PROPRIETES ANTIBACTERIENNES ET CONSTITUANTS PHYTOCHIMIQUES DES EXTRAITS DE LA LAVANDE DE LA REGION DE TLEMCEN ET LEUR EFFET SUR QUELQUES ESPECES BACTERIENNES RESPONSABLES D'INFECTION ALIMENTAIRE

BENYAGOUB E.[1], NABBOU N. [1], SIRAT M. [1], et DAHLIS Z. [1]

Faculté de Sciences et Technologie, Département de Biologie, Université Tahri Mohammed-Bechar (08000), Bechar-Algérie.

Résumé : Les huiles essentielles de nombreuses plantes sont devenues populaires ces dernières années et leurs principes bioactifs ont conquis récemment plusieurs secteurs industriels. *Lavandula angustifolia* Mill., est une plante médicinale appartenant à la famille de *Lamiaceae*, cette espèce est connue sous le nom de '*Khezama*'. Leur utilisation comme agents antimicrobien a été signalée.
Ce travail porte sur l'analyse phytochimique et l'étude de l'activité antibactérienne de quelques extraits sur six souches bactériennes responsables d'infection alimentaire ; *E. coli, S. aureus, L. monocytogenes, S. typhimurium, B. cereus* et *Clostridium perfringens.* L'huile essentielle a été obtenue par distillation, et les macérats méthanolique et aqueux par macération. L'activité antibactérienne est évaluée par la méthode de diffusion en disque. Les rendements en extraits obtenus sont 4,12 ; 21,18 et 24,07% respectivement pour l'huile essentielle, macérat méthanolique et aqueux. Le criblage phytochimique réalisée a permis de constater la présence des sept grands groupes chimiques. Cependant, le pouvoir antibactérien variables de l'huile essentielle a été révélé dont les souches *S. typhimurium* et *S. aureus* sont les plus sensibles à l'action de l'huile essentielle avec un pourcentage d'inhibition de 15,15 et 18,14% respectivement. Le macérat méthanolique a donné un pouvoir antibactérien relativement faible à moyen sur trois souches bactériennes à Gram positifs, alors que les autres souches sont résistantes. Aucune action n'a été donnée par le macérat aqueux.
Mots-clés: *Lavandula angustifolia* Mill., huile essentielle, macérats, criblage phyto-chimique, activité antibactérienne, infection alimentaire.

Antibacterial and phytochemical constituents of lavender extracts from the region of Tlemcen and their effect on some bacterial species responsible for food poisoning.

Abstract: The essential oils of many plants are become popular in recent years and their bioactive principles have recently won several industries. *Lavandula angustifolia* Mill., is a medicinal plant belonging to the family *Lamiaceae*, this species is known as the '*Khezama*'. Their use as antimicrobial agents has been reported.
This work focuses on the phytochemical analysis and study of the antibacterial activity of some extracts on six strains of bacteria responsible for food poisoning; *E. coli, S. aureus, L. monocytogenes, S. typhimurium, B. cereus* and *Clostridium perfringens*. The essential oil has been obtained by distillation, aqueous and methanolic macerats by maceration. The antibacterial activity was evaluated by the disc diffusion method.
The yields of extracts obtained are 4,12; 21,18 and 24,07% respectively for the essential oil, methanolic and aqueous macerate. However, the variables antibacterial activity has been revealed that the strain *S. typhimurium* and *S. aureus* are the most sensitive to the action of the essential oil with a percentage inhibition of 15, 15 and 18, 14% respectively. The methanolic macerate gave a relatively medium antibacterial activity on three bacterial strains Gram positive, while other strains are resistant. No action has been given by the aqueous macerate.

Key-words: *Lavandula angustifolia* Mill., essential oil, macerates, phytochemical screening, antibacterial activity, food poisoning.

Introduction

Les plantes médicinales et aromatiques constituent une richesse naturelle très importante dont la valorisation demande une parfaite connaissance des propriétés à mettre en valeur. Les propriétés des plantes dépendent de la présence d'agents bioactifs variés et appartenant à différentes classes chimiques [1].

L'Algérie, et par sa situation géographique, offre une végétation riche et diverse. Un grand nombre de plantes médicinales et

 Auteur correspondant : BENYAGOUB E. benyagoubelhassan@gmail.com

aromatiques y poussent spontanément. L'intérêt porté à ces plantes n'a pas cessé de croître au cours de ces dernières années.
A cet effet, on s'est intéressé à l'une des espèces de la famille de *Lamiacées* : la lavande vrai « *Lavandula angustifolia* Mill. », celle-ci est utilisée comme source mondiale d'épices et d'extraits à fort pouvoir antimicrobien et antioxydant [2].
Dans ce contexte, nous sommes intéressés par la mise en évidence de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle, macérats méthanoliques et aqueux de *L. angustifolia* M., sur les espèces bactériens responsables d'infection alimentaire.

1. Matériels et Méthodes

Cette étude a été réalisée au niveau de laboratoire pédagogique de l'université de Bechar (Algérie), après avoir préparé la plante comme suivant ;

1.1. Récolte des plantes

La plante étudiée a été récoltée après avoir été identifiée, et cela en plein de maturité aux cours du mois de Mars 2014 dans la région d'*Oum El alou* (Tlemcen, Algérie). Le matériel végétal collecté a été lavé puis séché à une température ambiante et à l'abri de la lumière. Enfin, la plante sèche est mise dans des sacs propres.

1.2. Criblage phytochimiques

Concernant l'étude tri-phytochimique, trois extractions ont été réalisées selon le protocole mis au point par Emad [3]. Les extraits bruts ont été obtenus par extractions successives, avec des solvants à polarités croissantes. Dans cet ordre, l'éther de pétrole, le méthanol et l'eau distillée ont été utilisés.
La préparation des extraits a permis d'effectuer un criblage phytochimique qualitatif de la plante.

1.3. Procédés d'extraction

Les macérat aqueux, méthanoliques et l'huile essentielle de la lavande ont été extraits par les méthodes décrites ci-dessous ;

1.3.1. Extraction de l'huile essentielle

L'extraction de l'huile essentielle a été effectuée par distillation à entrainement à la vapeur d'eau ; où une quantité de 30g de matériel végétal sec est placé dans une colonne à décanter, séparé par un papier filtre, qui surmonte de l'eau distillée en ébullition.
Les vapeurs, en traversant le matériel végétatif, font éclater les cellules et entraînent avec elles l'huile. Après condensation, l'huile surmonte le distillat dans l'erlenmeyer. L'extraction se poursuit pendant 5 heures.
Le distillat obtenu a été mélangé avec le dichlorométhane et chlorure de sodium (NaCl). Afin d'avoir les deux phases organique et aqueux, le mélange est transféré dans une ampoule à décanter et laissé séjourner pendant 24 heures.
La phase organique obtenue est séchée par le desséchant (Sulfate de sodium anhydre) puis, elle a subi à une évaporation par rota-vapeur pour récupérer l'huile essentielle. Ce dernier est conservé dans des flacons opaques bien fermés à une température de réfrigération de +4°C.

1.3. 2. Préparation des macérats

Une prise d'essai de 10 g de la plante sèche a été mélangée avec 100 ml d'eau distillée. Le mélange est laissé sous agitation pendant 24 heures. Après filtration par un papier filtre, le filtrat est

évaporé (au rota vapeur), à sec sous pression réduite à 100°C.

Cependant, pour le macérat méthanolique, une prise d'essai de 05 g de la plante sèche a été mélangée avec 85 ml de méthanol. Le mélange est passé sous agitation pendant 24 heures. Après filtration, le filtrat est évaporé (au rota vapeur), à sec sous pression réduite à 65°C.

Les résidus obtenus sont déterminés en poids pour calculer le rendement des macérats aqueux et méthanoliques [4].

1.4. Souches bactériennes

L'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de la plante étudiée a été réalisée en accord avec des méthodes officielles. Cependant les microorganismes testés sont partagés entre des souches de référence (qui viennent de la collection ATCC de l'institut Pasteur d'Alger), et une souche isolée à partir des produits laitiers contaminés, dont les souches sélectionnées étaient les suivantes : *Escherichia coli* ATCC 25922 ; *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 ; *Lesteria monocytogenes* ATCC 19115; *Bacillus cereus* ATCC 11778 ; *Salmonella typhimurium* ATCC 27924 et *Clostridium perfringens.*

1.5. Test antibactérien

Les colonies qui ont été isolées à partir des cultures jeunes sur milieu gélose nutritive (Fluka, Inde) incubées à 37°C pendant 18 à 24 heures sont transférées dans des tubes contenant de l'eau physiologique stérile (0,9% NaCl), afin de préparer des suspensions bactériennes ayant une turbidité équivalente de 0,5 McFarland. Ensuite, la suspension bactérienne, préalablement préparée, a été ensemencée à l'aide d'un écouvillon stérile sur la totalité de surface d'un milieu gélosé Mueller-Hinton (Himedia, Inde) par des stries biens serrés.

L'étude de profil d'antibiorésistance des souches étudiées aux antibiotiques a été effectuée par la méthode de diffusion sur gélose MH en utilisant des disques chargés d'antibiotiques suivant la recommandation de NCCLS (National Committee on Clinical Laboratory Standards) [5].

Les résultats de résistance aux antibiotiques ont été interprétés selon le tableau de référence établi par le comité de l'antibiogramme de la société française de microbiologie [6].

Les disques d'antibiotiques, utilisés pour les essais de diffusion en disque, étaient en premier rang pour *E. coli* comme suit : Cefoxitin, Cefazoline, Chloramphenicol et Amoxicilline-acide clavulinique; deuxièmement pour *S. aureus* : Pénicilline, Oxacilline, Kanamycine, Vancomycine, Fosfomycine et Rifampine ; troisièment pour *S. typhimurium:* Amoxicilline-acide clavulanique, Cefazoline, Cefoxitin et Chloramphenicol, Ampicilline , clindamycine, Erythromycine, Tétracycline et Gentamicine ; quatrième pour *L. monocytogenes* : Amoxicilline-acide clavulanique, Pénicilline, Chloramphenicol, Tétracycline et Erythromycine, et dernièrement pour *B. cereus* : Cefoxitin, Kanamycine, Amoxicilline-acide clavulanique, Cotrimoxazole, Pénicilline, Ceftazidime, Ticarcilline, Cefazoline et Rifampicine.

L'activité antibactérienne des extraits a été déterminée par la méthode de diffusion en disque sur milieu gélosé [7-8]. Cette méthode consiste à substituer les disques d'antibiotiques par d'autres disques confinés à partir du papier Wattman imprégnés de l'extrait.

Inoculé une boite de Pétri contenant un disque imprégné par le dichlorométhane et d'autre par le méthanol sert comme un témoin. Enfin, les boites sont incubées à 37°C pendant 24 heures.

2. Résultats et discussion

2.1 Criblage phyto-chimiques

Les résultats des tests phytochimiques de la plante étudiée épuisées par l'eau, le méthanol et l'éther diéthylique, sont regroupés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Criblage phytochimiques de *L. angustifolia* M.

Comp	Alc. bases	Com	Sté. Trit	Quin libres	Alc sels	Flav	Terp	Anth	Hétér Stér.	Tan	Sap
Rst	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
Cont Nég (ED)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Comp. : Composants, Rst : Résultats, Cont Nég : Contrôle négatif, ED : Eau distillée, Alc. Bases : Alcaloides bases, Com. : Coumarines, Sté.Trit : Stérols ou triterpènes, Quin. libres : Quinones libres, Alc. Sels : Alcaloides sels, Flav. : Flavonoides, Terp. : Terpanoides, Anth. : Anthracénosides, Hété. Stér : Hétérosides stéroliques triterpénique, Tan. : Tannins, Sap. : Saponosides, (-) : Test négatif, (+) : Test positif

Le criblage phytochimique réalisée a permis de constater la présence des sept grands groupes chimiques : les tanins, coumarines, alcaloides, terpenoides, stérols et stéroïdes, quinones et les saponosides. Cependant, les flavonoides, anthracenosides, amidon, emodols, acides gras et composes réducteurs sont révélés négative.

2.2. Rendement de l'extraction

La plante a donné un rendement important en huile essentielle estimé à 4,12%. L'huile extraite est d'une couleur jaune pâle et d'odeur forte, tandis que les résultats du rendement de macérats méthanolique et aqueux ont donné un taux estimé de 21,18 et 24,07% respectivement.

2.3 Tests antibactériens

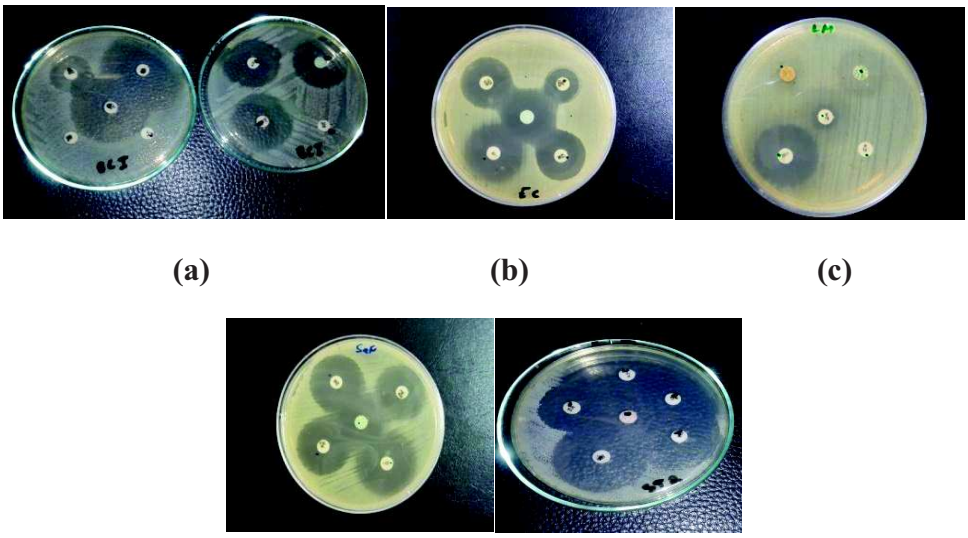
Les résultats de profil de l'antibiorésistance des souches bactériennes aux antibiotiques effectué par la méthode de diffusion sur gélose Mueller-Hinton sont rapportés par le tableau 2.

Ces résultats révèlent que le taux de résistance est accru chez la plupart des souches testées à plusieurs antibiotiques à savoir ; l'amoxicilline-acide clavulanique, cefazoline, Pénicilline, Vancomycine, Erythromycine, Cefoxitin, Tetracycline et Cefoxitin (Figure 1).

Tableau 02 : Valeurs des diamètres de zones d'inhibition et pourcentages d'inhibition (I%) des antibiotiques sur les souches bactériennes testées.

Souches bactériennes / **ATB**	***E. coli***			***S. aureus***			***L. monocytogenes***			***S. typhimurium***			***B. cereus***		
	D (mm)	I (%)	P. ATB	D (mm)	I (%)	P. ATB	D (mm)	I (%)	P. ATB	D (mm)	I (%)	P. ATB	D (mm)	I (%)	P. ATB
Fosfomycine	25	27,77	S	30	33,33	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chloramphenicol	28	31,11	S	-	-	-	26	28,88	S	31	34,44	S	-	-	-
Céfazoline	24	26,66	S	-	-	-				29	32,22	S	14	15,55	**R**
Amoxicilline- acide Clavulanique	17	18,88	S	-	-	-	18	20	**R**	28	31,11	**R**	06	-	**R**
Oxacilline	-	-	-	36	40	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kanamycine	-	-	-	24	26,66	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pénicilline	-	-	-	22	24,44	**R**	06	-	**R**	-	-	-	06	-	**R**
Rifampine	-	-	-	26	28,88	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vancomycine	-	-	-	22	24,44	**R**	-	-		-	-	-	-	-	-
Tétracycline	-	-	-	-	-	-	06	-	**R**	-	-	-	-	-	-
Gentamycine	-	-	-	-	-	-				-	-	-	-	-	-
Erythromycine	-	-	-	-	-	-	06	-	**R**	-	-	-	-	-	-
Ampicilline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clindamycine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cefoxitin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29	32,22	S	26	28,88	**R**
Céftazidine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	38,88	S
Rifampicine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	33,33	S

(D) : Diamètre da la zone d'inhibition, **(I%)** : Pourcentage d'inhibition, **($P._{ATB}$)** : profil d'antibio-résistance, **(S):** Sensible, **(R)** : Résistant, **(I)** : Intermédiaire, **(mm)** : Unité millimètre, **ATB :** antibiotiques



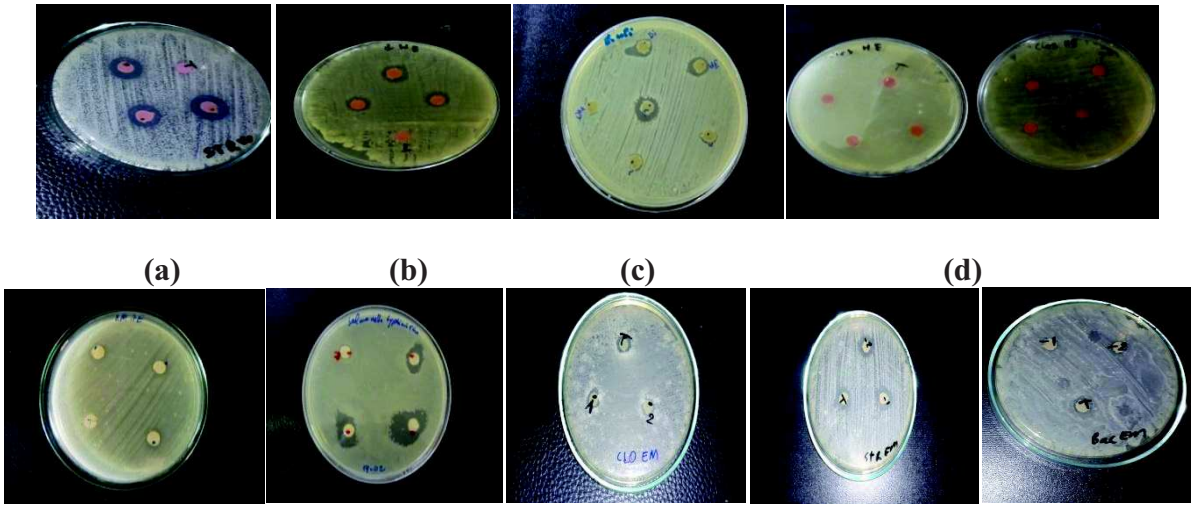
(a) **(b)** **(c)**

(d) **(e)**

Figure 1: Tests d'antibiogramme des souches bactériennes testées sur gélose MH.
(a): *B. cereus,* **(b):** *E. coli,* **(c):** *L. monocytogenes,* **(d):** *S. typhimurium,***(e):** *S. aureus.*

Face aux problèmes de la résistance bactérienne aux antibiotiques, beaucoup de travaux ont été menés sur le pouvoir antibactérien des produits naturels et extraits des plantes.

Les résultats du test d'aromatogramme réalisé par la méthode de diffusion sur gélose, et qui sont évalués par mesure des zones d'inhibition autour des disques, sont présentés dans la figure 2.



(a) **(b)** **(c)** **(d)**

(e) **(f)** **(g)** **(h)** **(i)**

Figure 2 : Tests d'arômatogramme de l'huiles essentielle et le macérat méthanolique vis-à-vis les souches bactériennes testées sur gélose MH.

Huile essentielle ; (a): *S.aureus,* **(b):** *B. cereus,* **(c):** *E. coli,* **(d):** *Clostridium perfringens,* **(e) :** *L. monocytogenes,* **(f):** *S. typhimurium*
Macérat méthanolique ; (g): *Clostridium perfringens.,* **(h):** *S. aureus* **; (i)** *:B. cereus*

Nous avons constaté que l'huile essentielle de *L. angustifolia* M., présente une activité moyenne dont le pourcentage d'inhibition atteint 18%. Cette activité est représentée par une valeur maximale contre *S. aureus* avec un pourcentage d'inhibition de l'ordre de 18,14%. Cependant, aucun effet n'a été détecté contre *Clostridium perfringens.* (Tableau 3).

Tableau 3 : Pourcentages d'inhibition (I%) de l'huile essentielle, macérat aqueux et méthanolique sur les souches bactériennes testées.

Extraits		Pourcentage d'inhibition (%)					
		E. c	*S. t*	*S. a*	*B. c*	*Clos*	*L.m*
HE		10,36	15,55	18,14	12,22	-	9,25
MM	[ ] 1mg/ml	-	-	14,44	7,77	11,11	-
	[ ] 2mg/ml	-	-	15,55	8,88	12,12	-
MA	[ ] 1mg/ml	-	-	-	-	-	-
	[ ] 2mg/ml						

E. c : *Escherichia coli*, S. t: *Salmonella typhimurium*, S. a: *Staphylococcus aureus*, B. c: *Bacillus cereus*, Clos: *Clostridium perfringens* , L. m : *Listeria monocytogenes,* HE : huile essentielle, MM : Macérat méthanolique, MA : Macérat aqueux, (-) : pas d'inhibition, [ ] : Concentration.

Tandis que le macérat méthanolique présente une activité moyenne sur certaine souches bactériennes à savoir *; B. cereus, Clostridium perfringens* et *S. aureus.* Cette dernière est la plus sensible à l'action du macérat méthanolique, alors que, le macérat aqueux ne présente aucune activité antibactérienne.

Sur plusieurs centaines d'espèces médicinales et aromatiques disponibles en Algérie, seulement quelques dizaines sont exploitées [9] à des fins culinaires, pharmaceutiques et thérapeutiques, surtout dans les zones rurales. Pourtant, il serait nécessaire de développer leur utilisation contre les infections microbiennes qui touchent la santé de l'être humain et ses denrées alimentaires et causants des intoxications et des toxi infections alimentaires (TIA).

L'huile de la lavande extraite présente une couleur jaune pâle à orange. Le rendement en huile essentielle est plus important que celui trouvé par les travaux de Elharas *et al*., Barkat et Laib ; Verma *et al.,* [10-12] où ils ont rapporté un taux de l'ordre de 1,5 ; 1,36 et 2,3%, respectivement. Ces différences peuvent être dues, à l'origine, non seulement aux conditions préparatoires de la plante à l'extraction mais aussi de la technique utilisée dans l'extraction et dont la distillation par entrainement à la vapeur d'eau appliquée dans notre expérimentation a donné un rendement plus important que celle de l'hydro-distillation.

Les extraits de la lavande présentent une composition très complexe. Le criblage phytochimique a révélé des taux élevés en composés terpéniques, ce qui concorde avec les données bibliographiques dont les constituants majoritaires sont de nature terpénique et principalement monoterpénique [13]. Ces résultats sont semblables à ceux signalés dans les études de Barkat et Laib ; Abroomand Azar *et al.,* [11,14], où ces composés terpéniques sont constitués de dérivés monoterpéniques

oxygénés et des hydrocarbures monoterpéniques, avec toutefois de différence en éléments composantes comme celle signalé par Kulevanova *et al.,* [15] sur des plantes collectées de la montagne de Kozjak (Macedonia).

Cette différence de composition est due probablement à diverses conditions notamment ; l'environnement, le génotype, l'origine géographique, la période de récolte, le lieu de séchage, la température et la durée de séchage, les parasites et la méthode d'extraction [16,17].

Par sa composition chimique comprenant plusieurs composants, l'huile de la lavande présente un mode d'action qui implique plusieurs cibles dans la cellule bactérienne. La structure de groupement fonctionnel des huiles essentielles joue un rôle important dans la détermination du pouvoir antibactérien des huiles essentielles [18].

Cependant, il apparait que le pouvoir antibactérien contre les bactéries à Gram positifs est plus important que les bactéries à Gram négatifs, et dans ce contexte, il est remarquable que l'huile extraite présente une activité importante contre *S. typhimurium*. Ces résultats sont confirmés par Bosnić *et al.,* [19], où ils ont signalé un effet faible à moyen vis-à-vis les souches bactériennes *E. coli* et *S. aureus*, présentant un diamètre de 11,5 et 9mm, correspondant à un pourcentage d'inhibition de 12,77 et 10% respectivement.

Les bactéries à Gram négatifs apparaissent plus résistantes comparées à celle de Gram positifs, cela est dû principalement à la différence de structure de leur paroi externe, ainsi que la membrane des bactéries à Gram négatifs est plus riche en lipo-polysaccharides et en protéine par rapport de celles à Gram positifs qui rendent ces bactéries plus hydrophiles, et empêche les terpènes de s'adhérer à la structure en cause [20].

Cette activité est attribuée principalement aux composants de Linalylacetate et linalol conformément aux travaux de Pattnaik *et al.,* [21] qui révèlent l'inhibition de 17 souches bactériennes testées (Gram positifs et négatifs) et 10 champignons microscopiques.

Ce pouvoir antibactérien apparait influencer non seulement par les conditions de croissance de la plante mais aussi à la procédure d'extraction par distillation [22].

Les souches bactériennes *S. aureus* et *S. typhimurium* sont les plus sensibles face aux autres espèces étudiées. Selon plusieurs travaux, il apparait que la faible activité, voire même nulle, vis-à-vis de certaines souches bactériennes est probablement attribuée à peu d'action des monoterpènes, par contact direct, malgré qu'ils sont reconnus comme très bons antiseptique [23]. L'activité contre les autres souches bactériennes provient des monoterpénols qui sont connus comme des agents anti-infectieux polyvalents (antibactériens et antifongiques) [24].

En outre, Les principes actifs contenus dans l'huile essentielle se trouvent altérés quand elle est extraite pendant une longue durée à des températures élevée. Ces observations ont été constatées par Elharas *et al.,* [10] à la température de 105 et 120°C qui est variable entre une distillation de 6 et 12heures [25].

La période de récolte et stade de maturité de la plante influent directement sur le pouvoir antimicrobien. Ceci est rapporté par les travaux de Nafajian *et al.,* [26] qui révelent que le meilleur temps de

récolte est obtenu pendant la floraison complète de la plante, car c'est le moment où le pourcentage maximum de linalol est obtenu.

D'après les résultats obtenus de l'effet du macérat méthanolique, il ressort que ce dernier présente aussi une activité moyenne, seulement sur les bactéries à Gram positifs à savoir ; *S. aureus, B.cereus* et *Clostridium perfringens*, sachant que les bactéries Gram négatifs sont résistantes. Cette activité est attribuée par les composés hétérosides stéroliques et triterpéniques composantes du monoterpénols et notamment le linalol, et qui possède un pouvoir anti-infectieux [27]. Le linalol et l'α-terpinéol sont très actifs sur les bactéries à Gram positifs et même sur celles antibio-résistants [28], qui possèdent l'extrait confirmé par les résultats de criblage phytochimique et qui s'adhèrent à la paroi des bactéries à Gram positifs. Toutefois le macérat aqueux, en raison de sa composition chimique pauvre en composés terpéniques et flavonoides ne présente en effet aucune activité antibactérienne.

Sur le plan économique, il est souhaitable de procéder à une analyse approfondie des mécanismes d'action de ces composés et une recherche plus avancée sur la synergie des composés de base et l'association d'extraits d'huiles essentielles dans les produits alimentaires [11].

Conclusion

L'activité antibactérienne remarquable de *L. angustifolia* M., contre les souches *S.aureus*, *S. typhimurium* et *B. cereus*, principaux agents responsables d'intoxication et toxi-infection alimentaire (TIA) prouvent leurs propriétés médicinales qui sont utilisées dans la médecine moderne que traditionnelle.

A travers l'analyse phytochimique et les résultats de l'activité antibactérienne, il est donc nécessaire de procéder à une enquête plus approfondie en ce qui concerne l'extraction avec différents solvants, le fractionnement et la purification de composés bioactifs ainsi que le mode d'action des composés extraits sur les cellules microbiennes, et encore une recherche plus avancée sur la synergie des composés de base et l'association d'extraits d'huiles essentielles dans les produits alimentaires. Enfin, ces propriétés naturelles des huiles essentielles en font des agents de conservation très prometteurs pour l'industrie alimentaire

Remerciements

Nos vifs remerciements sont adressés au Dr. Amrouche A, chef département de Biologie, et à Mr. Gouri S., responsable de laboratoire pédagogique de Biologie, et tous les ingénieurs de laboratoire de biologie et chimie de l'université de Bechar (Algérie).

Références bibliographiques

[1].- Maihebiau P. 1994- La nouvelle aromathérapie: biochimie aromatique et influence psychosensorielle des odeurs. éd. (France) Lausanne. 635p.

[2].- Bouhdid S., Idomar M., Zhiri A., Baudoux D., Skali NS., Abrini J. 2006- *Thymus* essential oils: chemical composition and *in vitro* antioxidant and antibacterial activities. Congrès international de biochimie, Agadir, Maroc, 09-12 Mai.

[3].- Emad MA. 2014- Antimicrobial properties and phytochemical constituents of the methanol extracts of *Euphorbia retusa* Forssk., and *Euphorbia terracina* L.

from Saudi Arabia. *South Asian Journal of Experimental Biology*; 4(2): 48-53

[4].- Majhenic L., Skerget M., Knez Z. 2007- Antioxidant and antimicrobial activity of guarana seed extracts. *Food Chemistry*; 104: 1258-1268

[5].- NCCLS. 2002- Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests. Approved standard M02-A7. National Committee for Clinical Laboratory Standards, Villanova. (Etats-Unis)PA. USA.

[6].- Soussy JC. Communiqué 2005- Comité de l'antibiogramme de la Société Française de Microbiologie.

[7].- Sacchetti G., Maietti S., Muzzoli M., Scaglianti M., Mansredini S., Radice M., Irimi R. 2005- Comparative evaluation of 11 essentials oils of different origin as functional antioxydants, antiradicals and antimicrobial in food. *Food Chemistry*; 91: 621-632

[8].- Celiktas OY., Hames Kocabas EE., Bedir E., Verdar Sucan O., Baser KHC. 2007- Antimicrobial activities of methanolic extract and essential oils of *Rosmarinus officinalis*, depending on location and seasonal variations. *Food Chemistry*; 100: 553-559

[9].- Caillet S., Lacroix M. 2007- Les huiles essentielles : leurs propriétés antimicrobiennes et leurs applications potentielles en alimentaire. éd. *INRS-Institut Armand-Frappier, RESALA* : 1-8.

[10].- Elharas K., Daagare A., Mesfioui A., Ouhssine M. 2013- Activité antibactérienne de l'huile essentielle des inflorescences de *Laurus nobilis* et *Lavandula angustifolia. Afrique Science*; 9(2): 134-141

[11].- Barkat M., Laib I. 2011- Composition chimique et activité antioxydante de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis*. *Revue de génie industriel*; 6 : 46-54.

[12].- Verma RS., Rahman L., Chanotiya CS., Verma RK., Chauhan A., Yadav A., Singh A., Yadav A. 2010- Essential oil composition of *Lavandula angustifolia* Mill., cultivated in the mid hills of Uttarakhand, India. *Journal of the Serbian Chemical Society*; 75(3): 343-348

[13].- Bruneton J. 1999- Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Techniques et Documentation. 3ème éd. Lavoisier. Paris (France). 199 p.

[14].- Abroomand Azar P., Torabbeigi M., Sharifan A., Tehrani MS. 2011- Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Lavandula angustifolia* isolated by solvent Free microwave assisted extraction and hydro-distillation. *Journal of Food Biosciences and Technology;*1: 19-24.

[15].- Kulevanova S., Stetkov G., Ristic M. 2000- Examination of essential oils of *Lavandula officinalis* grown on mountain KOZJAK (MACEDONIA). *Bulletin of the Chemists and Technologists of Macedonia*; 19(2): 165-169

[16].- Svoboda KP., Hampson JB. 1999. Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants: antibacterial, antioxidant, anti inflammatory and other related pharmacological activities. Plant Biology Department, SAC Auchincruive, Ayr, Scotland, UK., KA6 5HW.

[17].- Lis-Balchin M., Hart S. 1999- Studies on the mode of action of the essential oil of Lavender (*Lavandula angustifolia*). *Phytotherapy Research*; 13: 540-542

[18].- Richard A., Holly Haval P. 2005- Improvement in Shelf-Life and safety of perishable foods by plant essential oil and smoke antimicrobials. *Food Microbiology*; 22: 273-292

[19].- Bosnić T., Softić D., Grujić-Vasić J. 2006- Antimicrobial activity of some

essential oils and major constituents of essential oils. *Acta Medica Academica*; 35: 19-22

[20].- Marzouk Z., Neffati A., Marzouk B., Charaif I., Khemisse F., Chekirchedira L., Boukef K. 2006- Chemical composition and antibacterial and antimutagenic activity of Tunisian *Rosmarinus officinalis* L. oil from Kasrine. *Journal of food, Agriculture and Environment*; 4(3-4): 61-65

[21].- Pattnaik S., Subramanyam VR., Bapaji M., Kole CR. 1997- Antibacterial and antifungal activity of aromatic constituents of essential oils. *Microbios*; 89: 39-46

[22].- Cavanagh HMA., Wilkinson JM. 2002- Biological Activities of Lavender Essential Oil. *Phytotherapy Research;* 16: 301-308

[23]-Goëb P., 2005- L'aromathérapie au service de votre bien-être [54 huiles essentielles, 8huiles végétales]. éd. LRK. Cugy (Suisse). 160 p.

[24]-Clareton N., 1999- La Lavande, *Lavandula angustifolia* Mill. Thèse de doctorat : UFR des sciences pharmaceutiques et biologiques, Université de Montpellier, 161p.

[25]-Naeini AR., Nazeri M., Shokri H. 2011- Antifungal activity of *Zatariamul tiflora*, *Pelargonium graveolens* and *Cuminum cyminum* essential oils towards three species of Malassezia isolated from patients with *Pityriasis versicolor*. *Journal de Mycologie Médicale*; 21: 87-91.

[26].- Nafajian S., Rowshan V., Tarakemeh A. 2012- Comparing essential oil composition and essential oil yield of *Rosmarinus officinalis* and *Lavandula angustifolia* before and full floering stages. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology;* 3: 212-218

[27]-Duraffourd C., Lapraz J-C. 2002- Traité de phytothérapie clinique : médecine et endobiogénie. éd. (France) Masson. Paris. 62 p.

[28]-Kotan R., Kordali S., Cakir A. 2007- Screening of antibacterial activities of twenty-one oxygenated monoterpenes. *Zeitschrift fur Naturforschung Section C*; 62(7-8): 507-513