), 30-38.
- Dupin, A. (2017). Intérêts des huiles essentielles dans la lutte contre antibio-résistance induite par les biofilms. Université Claude Bernard Lyon1.
- El Abed, N., Kaabi, B., Smaali, M. I., Chabbouh, M., Habibi, K., Mejri, M., Marzouki, M. N., & Ben Hadj Ahmed, S. (2014). Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Thymus capitata* Essential Oil with Its Preservative Effect

- against *Listeria monocytogenes* Inoculated in Minced Beef Meat. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1-11.
- El Kalamouni, C. (2010). Caractérisations chimiques et biologiques d'extraits de plantes aromatiques oubliées de Midi-Pyrénées. Université de Toulouse.
- El-Ghorab, A. H., Nauman, M., Anjum, F. M., Hussain, S., & Nadeem, M. (2010). A Comparative Study on Chemical Composition and Antioxidant Activity of Ginger (*Zingiber officinale*) and Cumin (*Cuminum cyminum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(14), 8231-8237.
- Elumalai, S., Kesavan, R., Ramganes, S., Prakasam, V., & Murugasen, R. (2010). Comparative study on anti-microbial activities of bark oil extract from *Cinnamomum cassia* and *Cinnamomum zeylanicum*. *Biosciences, Biotechnology Research Asia*, 7(1), 251-258.
- Erdogan Eliuz, E. A., Ayas, D., & Goksen, G. (2017). *In Vitro* Phototoxicity and Antimicrobial Activity of Volatile Oil Obtained from Some Aromatic Plants. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(3), 758-768.
- Erkmen, O. (2008). Inhibitory Effects of Selected Turkish Plant Essential Oils on the Various Bacteria. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 11(3), 303-310.
- Erkmen, O., & Bozoglu, T. F. (2016). *Food Microbiology Principles into Practice* (1^{re} éd.). John Wiley & Sons, Inc.
- Européenne, P. (2012). Huiles essentielles. *Conseil de l'Europe*.
- Faleiro, L., Miguel, G., Gomes, S., Costa, L., Venâncio, F., Teixeira, A., Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., & Pedro, L. G. (2005). Antibacterial and Antioxidant Activities of Essential Oils Isolated from *Thymbra capitata* L. (Cav.) and *Origanum vulgare* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(21), 8162-8168.

- Foine, A. (2017). Les Zingiberaceae en phytothérapie : L'exemple du gingembre. Université de Lille 2.
- Galié, S., García-Gutiérrez, C., Miguélez, E. M., Villar, C. J., & Lombó, F. (2018). Biofilms in the Food Industry: Health Aspects and Control Methods. *Frontiers in Microbiology*, 9(898), 18.
- Hamad, A., Alifah, A., Permadi, A., & Hartanti, D. (2016). Chemical constituents and antibacterial activities of crude extract and essential oils of *Alpinia galanga* and *Zingiber officinale*. *International Food Research Journal*, 23(2), 837-841.
- Hamad, A., Mahardika, M. G. P., Yuliani, I., & Hartanti, D. (2017). Chemical constituents and antimicrobial activities of essential oils of *Syzygium polyanthum* and *Syzygium aromaticum*. *Rasayan Journal of Chemistry*, 10(2), 564-569.
- Haour, A. (2018). Toxi-infection alimentaire collectives, vue d'ensemble (exemple du Maroc 2008-2017) et mise en relief sur le cas particulier de listeriose. Université Mohammed v-Rabat.
- Harbaj, S. (2019). Toxi-infections alimentaires collectives. Université Mohammed v-Rabat.
- Huang, D. F., Xu, J.-G., Liu, J.-X., Zhang, H., & Hu, Q. P. (2014). Chemical constituents, antibacterial activity and mechanism of action of the essential oil from *Cinnamomum cassia* bark against four food-related bacteria. *Microbiology*, 83(4), 357-365.
- Husein, A. I., Ali-Shtayeh, M. S., Jamous, R. M., Abu Zaitoun, S. Y., Jebril Jondi, W., & Zatar, N. A.-A. (2014). Antimicrobial activities of six plants used in Traditional Arabic Palestinian Herbal Medicine. *African Journal of Microbiology Research*, 8(38), 3501-3507.
- Hyldgaard, M., Mygind, T., & Meyer, R. L. (2012). Essential Oils in Food Preservation : Mode of Action, Synergies, and Interactions with Food Matrix Components. *Frontiers in Microbiology*, 3(12), 24.

- Ildız, N., Kılıç, A. B., & Konca, Y. (2018). Phytochemical composition of *Coriandrum sativum* L. (coriander) seeds and antibacterial effects on laying hens. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 28(6), 1615-162.
- Kačániová, M., Galovičová, L., Ivanišová, E., Vukovic, N. L., Štefániková, J., Valková, V., Borotová, P., Žiarovská, J., Terentjeva, M., Felšöciová, S., & Tvrda, E. (2020). Antioxidant, Antimicrobial and Antibiofilm Activity of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Essential Oil for Its Application in Foods. *Foods*, 9(3), 19.
- Kaur, S., & Das, M. (2011). Functional foods: An overview. *Food Science and Biotechnology*, 20(4), 861-875.
- Kavanaugh, N. L., & Ribbeck, K. (2012). Selected Antimicrobial Essential Oils Eradicate *Pseudomonas* spp. And *Staphylococcus aureus* Biofilms. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(11), 4057-4061.
- Khadir, A., Bendahou, M., Benbelaid, F., Abdoune, M. A., & Abdelouahid, D. E. (2013). Pouvoir antimicrobien de *Thymus lanceolatus* Desf., récolté en Algérie. *Phytothérapie*, 11(6), 353-358.
- Kosar, M., Özek, T., Göger, F., Kürkcüoğlu, M., & Hüsnü Can Baser, K. (2005). Comparison of Microwave-Assisted Hydrodistillation and Hydrodistillation Methods for the Analysis of Volatile Secondary Metabolites. *Pharmaceutical Biology*, 43(6), 491-495.
- Kwak, N.-S., & Jukes, D. J. (2001). Functional foods. Part 1: The development of a regulatory concept. *Food Control*, 12(2), 99-107.
- Labrecque, J., Bodet, C., Chandad, F., & Grenier, D. (2006). Effects of a high-molecular-weight cranberry fraction on growth, biofilm formation and adherence of *Porphyromonas gingivalis*. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 58(2), 439-443.

- Mahboubi, M. (2019). *Zingiber officinale* Rosc. Essential oil, a review on its composition and bioactivity. *Clinical Phytoscience*, 5(1), 6.
- Mani, V., Weber, T. E., Baumgard, L. H., & Gabler, N. K. (2011). Growth and development symposium: Endotoxin, inflammation, and intestinal function in livestock. *J. Anim. Sci.*, 90, 1452-1465.
- Matasyoh, J. C., Maiyo, Z. C., Ngure, R. M., & Chepkorir, R. (2009). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Coriandrum sativum*. *Food Chemistry*, 113(2), 526-529.
- Medeiros, A. C. de A. P. (2016). *Etude expérimentale de la formation des biofilms sous conditions hydrodynamiques contrôlées*. Université Grenoble Alpes.
- Meliani, A., Nair, S., & Bensoltane, A. (2014). Cyto-biochemical and Antimicrobial Investigations on Essential Oil of *Zingiber officinale* Roscoe. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 17(6), 1120-1129.
- Mètomè, G., Adjou, E. S., Gbaguidi, B. A., Dahouenon Ahoussi, E., & Sohounhloue, D. (2017). Insecticidal and repellent effects of essential oils of *Cinnamomum zeylanicum* and *Syzygium aromaticum* from Benin against the weevil of Pigeon pea (*Cajanus cajan* L. Millspaugh). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4), 2074-2077.
- Mith, H., Duré, R., Delcenserie, V., Zhiri, A., Daube, G., & Clinquart, A. (2014). Antimicrobial activities of commercial essential oils and their components against food-borne pathogens and food spoilage bacteria. *Food Science & Nutrition*, 2(4), 403-416.
- Mnayer, D. (2014). *Eco-Extraction des huiles essentielles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agents antioxydants et antimicrobiens*. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.

- Molina, R. D. I., Campos-Silva, R., Macedo, A. J., Blázquez, M. A., Alberto, M. R., & Arena, M. E. (2020). Antibiofilm activity of coriander (*Coriander sativum* L.) grown in Argentina against food contaminants and human pathogenic bacteria. *Industrial Crops and Products*, *151*, 9.
- Moukhles, A., Ibn Mansour, A., Ellaghdach, A., & Abrini, J. (2018). Chemical composition and in vitro antibacterial activity of the pure essential oils and essential oils extracted from their corresponding hydrolats from different wild varieties of Moroccan thyme. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, *9*(1), 235-244.
- Mustafa, M. G. (1990). Biochemical basis of ozone toxicity. *Free Radical Biology and Medicine*, *9*(3), 245-265.
- Nait Irahah, I., Hmimid, F., Lahlou, F. A., Errami, A., Guenaou, I., Diawara, I., Kettani-Halabi, M., Fahde, S., Ouafik, L., & Bourhim, N. (2020). Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of some essential oils against multidrug resistant bacteria. *European Journal of Integrative Medicine*, *35*, 9.
- Ooi, L. S. M., Li, Y., Kam, S.-L., Wang, H., Wong, E. Y. L., & Ooi, V. E. C. (2006). Antimicrobial Activities of Cinnamon Oil and Cinnamaldehyde from the Chinese Medicinal Herb *Cinnamomum cassia* Blume. *The American Journal of Chinese Medicine*, *34*(03), 511-522.
- Ouibrahim, A., Tlili Ait kaki, Y., Bennadja, S., Amrouni, S., Djahoudi, A., & Djebar, M. (2013). Evaluation of antibacterial activity of *Laurus nobilis* L., *Rosmarinus officinalis* L. and *Ocimum basilicum* L. from Northeast of Algeria. *African Journal of Microbiology Research*, *7*(42), 4968-4973.
- Oulkheir, S., Aghrouch, M., Mourabit, F. E., Dalha, F., Graich, H., Amouch, F., Ouzaid, K., Moukale, A., & Chadli, S. (2017). Antibacterial Activity of Essential Oils Extracts

- from Cinnamon, Thyme, Clove and Geranium Against a Gram Negative and Gram Positive Pathogenic Bacteria. *Journal of Diseases and Medicinal Plants*, 3(2-1), 1-5.
- Prakash, B., Kedia, A., Mishra, P. K., & Dubey, N. K. (2015). Plant essential oils as food preservatives to control moulds, mycotoxin contamination and oxidative deterioration of agri-food commodities – Potentials and challenges. *Food Control*, 47, 381-391.
- Prakash, B., Kujur, A., Singh, P. P., Kumar, A., & Yadav, A. (2017). Plants-Derived Bioactive Compounds as Functional Food Ingredients and Food Preservative. *J Nutr Food Sci*, 1(1), 7.
- Ravindra, K., Bencs, L., & Van Grieken, R. (2004). Platinum group elements in the environment and their health risk. *Science of The Total Environment*, 318(1-3), 1-43.
- Ravindran, P. N., Nirma IBabu, K., & Shiva, K. N. (2006). Genetic resources of spices and their conservation. *Advances in Spices Research. Agrobios*, 63-91.
- Ray, B., et Bhunia, A. (2013). *Fundamental Food Microbiology* (5^e éd.). CRC Press.
- Roberfroid, M. B. (2000). A European consensus of scientific concepts of functional foods. *Nutrition*, 16(7-8), 689-691.
- Sahamastuti, A. A. T., Foustine, S., Sumarpo, A., & Yulita, L. (2019). Synergistic Antibacterial Activities of Ginger and Lemongrass Essential Oils as an Alternative Prevention to Food-Borne Disease. *Indonesian Journal of Life Sciences*, 01(02), 8.
- Shahbazi, Y. (2019). Antioxidant, antibacterial, and antifungal properties of nanoemulsion of clove essential oil. *Nanomedicine Research Journal*, 4(4), 204-208.
- Silveira, S. M. da, Cunha Júnior, A., Scheuermann, G. N., Secchi, F. L., & Vieira, C. R. W. (2012). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from selected herbs cultivated in the South of Brazil against food spoilage and foodborne pathogens. *Ciência Rural*, 42(7), 1300-1306.

- Sivropoulou, A., Papanikolaou, E., Nikolaou, C., Kokkini, S., Lanaras, T., & Arsenakis, M. (1996). Antimicrobial and Cytotoxic Activities of *Origanum* Essential Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(5), 1202-1205.
- Tajbakhsh, M., & Soleimani, N. (2018). Evaluation of the Bactericidal Effects of *Zingiber officinale*, *Aloysia citrodora* and *Artemisia dracunculus* on the Survival of Standard Gram-Positive and Gram-Negative Bacterial Strains. *Jorjani Biomedicine Journal*, 6(1), 22-32.
- Tanouti, A. (2016). Microorganismes pathogènes portés par les aliments : Classification, épidémiologie et moyens de prévention. Université Mohammed v de Rabat.
- Testing, E. C. o. A. S. (2019). Routine and extended internal quality control for MIC determination and disk diffusion as recommended by EUCAST. *EUCAST, France*.
- Tippayatum, P., & Chonhenchob, V. (2007). Antibacterial Activities of Thymol, Eugenol and Nisin Against Some Food Spoilage Bacteria. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*, 41(5), 319-323.
- Touhami, A. (2017). Etude chimique et microbiologique des composants des huiles essentielles de différents genres *Thymus* récoltées dans les régions de l'Est Algérien pendant les deux périodes de développement. Université Badji Mokhtar Annaba.
- Toure, D. (2015). Etudes chimiques et biologiques des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques médicinales de Côte d'Ivoire. *Université Félix Houphouët-Boigny*.
- Tyagi, A. K., & Malik, A. (2011). Antimicrobial potential and chemical composition of *Eucalyptus globulus* oil in liquid and vapour phase against food spoilage microorganisms. *Food Chemistry*, 126(1), 228-235.
- Uysal, B., Sozmen, F., & Buyuktas, B. S. (2010). Solvent-free Microwave Extraction of Essential Oils from *Laurus nobilis* and *Melissa officinalis* : Comparison with Conventional Hydro-distillation and Ultrasound Extraction. *Natural Product Communications*, 5(1), 4.

- Viuda-Martos, M., Mohamady, M. A., Fernández-López, J., Abd ElRazik, K. A., Omer, E. A., Pérez-Alvarez, J. A., & Sendra, E. (2011). In vitro antioxidant and antibacterial activities of essential oils obtained from Egyptian aromatic plants. *Food Control*, 22(11), 1715-1722.
- Weststrate, J. A., van Poppel, G., & Verschuren, P. M. (2002). Functional foods, trends and future. *British Journal of Nutrition*, 88(2), 233-235.
- Zangeneh, M. M., Zangeneh, A., Moradi, R., & Shahmohammadi, A. (2018). Chemical Characterization and Antibacterial Activity of the Essential Oil of *Coriandrum sativum* Leaves in the West of Iran (Kermanshah). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21(5), 1349-1358.
- Zhu, H., Du, M., Fox, L., & Zhu, M.-J. (2016). Bactericidal effects of *Cinnamon cassia* oil against bovine mastitis bacterial pathogens. *Food Control*, 66, 291-299.
- Ziane, M. (2015). Caractérisation, identification et étude de la thermorésistance de souches de *Bacillus cereus* isolées de semoule de couscous. Université Aboubekr Belkaid Tlemcen.

Annexes

Annexes 1. Alicaments étudiées

1. *Cinnamomum cassia*

Règne : Végétal

Embranchement : Spermatophytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones (Magnoliopsides)

Ordre : Laurales

Famille : Lauraceae

Genre : *Cinnamomum*

Espèce : *Cinnamomum cassia*

Noms vernaculaires : cannelle de chine



Cinnamomum cassia

2. *Zingiber officinale*

Règne : Végétal

Classe : Liliopside

Sous- Classe : Zingiberidae

Ordre : Zingibérales

Famille : Zingiberaceae

Sous- Famille : Zingibéroïdées

Genre : *Zingiber*

Espèce : *Zingiber officinale*

Noms vernaculaires : zangabile



Zingiber officinale

3. *Syzygium aromaticum*

Règne : plante

Embranchement : spermatophytes

Sous embranchement : angiosperme

Classe : dicotylédone

Sous-classe : rosidae

Famille : Myrtaceae

Genre : *Syzygium*

Espèce : *S. aromaticum* (L.)

Noms vernaculaires : clous de girofle



Syzygium aromaticum

4. *Laurus nobilis*

Règne : Plantes

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous classe : Dialypétales

Ordre : Laurales

Famille : Lauracées

Genre : *Laurus*

Espèce : *Laurus nobilis* L.

Noms vernaculaires : rand



Laurus nobilis

5. *Thymbra capitata*

Règne : Plantae

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Eudicots

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre Espèce : *Thymbra capitata*

Noms vernaculaires : zàitra



Thymbra capitata

6. *Coriandrum sativum*

Règne : plante

Embranchement : spermatophytes

Sous embranchement : angiosperme

Classe : asteride

Ordre : apiales

Famille : apiaceae

Genre : *Coriandrum*

Espèce : *Coriandrum sativum*

Noms vernaculaires : kasbar



Coriandrum sativum

Annexe 2 : Les milieux de culture

Pour 1 litre de milieu

Gélose nutritif

Tryptone.....	5,0 g
Extrait de viande	3,0 g
Agar agar bactériologique.....	12,0 g

pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : $7,0 \pm 0,2$.

Muller Hinton

Hydrolysât acide de caséine	17,5 g
Infusion de viande.....	2,0 g
Amidon soluble	1,5 g
Agar agar bactériologique.....	17,0 g

pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : $7,3 \pm 0,2$.

Bouillon coeur-cervelle

Extrait coeur-cervelle.....	17,5 g
Peptone pancréatique de gélatine	10,0 g
Chlorure de sodium.....	05,0 g
Phosphate disodique	2,5 g
Glucose.....	2,0 g

pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : $7,4 \pm 0,2$.

Annexe 3 : Articles utilisés dans l'analyse bibliographique

- Abdellah, F., Boukraa, L., Hammoudi, S. M., Kolayli, S., Sahin, H., Can, Z., & Benaraba, R. (2018). Chemical Composition and Antibacterial Activity of Essential oils of Some Algerian and Turkish Medicinal Plants. *Journal of Apitherapy and Nature*, 1(2), 8-19.
- Aliakbarlu, J., Sadaghiani, S. K., & Mohammadi, S. (2013). Comparative evaluation of antioxidant and anti food-borne bacterial activities of essential oils from some spices commonly consumed in Iran. *Food Science and Biotechnology*, 22(6), 1487-1493.
- Alshaikh, N., & Perveen, K. (2017). Anti-candidal Activity and Chemical Composition of Essential Oil of Clove (*Syzygium aromaticum*). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(4), 951-958.
- Anwar, F., Sulman, M., Hussain, A. I., Saari, N., Iqbal, S., & Rashid, U. (2011). Physicochemical composition of hydro-distilled essential oil from coriander (*Coriandrum sativum* L.) seeds cultivated in Pakistan. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(15), 3537-3544.
- Ates, D. A., & Turgay, Ö. (2003). Antimicrobial activities of various medicinal and commercial plant extracts. *Turkish Journal of Biology*, 27, 157-162.
- Bag, A., & Chattopadhyay, R. R. (2015). Evaluation of Synergistic Antibacterial and Antioxidant Efficacy of Essential Oils of Spices and Herbs in Combination. *PLOS ONE*, 10(7), 17.
- Beckloff, N., Laube, D., Castro, T., Furgang, D., Park, S., Perlin, D., Clements, D., Tang, H., Scott, R. W., Tew, G. N., & Diamond, G. (2007). Activity of an Antimicrobial Peptide Mimetic against Planktonic and Biofilm Cultures of Oral Pathogens. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 51(11), 4125-4132.

- Behbahani, B. A., Noshad, M., & Falah, F. (2019). Study of chemical structure, antimicrobial, cytotoxic and mechanism of action of *Syzygium aromaticum* essential oil on foodborne pathogens. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 13(1), 875-883.
- Carvalho, M., Albano, H., & Teixeira, P. (2018). In Vitro Antimicrobial Activities of Various Essential Oils Against Pathogenic and Spoilage Microorganisms. *Journal of Food Quality and Hazards Control*, 5(2), 41-48.
- Chao, S. C., Young, D. G., & Oberg, C. J. (2000). Screening for Inhibitory Activity of Essential Oils on Selected Bacteria, Fungi and Viruses. *Journal of Essential Oil Research*, 12(5), 639-649.
- Chattopadhyay, R. R., & Bhattacharyya, S. K. (2007). Phcog Rev. : Review Article Herbal spices as alternative antimicrobial food preservatives : An update. *Pharmacognosy Reviews*, 1(2), 9.
- Chaudhry, N. M. A., & Tariq, P. (2006). Anti-microbial activity of *cinnamomum cassia* against divers microbial flora with its nutritional and medicinal impacts. *Pak. J. Bot*, 38(1), 169-174.
- Chraka, A., Raissouni, I., Seddik, N. B., Khayar, S., Mansour, A. I., Tazi, S., Chaouket, F., & Bouchta, D. (2020). Identification of Potential Green Inhibitors Extracted from *Thymbra capitata* (L.) Cav. for the Corrosion of Brass in 3% NaCl Solution : Experimental, SEM–EDX Analysis, DFT Computation and Monte Carlo Simulation Studies. *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*, 6(3), 80.
- Das, A., Dey, S., Sahoo, R. K., Sahoo, S., & Subudhi, E. (2019). Antibiofilm and Antibacterial Activity of Essential Oil Bearing *Zingiber officinale* Rosc. (Ginger) Rhizome Against Multi-drug Resistant Isolates. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(4), 1163-1171.

- De La Torre Torres, J. E., Gassara, F., Kouassi, A. P., Brar, S. K., & Belkacemi, K. (2015). Spice use in food : Properties and benefits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(6), 1078-1088.
- Derwich, E., Benziane, Z., & Boukir, A. (2009). Chemical Composition and Antibacterial Activity of Leaves Essential Oil of *Laurus nobilis* from Morocco. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4), 3818-3824.
- El Abed, N., Kaabi, B., Smaali, M. I., Chabbouh, M., Habibi, K., Mejri, M., Marzouki, M. N., & Ben Hadj Ahmed, S. (2014). Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Thymus capitata* Essential Oil with Its Preservative Effect against *Listeria monocytogenes* Inoculated in Minced Beef Meat. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2014, 1-11.
- El-Ghorab, A. H., Nauman, M., Anjum, F. M., Hussain, S., & Nadeem, M. (2010). A Comparative Study on Chemical Composition and Antioxidant Activity of Ginger (*Zingiber officinale*) and Cumin (*Cuminum cyminum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(14), 8231-8237.
- Elumalai, S., Kesavan, R., Ramganes, S., Prakasam, V., & Murugasen, R. (2010). Comparative study on anti-microbial activities of bark oil extract from *Cinnamomum cassia* and *Cinnamomum zeylanicum*. *Biosciences, Biotechnology Research Asia*, 7(1), 251-258.
- Erdogan Eliuz, E. A., Ayas, D., & Goksen, G. (2017). *In Vitro* Phototoxicity and Antimicrobial Activity of Volatile Oil Obtained from Some Aromatic Plants. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(3), 758-768.
- Erkmen, O. (2008). Inhibitory Effects of Selected Turkish Plant Essential Oils on the Various Bacteria. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 11(3), 303-310.

- Européenne, P. (2012). Huiles essentielles. *Conseil de l'Europe*.
- Faleiro, L., Miguel, G., Gomes, S., Costa, L., Venâncio, F., Teixeira, A., Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., & Pedro, L. G. (2005). Antibacterial and Antioxidant Activities of Essential Oils Isolated from *Thymbra capitata* L. (Cav.) and *Origanum vulgare* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(21), 8162-8168.
- Galié, S., García-Gutiérrez, C., Miguélez, E. M., Villar, C. J., & Lombó, F. (2018). Biofilms in the Food Industry: Health Aspects and Control Methods. *Frontiers in Microbiology*, 9, 898.
- Hamad, A., Alifah, A, Permadi, A, & Hartanti, D. (2016). Chemical constituents and antibacterial activities of crude extract and essential oils of *Alpinia galanga* and *Zingiber officinale*. *International Food Research Journal*, 23(2), 837-841.
- Hamad, A., Mahardika, M. G. P., Yuliani, I., & Hartanti, D. (2017). Chemical constituents and antimicrobial activities of essential oils of *Syzygium polyanthum* and *Syzygium aromaticum*. *Rasayan Journal of Chemistry*, 10(2), 564-569.
- Huang, D. F., Xu, J.-G., Liu, J.-X., Zhang, H., & Hu, Q. P. (2014). Chemical constituents, antibacterial activity and mechanism of action of the essential oil from *Cinnamomum cassia* bark against four food-related bacteria. *Microbiology*, 83(4), 357-365.
- Husein, A. I., Ali-Shtayeh, M. S., Jamous, R. M., Abu Zaitoun, S. Y., Jebril Jondi, W., & Zatar, N. A.-A. (2014). Antimicrobial activities of six plants used in Traditional Arabic Palestinian Herbal Medicine. *African Journal of Microbiology Research*, 8(38), 3501-3507.
- Hyldgaard, M., Mygind, T., & Meyer, R. L. (2012). Essential Oils in Food Preservation : Mode of Action, Synergies, and Interactions with Food Matrix Components. *Frontiers in Microbiology*, 3(12), 24.

- Ildız, N., Kılıç, A. B., & Konca, Y. (2018). Phytochemical composition of *Coriandrum sativum* L.(coriander) seeds and antibacterial effects on laying hens . *The Journal of Animal & Plant Sciences*,28(6), 1615-162.
- Kačaniová, M., Galovičová, L., Ivanišová, E., Vukovic, N. L., Štefániková, J., Valková, V., Borotová, P., Žiarovská, J., Terentjeva, M., Felšöciová, S., & Tvrdá, E. (2020). Antioxidant, Antimicrobial and Antibiofilm Activity of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Essential Oil for Its Application in Foods. *Foods*, 9(3), 19.
- Khadir, A., Bendahou, M., Benbelaid, F., Abdoune, M. A., & Abdelouahid, D. E. (2013). Pouvoir antimicrobien de *Thymus lanceolatus* Desf., récolté en Algérie. *Phytothérapie*, 11(6), 353-358.
- Kosar, M., Özek, T., Göger, F., Kürkcüoğlu, M., & Hüsnü Can Baser, K. (2005). Comparison of Microwave-Assisted Hydrodistillation and Hydrodistillation Methods for the Analysis of Volatile Secondary Metabolites. *Pharmaceutical Biology*, 43(6), 491-495.
- Labrecque, J., Bodet, C., Chandad, F., & Grenier, D. (2006). Effects of a high-molecular-weight cranberry fraction on growth, biofilm formation and adherence of *Porphyromonas gingivalis*. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 58(2), 439-443.
- Mahboubi, M. (2019). *Zingiber officinale* Rosc. Essential oil, a review on its composition and bioactivity. *Clinical Phytoscience*, 5(1), 6.
- Matasyoh, J. C., Maiyo, Z. C., Ngure, R. M., & Chepkorir, R. (2009). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Coriandrum sativum*. *Food Chemistry*, 113(2), 526-529.
- Meliani, A., Nair, S., & Bensoltane, A. (2014). Cyto-biochemical and Antimicrobial Investigations on Essential Oil of *Zingiber officinale* Roscoe. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 17(6), 1120-1129.

-
- Mètomè, G., Adjou, E. S., Gbaguidi, B. A., Dahouenon Ahoussi, E., & Sohounhloue, D. (2017). Insecticidal and repellent effects of essential oils of *Cinnamomum zeylanicum* and *Syzygium aromaticum* from Benin against the weevil of Pigeon pea (*Cajanus cajan* L. Millspaugh). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4), 2074-2077.
- Mith, H., Duré, R., Delcenserie, V., Zhiri, A., Daube, G., & Clinquart, A. (2014). Antimicrobial activities of commercial essential oils and their components against food-borne pathogens and food spoilage bacteria. *Food Science & Nutrition*, 2(4), 403-416.
- Moukhles, A., Ibn Mansour, A., Ellaghdach, A., & Abrini, J. (2018). Chemical composition and in vitro antibacterial activity of the pure essential oils and essential oils extracted from their corresponding hydrolats from different wild varieties of Moroccan thyme. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 9(1), 235-244.
- Mustafa, M. G. (1990). Biochemical basis of ozone toxicity. *Free Radical Biology and Medicine*, 9(3), 245-265.
- Nait Irahah, I., Hmimid, F., Lahlou, F. A., Errami, A., Guenaou, I., Diawara, I., Kettani-Halabi, M., Fahde, S., Ouafik, L., & Bourhim, N. (2020). Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of some essential oils against multidrug resistant bacteria. *European Journal of Integrative Medicine*, 35, 9.
- Ooi, L. S. M., Li, Y., Kam, S.-L., Wang, H., Wong, E. Y. L., & Ooi, V. E. C. (2006). Antimicrobial Activities of Cinnamon Oil and Cinnamaldehyde from the Chinese Medicinal Herb *Cinnamomum cassia* Blume. *The American Journal of Chinese Medicine*, 34(03), 511-522.
- Ouibrahim, A., Tlili Ait kaki, Y., Bennadja, S., Amrouni, S., Djahoudi, A., & Djebbar, M. (2013). Evaluation of antibacterial activity of *Laurus nobilis* L., *Rosmarinus*

- officinalis* L. and *Ocimumbasilicum* L. from Northeast of Algeria. *African Journal of Microbiology Research*, 7(42), 4968-4973.
- Oulkheir, S., Aghrouch, M., Mourabit, F. E., Dalha, F., Graich, H., Amouch, F., Ouzaid, K., Moukale, A., & Chadli, S. (2017). Antibacterial Activity of Essential Oils Extracts from Cinnamon, Thyme, Clove and Geranium Against a Gram Negative and Gram Positive Pathogenic Bacteria. *Journal of Diseases and Medicinal Plants*, 3(2-1), 1-5.
- Prakash, B., Kedia, A., Mishra, P. K., & Dubey, N. K. (2015). Plant essential oils as food preservatives to control moulds, mycotoxin contamination and oxidative deterioration of agri-food commodities – Potentials and challenges. *Food Control*, 47, 381-391.
- Prakash, B., Kujur, A., Singh, P. P., Kumar, A., & Yadav, A. (2017). Plants-Derived Bioactive Compounds as Functional Food Ingredients and Food Preservative. *J Nutr Food Sci*, 1(1), 7.
- Ravindra, K., Bencs, L., & Van Grieken, R. (2004). Platinum group elements in the environment and their health risk. *Science of The Total Environment*, 318(1-3), 1-43.
- Ravindran, P. N., Nirma IBabu, K., & Shiva, K. N. (2006). Geneticresources of spices and their conservation. *Advances in SpicesResearch. Agrobios*, 63-91.
- Sahamastuti, A. A. T., Foustine, S., Sumarpo, A., & Yulita, L. (2019). Synergistic Antibacterial Activities of Ginger and Lemongrass Essential Oils as an Alternative Prevention to Food-Borne Disease. *Indonesian Journal of Life Sciences*, 01(02), 8.
- Shahbazi, Y. (2019). Antioxidant, antibacterial, and antifungal properties of nanoemulsion of clove essential oil. *Nanomedicine Research Journal*, 4(4), 204-208.
- Silveira, S. M. da, Cunha Júnior, A., Scheuermann, G. N., Secchi, F. L., & Vieira, C. R. W. (2012). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from selected herbs cultivated in the South of Brazil against food spoilage and foodborne pathogens. *Ciência Rural*, 42(7), 1300-1306.

- Sivropoulou, A., Papanikolaou, E., Nikolaou, C., Kokkini, S., Lanaras, T., & Arsenakis, M. (1996). Antimicrobial and Cytotoxic Activities of *Origanum* Essential Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(5), 1202-1205.
- Tajbakhsh, M., & Soleimani, N. (2018). Evaluation of the Bactericidal Effects of *Zingiber officinale*, *Aloysia citrodora* and *Artemisia dracunculus* on the Survival of Standard Gram-Positive and Gram-Negative Bacterial Strains. *Jorjani Biomedicine Journal*, 6(1), 22-32.
- Testing, E. C. o. A. S. (2019). Routine and extended internal quality control for MIC determination and disk diffusion as recommended by EUCAST. *EUCAST, Fance*.
- Tippayatum, P., & Chonhenchob, V. (2007). Antibacterial Activities of Thymol, Eugenol and Nisin Against Some Food Spoilage Bacteria. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*, 41(5), 319-323.
- Tyagi, A. K., & Malik, A. (2011). Antimicrobial potential and chemical composition of *Eucalyptus globulus* oil in liquid and vapour phase against food spoilage microorganisms. *Food Chemistry*, 126(1), 228-235.
- Uysal, B., Sozmen, F., & Buyuktas, B. S. (2010). Solvent-free Microwave Extraction of Essential Oils from *Laurus nobilis* and *Melissa officinalis*: Comparison with Conventional Hydro-distillation and Ultrasound Extraction. *Natural Product Communications*, 5(1), 4.
- Viuda-Martos, M., Mohamady, M. A., Fernández-López, J., Abd ElRazik, K. A., Omer, E. A., Pérez-Alvarez, J. A., & Sendra, E. (2011). In vitro antioxidant and antibacterial activities of essentials oils obtained from Egyptian aromatic plants. *Food Control*, 22(11), 1715-1722.
- Zangeneh, M. M., Zangeneh, A., Moradi, R., & Shahmohammadi, A. (2018). Chemical Characterization and Antibacterial Activity of the Essential Oil of *Coriandrum*

sativum Leaves in the West of Iran (Kermanshah). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21(5), 1349-1358.

Zhu, H., Du, M., Fox, L., & Zhu, M.-J. (2016). Bactericidal effects of *Cinnamon cassia* oil against bovine mastitis bacterial pathogens. *Food Control*, 66, 291-299.

Résumés

الملخص

يعتبر التسمم الغذائي مشكلة صحية عامة رئيسية. تحدث هذه الأمراض بسبب مجموعة واسعة من الكائنات الحية الدقيقة التي أصبحت مقاومة بشكل متزايد للمضادات الحيوية. الهدف من هذه الدراسة هو تقييم النشاط المضاد للبكتيريا للزيوت الأساسية المستخرجة من ستة أغذية وظيفية وهي *Thymbra capitata*, *Laurus nobilis*, *Zingiber officinale*, *Cinnamomum Cassia*, *Syzygium aromaticum*, *Coriandrum sativum*, , تجاه خمس سلالات مرجعية مسؤولة عن التسمم الغذائي. وفق التحليل المقالات، وجدنا أن الزيوت الأساسية من *Cinnamomum Cassia*·*Thymbra capitata*, *Syzygium aromaticum*, على التوالي، كانت الأكثر نشاطاً ضد السلالات المسببة للأمراض مع وجود مناطق كبيرة من التثبيط بالإضافة إلى قيم منخفضة جداً في CMI. بينما ثبت أن الزيوت الأخر أقل فعالية.

الكلمات المفتاحية: التسمم الغذائي; مقاومة المضادات الحيوية; الزيوت الأساسية; الأغذية الوظيفية; نشاط مضاد للجراثيم.

Résumé

Les toxi-infections alimentaires représentent actuellement un problème majeur pour la santé publique. Ces maladies sont causées par un large spectre de microorganismes ayant devenus de plus en plus résistants aux antibiotiques. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'activité antibactérienne des huiles essentielles obtenus à partir de six alicaments à savoir *Syzygium aromaticum*, *Cinnamomum Cassia*, *Zingiber officinale*, *Laurus nobilis* et *Thymbra capitata*, *Coriandrum sativum*, envers cinq souches de référence responsables des toxi-infections alimentaires. D'après les résultats de l'analyse bibliographique, nous avons constaté que les huiles essentielles de *Syzygium aromaticum*, *Thymbra capitata* et *Cinnamomum Cassia*, respectivement, étaient les plus actives envers les souches pathogènes avec des larges zones d'inhibition ainsi que des valeurs de CMI très faibles. Alors que les autres huiles sont avérées moins efficaces.

Mots clés : Toxi-infections alimentaires ; Résistance aux antibiotiques ; Huiles essentielles ; Alicaments ; Activité antibactérienne.

Abstract

Food poisoning is currently a major public health problem. These diseases are caused by a broad spectrum of microorganisms that have become increasingly resistant to antibiotics. The objective of this study is to evaluate the antibacterial activity of essential oils obtained from six Alicaments, namely *Syzygium aromaticum*, *Cinnamomum Cassia*, *Zingiber officinale*, *Laurus nobilis* and *Thymbra capitata*, *Coriandrum sativum*, against five reference strains responsible for food poisoning. From the results of the literature review, we found that the essential oils of *Syzygium aromaticum*, *Thymbra capitata* and *Cinnamomum Cassia*, respectively, were the most active against pathogenic strains with large inhibition zones and very low MICs values. While the other essential oils were found to be less effective.

Keywords : Food poisoning, Antibiotics resistance; Essential oils; Alicaments; Antibacterial activity.