

Type of the Paper (Original paper)

Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles d'*Inula viscosa*, *Salvia officinalis* et *Laurus nobilis* de la région de Bejaia

Nawel Kheyar¹, Dahia Meridja², Kamel Belhamel²

¹Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Université de Bejaia,

²Laboratoire des Matériaux Organiques, Faculté de Technologie, Université de Bejaia,
e-mail : kamel.belhamel@yahoo.fr

Received: 13-12-2013 / Revised: 18/02/2014/ Accepted: 26/02/2014

Résumé : Dans cette étude, l'activité antibactérienne des huiles essentielles d'*Inula viscosa*, *Salvia officinalis* et *Laurus nobilis* a été évaluée *in vitro* par la méthode de diffusion sur gélose contre des souches de référence et multirésistante : il s'agit de *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Escherichia coli* (NAR), *Klebsiella pneumoniae* (E47) et *Listeria innocua* (CLIP 74915). *Pseudomonas aeruginosa* a été l'espèce la plus résistante, cependant, *Staphylococcus aureus* s'est montrée la plus sensible aux huiles testées. Les résultats de l'analyse chimique de la composition de l'huile *Inula viscosa* par chromatographie en phase gazeuse indiquent la richesse de cette dernière en thymol (6,93%) and carvacrol (2,27%), ce qui pourrait être à l'origine des résultats observés.

Mots clés : Huiles essentielles, *Inula viscosa*, *Salvia officinalis*, *Laurus nobilis*, activité antibactérienne, chromatographie en phase gazeuse

I. Introduction

Actuellement, plusieurs questions se sont soulevées concernant la sécurité et l'efficacité des produits chimiques utilisés en médecine. En effet, durant les 20 dernières années, il a été prouvé que l'efficacité des antibiotiques a fortement diminué. Les bactéries en sont devenues de plus en plus résistantes [1,2].

L'usage généralisé des antibiotiques et la prescription à grande échelle parfois inappropriée de ces agents ont entraîné la forte adaptabilité des souches bactériennes et la sélection des souches multi-résistantes [3]. En effet, les processus de résistance bactérienne aux antibiotiques peuvent être groupés en trois grands mécanismes : modification de l'antibiotique, modification de la cible et de la concentration intracellulaire de l'antibiotique (défaut d'accumulation) [4].

Face aux limites thérapeutiques, des antibiotiques classiques ont poussé les scientifiques à orienter les recherches vers des nouvelles voies et surtout l'utilisation des principes actifs des plantes (composés phénoliques, alcaloïdes, huiles essentielles...) comme agents antibactériens.

L'activité antibactérienne d'une huile essentielle est à mettre en relation avec sa composition chimique, les groupes fonctionnels des composés majoritaires (alcools, phénols, composés terpéniques et cétoniques) ou ceux susceptibles d'être actifs. Mais, il est probable

que cette activité dépende aussi de composés minoritaires qui agissent d'une manière synergique [5,6].

Les molécules réputées d'être actives sont des terpénoïdes, car les hydrocarbures saturés et les acétates ioniques sont inactifs, par la nature même de leur faible capacité de liaisons hydrogène et de leur faible solubilité. Les composés chimiques de plus grande efficacité et à plus large spectre sont les phénols (thymol, carvacrol et eugénol), des alcools, des aldéhydes et des cétones [7,8].

La flore Algérienne est caractérisée par sa diversité florale : Méditerranéenne, Saharienne et une flore Paléo Tropicale, estimée à plus de 3000 espèces appartiennent à plusieurs familles botaniques, dont 15% endémiques [9]. Ce qui a donné à la pharmacopée traditionnelle une richesse inestimable. Parmi celles-ci, *Inula viscosa* L., *Salvia officinalis* L. et *Laurus nobilis* L., sujet de cet article, ont été choisies pour leurs vertus thérapeutiques dans le but d'évaluer *in vitro* leur puissance inhibitrice vis-à-vis cinq souches pathogènes et multi-résistances.

II. Matériels et méthodes

II.1. Echantillonnage

Les feuilles des trois plantes ont été récoltées dans plusieurs régions Algérienne. L'échantillonnage a été fait dans une région propre, loin de tout impact de pollution et après la disparition de la rosée du matin, aux dates, altitudes indiquées dans le tableau 1. Après la récolte, les plantes ont été identifiées au laboratoire de physiologie végétale et d'écologie en utilisant la flore d'Algérie de Quezel et Santa (1963) [26].

Tableau 1: Caractéristiques des conditions de récoltes

Nom scientifique	Altitude (m)	Dates de récolte
<i>Inula viscosa</i> L.	1	Août
<i>Salvia officinalis</i> L.	685	Juillet
<i>Laurus nobilis</i> L.	90	Début de septembre

II.2. Extraction

L'extraction des huiles essentielles est effectuée par hydrodistillation par un appareil de type Clevenger,

Une quantité de 150 g de matière végétale est transvasée dans un ballon de deux litres auquel un volume de 1500 ml d'eau distillée est ajouté et l'hydrodistillation se fait pendant trois heures. L'eau est portée à ébullition, la vapeur d'eau entraîne les molécules volatiles qui se condensent dans un réfrigérant et le mélange eau-huile est recueilli dans un ballon de 250 ml. La décantation se fait dans une ampoule à décanter d'un litre dans laquelle le mélange se sépare en deux phases non miscibles par la différence de leur densité. Une phase aqueuse (inférieure) et une phase huileuse (supérieure). Les huiles essentielles ainsi récupérées sont traitées avec quelques cristaux de sulfates de magnésium anhydre afin d'éliminer l'eau susceptible d'avoir été retenue dans la phase organique. Elles sont conservées au réfrigérateur à 4°C dans des flacons sombres à l'abri de la lumière et de la chaleur. Trois distillations sont réalisées pour chaque échantillon.

II.2. Composition chimique des huiles essentielles

Les composants des huiles essentielles d'*Inula viscosa*, *Laurus nobilis* et *Salvia officinalis*, ont été identifiés par GC (*gas chromatograph*) et calculés par rapport aux temps de rétention d'étalons purs d'huiles essentielles (Sigma). (Les résultats de cette partie seront publiés ultérieurement.)

II.3. Les souches bactériennes utilisées

Les souches bactériennes sur lesquelles nous avons testé l'activité des huiles essentielles, sont des lots de l'ATCC (American Type Culture Collection), ont été sélectionnées en fonction de leur pouvoir pathogène et leur résistance naturelle aux antibiotiques. Elles sont entretenues par repiquage sur gélose nutritive favorable à leur croissance pendant 24 heures à l'obscurité à 37°C.

Il s'agit d'une souche de *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Escherichia coli* (NAR), *Klebsiella pneumoniae* (E47) et *Listeria innocua* (CLIP 74915). Ces souches proviennent du laboratoire de Microbiologie Appliquée (L.M.A) de l'université Algérienne.

II.4. Test du pouvoir antibactérien des huiles essentielles

L'aromatogramme est une méthode inspirée de l'antibiogramme qui permet de déterminer l'activité inhibitrice de croissance des huiles essentielles par la mesure du diamètre d'inhibition autour d'un disque imprégné d'huile essentielle. Cette méthode a l'avantage d'une grande souplesse dans le choix des huiles essentielles testées, et de s'appliquer à un très grand nombre d'espèces bactériennes [27].

La méthode utilisée dans cette étude pour évaluer l'activité antibactérienne des huiles essentielles, est celle faite par plusieurs auteurs (De Billerbeck, 2007 ; Nedorostova et al., 2008; Matyar et al., 2008 ; Thi Dung et al., 2008).

Une suspension bactérienne de 18 à 24 heures est préparée dans l'eau physiologique stérile et ajustée jusqu'à l'obtention d'un inoculum de 10^7 UFC/ml. Une série de dilutions (1/1, 1/2, 1/4 et 1/8) de l'huile dans le diméthylsulfoxyde (DMSO) est réalisée. 1 ml de l'inoculum préparé à partir de chaque souche est uniformément bien étalé à la surface de la gélose de Mueller-Hinton (MH). Des disques de papier Waltman n°1 stériles de 6 mm de diamètre sont déposés sur la gélose et chaque disque est imprégné d'une quantité de 5 µl de l'huile essentielle à différentes concentrations. Les disques imprégnés de 5 µl de DMSO sont utilisés comme témoins. Chaque test est répété trois fois et une boîte témoin est ensemencée dans les mêmes conditions de l'expérience mais sans disques, qui renseigne sur l'homogénéité du tapis bactérien. La lecture se fait après 18 à 24 h d'incubation à 37°C [14,19,2,28].

II.5 Antibiogramme

Ce test a été réalisé pour étudier l'antibiogramme des germes utilisés et le comparer avec l'effet des huiles essentielles. Les disques d'antibiotiques utilisés sont répertoriés dans le tableau 3.

La méthode de diffusion ou antibiogramme standard sont les plus utilisés en bactériologie médicale, appelée encore méthode des disques. Cette technique consiste à utiliser des disques de papier imprégnés des antibiotiques à tester, déposés à la surface d'un milieu gélosé, préalablement ensemencés avec une culture pure de la souche à étudier. Dès l'application des disques, les antibiotiques diffusent de manière uniforme si bien que leurs concentrations sont inversement proportionnelles à la distance du disque. Après incubation, les disques s'entourent de zones d'inhibition circulaires qui correspondent à une absence de culture [29].

III. Résultats et discussion

La méthode d'extraction est une opération importante qu'il faut mener avec soin. Par ailleurs, la collecte, le séchage, et le stockage tributaires à l'extraction- influencent largement sur le rendement ainsi que la qualité organoleptique des huiles essentielles [10]. Le rendement en huile essentielle varie beaucoup ($P < 0.05$) avec la plante utilisée. Le

rendement le plus élevé est obtenu chez *S. officinalis* (1,12%) suivi par *L.nobilis* (0,88%), un faible rendement a été obtenu pour *l. viscosa* (0,22%). Il est à retenir que la variation du rendement d'extraction pourrait être attribuée à l'origine géographique de la plante, à la technique d'extraction, aux facteurs climatiques, mais également à la période de cueillette de la matière végétale et la partie de la plante étudiée [11].

Les composés rencontrés dans les plantes médicinales sont nombreux et différent par leurs structures et leurs propriétés. Les huiles essentielles sont des mélanges complexes, peuvent comporter plus de soixante composés différents. Les composants principaux peuvent constituer jusqu'à 85% de l'huile, tandis que d'autres composants sont présents seulement comme trace [5,12].

D'après les résultats obtenus, nous constatons que les monoterpènes oxygénés sont les constituants principaux de l'huile essentielle d'*l.viscosa*, et les composés majoritaires sont le thymol (6,93%) l'iso-Dihydrocarveol (5,04%) et carvacrol (2,27%). En revanche, *Salvia officinalis* et *Laurus nobilis* sont deux espèces très riches aussi en monoterpènes, notamment le 1,8 cinéole, α -pinène, *p*-cimene. Le carvacrol et thymol sont deux composés phénoliques, connus pour leurs propriétés antimicrobiennes. En effet, les huiles essentielles possèdent ces composés phénoliques, sont hautement actifs contre les bactéries en dépit de leur hydrophobicité [7,13,14,15]. Dorman et Deans (2000) ont testé un grand nombre de composés purs sur 25 genres de bactéries et ils ont démontré que le thymol est le composé qui possède le plus large spectre d'activité antibactérienne, suivi du carvacrol et de l' α -terpinéol [7].

III.1. Antibiogramme

L'antibiogramme consiste à rechercher la sensibilité des souches vis-à-vis des antibiotiques. Nous avons testé l'activité de six antibiotiques par la méthode standard des disques. Les mesures des zones d'inhibition figurant dans le tableau 2.

Tableau 2 : Résultats de l'antibiogramme (diamètre de la zone d'inhibition en mm Le diamètre des disques est pris en considération, -/- : Non testé, R: Bactérie est résistante).

Souches \ ATB	OFX (5 µg)	E (10 UI)	PG (6 µg)	AMP (10 µg)	C (30 µg)	G (15 µg)
<i>E. coli</i>	-/-	6±00 ^R	-/-	7±1,24 ^R	23±0,8	-/-
<i>K. pneumoniae</i>	29±0,98	19±0,4 ^R	6±0,2 ^R	-/-	25±0,25	-/-
<i>L. innocua</i>	31±0,57	11±1,69 ^R	6±00 ^R	-/-	-/-	29±0,86
<i>S. aureus</i>	22,5±0,67	-/-	8.±1,8 ^R	6±00 ^R	18±0,9 ^R	-/-
<i>P. aeruginosa</i>	21,5±0,14 ^R	-/-	6±0,25 ^R	-/-	-/-	12±2,23 ^R

Le tableau 2 montre que les différents antibiotiques possèdent un effet presque similaire sur les bactéries. Cet effet est bien inférieur à celui de l'huile essentielle. Il est évident de conclure que la plupart des souches bactériennes utilisées dans cette étude présentent des phénomènes de résistances aux antibiotiques.

III.2. Pouvoir antibactérien des huiles essentielles

Les résultats des tests d'inhibition de l'activité microbienne sont illustrés dans le tableau 3. Les valeurs indiquées sont la moyenne de trois essais. L'analyse statistiques des résultats est effectuées avec l'application « ANOVA » à l'aide d'un logiciel STATISTICA 5,5 et le seuil de significativité est fixé à $P < 0,05$. Nous avons comparé l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de trois plantes à différentes concentration. EN effet, la variation de l'activité antibactérienne en termes de diamètres d'inhibition est en fonction de type et de la concentration des huiles essentielles étudiées et en fonction de la souche bactérienne.

III.3. Activité des huiles essentielles sur *Escherichia coli*

Les résultats obtenus indiquent que toutes les huiles ont montré un effet inhibiteur vis-à-vis d'*E. coli*. Des zones d'inhibition allant de 06 mm à 31,5 mm sont observées. Le meilleur résultat obtenu vis-à-vis de cette souche est celui de l'huile brute de *I.viscosa* avec un diamètre d'environ 32mm qui ne présente aucune différence ($P<0,05$) par rapport à *L.nobilis*, ce qui pourrait indiquer une activité bactéricide de ces huiles vis-à-vis de cette souche. Plus les huiles sont concentrés, meilleure est l'activité, donc l'activité est proportionnelle à la concentration des huiles essentielles.

III.4. Activité des huiles essentielles sur *Klebsiella pneumoniae*

Les huiles brutes ont inhibé la croissance de l'espèce *K.pneumoniae*. Des diamètres d'inhibitions supérieures ou égales à 22 mm sont observés. Du point de vue statistique, il n'existe pas une différence entre les trois espèces vis-à-vis de *K.pneumoniae*. Les dilutions 1/2, 1/4 et 1/8 ont donné des zones d'inhibition inférieures à 15mm ce qui voudrait dire qu'en diluant nos huiles leur effet diminue, l'activité est proportionnelle à la concentration.

III.5. Activité des huiles essentielles sur *Listeria innocua*

Les diamètres d'inhibition calculés contre la souche *L.innocua* est de 06 à 28,5 mm. Des zones d'inhibition de 28,5, 26,5, 25,5 mm obtenues pour les huiles brutes d'*I.viscosa*, *S.officinalis* et *L.nobilis*, respectivement et qui ne présentent pas une différence significative ($P<0,05$). Une augmentation de l'activité (en termes de diamètre d'inhibition) suite à l'élévation de la concentration est observée.

III.6. Activité des huiles essentielles sur *Staphylococcus aureus*

L'activité bactéricide des huiles essentielles est aussi importante que celle des cas précédents. Des diamètres d'inhibition allant de 29,5 à 43,5 mm ont été enregistrés. Ce qui indique la sensibilité et l'effet bactéricide des huiles utilisées vis-à-vis de cette souche. Une meilleure inhibition est observée pour l'essence d'*I.viscosa* suivi de celles de *S.officinalis* et *L.nobilis* qui ne présentent aucune différence significative ($P<0,05$) entre elles.

Nous constatons également que l'activité est proportionnelle à la concentration des huiles essentielles, plus les extraits sont concentrés meilleure leur activité antibactérienne.

La plus grande susceptibilité de *Staphylococcus aureus* vis-à-vis des huiles essentielles par rapport aux autres espèces bactériennes testés s'expliquerait par une meilleure perméabilité d'un ou des composé(s) actif (s).

III.7. Activité des huiles essentielles sur *P.aeruginosa*

Parmi les huiles essentielles testées, seule l'essence d'*Inula viscosa* présente une activité antibactérienne modérée vis-à-vis des souches *P.aeruginosa*. En effet des diamètres d'inhibition de 6 à 15,5 mm sont enregistrés pour l'huile d'*I.viscosa*. Quant aux huiles essentielles de *S.officinalis* et *L.nobilis* les zones d'inhibition ne dépassent pas 06 à 10,5 mm, respectivement qui ne présentent pas une différence significative entre elles ($P<0,05$).

Ce comportement n'est pas surprenant car les souches de *Pseudomonas aeruginosa* possèdent une résistance intrinsèque à une large gamme de biocides, associée à la nature de sa membrane externe. Cette barrière a une capacité de synthétiser et sécréter des agrégats structurés appelés biofilms ou matrice composés de polysaccharides. Ces biofilms forment une barrière physique contre l'entrée d'agents antimicrobiens et elle sécrète aussi un complexe enzymatique extracellulaire qui peuvent dégrader les huiles essentielles [16].

En comparant la susceptibilité des différentes souches vis-à-vis des huiles testées, nous constatons que l'efficacité de ces huiles diffère d'une bactérie à une autre. *Pseudomonas aeruginosa* est la plus résistante, cependant, *Staphylococcus aureus* est la plus sensible aux huiles testées. Nos résultats sont en accord avec la littérature selon laquelle les bactéries à Gram positif montrent la plus grande sensibilité vis-à-vis des huiles essentielles [17, 5, 8, 18, 12,19].

Il est probable que ce résultat soit dû à une différence dans la capacité de pénétration des composés actifs présents dans les huiles essentielles. Chez les bactéries à Gram négatif, la membrane externe constitue une barrière de perméabilité efficace ; le lipopolysaccharide, grâce à ses charges négatives de surface empêche la diffusion des molécules hydrophobes [20]. Les bactéries à Gram positif sont moins protégées contre les agents antibactériens, le peptidoglycane n'entrave que la diffusion des poids moléculaires à 50KD [21].

L'ensemble des résultats montre que les huiles essentielles étudiées sont douées d'une activité antibactérienne contre les souches utilisées dans cette étude. Cette importante bioactivité des huiles essentielles étudiées est en relation avec leur composition chimique. En effet, Oussalah et ses collaborateurs (2006) ont rapporté que l'effet antibactérien des huiles essentielles est attribué aux monoterpènes particulièrement aux phénols [22].

D'autre part, nous avons constaté que l'essence d'*I.viscosa* présente une efficacité plus que les autres espèces. Cette divergence peut être attribuée à leur teneur en carvacrol et thymol. Ces deux composés phénoliques sont connus pour leurs propriétés antimicrobiennes.

Les composés phénoliques causent des dommages au niveau de la membrane externe des bactéries, ce qui entraîne une augmentation de la perméabilité membranaire aux protons et aux ions potassium, une réduction des réserves de l'ATP intracellulaire, une perturbation de la force proton motrice et une dénaturation des protéines intracellulaires [23, 5,12].

Il est également probable que cette activité antibactérienne n'est pas due à la présence des substances particulières seulement mais, sont le résultat de l'interaction entre divers structures aromatiques [7,24, 25]. D'après Oussou et al. [30], ces molécules agiraient le plus souvent par une action synergique, soit seule au sein de l'huile essentielle. En plus de ces composés majoritaires, les composés mineurs peuvent contribuer significativement à l'activité des huiles essentielles [6].

Tableau 3 : Activité antibactérienne des huiles essentielles d'*I. viscosa*, *S. officinalis* et *L. nobilis*

Plante Souches	Diamètres des zones d'inhibition en (mm)											
	<i>Inula viscosa</i>				<i>Salvia officinalis</i>				<i>Laurus nobilis</i>			
	1/1	1/2	¼	1/8	1/1	½	1/4	1/8	1/1	1/2	1/4	1/8
<i>Escherichia coli</i>	31,5 ^a ± 0,8	21,5 ^b ± 0,8	10,5 ^d ± 0,16	9,5 ^d ± 0,12	24,5 ^b ± 0,12	9,5 ^d ± 0,9	7,5 ^d ± 0,4	06 ^d ± 00	29,5 ^a ± 0,23	16,5 ^c ± 0,24	8,5 ^d ± 0,04	06 ^d ± 00
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	29,5 ^a ± 0,02	15,5 ^b ± 0,12	8,5 ^c ± 0,11	06 ^c ± 00	22,5 ^a ± 0,37	12,5 ^b ± 1,5	8,5 ^c ± 1,1	06 ^c ± 00	26,6 ^a ± 1,5	13,5 ^b ± 0,17	8,33 ^c ± 0,56	06 ^c ± 00
<i>Listeria innocua</i>	28,5 ^a ± 0,4	19,00 ^b ± 0,1	9,5 ^c ± 0,7	7,5 ^c ± 00	26,5 ^a ± 0,11	9,5 ^c ± 0,40	8,5 ^c ± 1,07	06 ^c ± 1,15	25,5 ^a ± 0,11	14,5 ^b ± 0,40	8,5 ^c ± 0,7	06 ^c ± 1,9
<i>Staphylococcus Aureus</i>	43,5 ^a ± 0,1	21,5 ^b ± 0,3	14,5 ^c ± 0,14	06 ^d ± 00	21,5 ^b ± 0,2	18,5 ^c ± 0,05	8,5 ^d ± 0,02	7,5 ^{*d} ± 0,05	29,5 ^b ± 0,2	14,5 ^c ± 0,5	9,5 ^{*d} ± 0,09	06 ^d ± 00
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	15,5 ^a ± 1,23	06 ^c ± 00	06 ^c ± 00	06 ^c ± 00	10,12 ^b ± 00	06 ^c ± 00	06 ^c ± 00	06 ^c ± 00	7,5 ^c ± 00	06 ^c ± 00	06 ^c ± 00	06 ^c ± 00

*Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais (n=3) avec ± l'écartype.

*Dans la même ligne les valeurs portant la même lettre ne diffèrent pas significativement, les valeurs sont classées par ordre croissant a<b<c<d.

IV. Conclusion

Dans le but de rechercher de nouveaux agents naturels antibactériens aux intérêts thérapeutiques, les huiles essentielles de trois plantes médicinales de la flore Algérienne, *Inula viscosa* L., *Salvia officinalis* L. et *Laurus nobilis* L. ont fait l'objet d'une étude phytochimique. Différentes analyses sont appliquées à ces plantes : extraction des huiles essentielles, analyse de l'essence *I.viscosa* par la CPG, et détermination de leur pouvoir antibactérien *in vitro* sur des souches pathogènes et multirésistantes : il s'agit de *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Escherichia coli* (NAR), *Klebsiella pneumoniae* (E47) et *Listeria innocua* (CLIP 74915).

L'extraction des huiles essentielles par l'hydrodistillation a montré une rentabilité en huile essentielle chez *Salvia officinalis* L (1,12%), alors qu'il s'affaiblit en passant de *L .nobilis* (0,88%) à *I. viscosa* (0,22%). Les propriétés organoleptiques (Aspect, couleur, odeur) de ces essences ont été déterminées.

L'évaluation qualitative de l'effet antibactérien montre que la plupart des souches bactériennes utilisées sont résistantes aux antibiotiques utilisés et que les huiles essentielles sont actives sur ces souches testées. Des zones d'inhibition de diamètres variables sont observées à au moins une des quatre concentrations testées. Néanmoins, l'activité a été le plus souvent observée pour l'extrait brut. En comparant la susceptibilité des pathogènes étudiées, les bactéries Gram positives sont plus sensibles à l'action des huiles que les bactéries Gram négatives, ce qui concorde avec beaucoup d'études réalisées dans cette optique. L'huile d'*Inula viscosa* L. présente une meilleure activité antibactérienne que d'autres plantes. L'effet antibactérien est proportionnel à la concentration de l'huile essentielle.

V. Références bibliographiques

- [1] Iserin, P. (2001). Encyclopédie des plantes médicinales. Edition VUEF. 8-50.
- [2] Matyar, A., Kaya, A. and Dinçer, S.. Antibacterial agents and heavy metal resistance in Gram-negative bacteria isolated from seawater, shrimp and sediment in Iskenderun Bay, *Turkey Science of The Total Environment*,15: (2008)279-285.
- [3] Hamilton-Miller, J.M.T. and Shah, S. Activity of tea component epicatechin gallate and analogues against methicillin resistance *Staphylococcus aureus*. *Journal of antimicrobial chemotherapy*. 46 (2004) 847-863
- [4] Pages, J.M. Porines bactériennes et sensibilité aux antibiotiques. *Medicine Science* 20 (2003) 346-351.
- [5] Burt, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods –a review. *International Journal Food Microbiology* 94 (2004) 223-253.
- [6] Lahlou, M. Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research* 18 (2004) 435-448.
- [7] Dorman, H.J.D. and Deans, S.G. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology* 88 (2000) 308-316.
- [8] Holley, R. A. and Patel, D., Improvement in shelf-life and safety of perishable compounds from leaf essential oil and smoke antimicrobials. *Food Microbiol.* 22 (2005) 273- 292.
- [9] Gausson, H., Deuroy, J.F. and Ozenda, P. Précis de botanique II « les végétaux supérieurs ». Ed : Masson ,1982 ; pp 215-408.
- [10] Benjilali, B. Le matériel végétal et l'extraction. In : 'Huiles essentielles, de la plante à l'extraction .Manuel pratique. Edition Université de Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, 2005 ; pp 61-78.
- [11] Smith, R.L., Cohen, S.M., Doull, J., Feron, V.J., Goodman, J.I., Marnett, L.J., Portoghese, P.S., Waddell, W.J., Wagner, B.M., Hall, R.L., Higley, N.A., Lucas-Gavin, C. and Adams T.B. A procedure for the safety evaluation of natural flavor complexes used as ingredients in food: essential oils. *Food Chemistry. Toxicol* 43 (2005) 345–363.
- [12] Bakkali, F., Averbeck, K. and Idaomar, M. Biological effects of essential oils, *Food and Chemical Toxicology*. 46 (2008) 446-475.

- [13] Oussou, K.R., Kanko, C., Guessend, N., Yolou, S., Koukoua, G., Dosso, M., Guessan, Y. T., Figueredo, G. and Chalchat, J-C. Activités antibactériennes des huiles essentielles de trois plantes aromatiques de Côte-d'Ivoire. *C. R. Chimie* 7 (2004) 1081-1086.
- [14] Abderrahim, K., Belhamel, K., Chalchat, J.C., Figueredo, G., (2010). Chemical Composition of the Essential Oil from *Artemisia arborescens* L. Growing Wild in Algeria., *Records of Natural Products* 4 (1) 87-90.
- [15] Belhamel, K., Abderrahim, A., Ludwig, R. (2008), Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Schinus molle* L. grown in Algeria, *International Journal of Essential Oil Therapeutics* 2 (4), 175-177.
- [16] Maoz, M. and Neeman, I. Effect of *Inula viscosa* extract on chitin synthesis in dermatophytes and *Candida albicans*. *Journal of Ethnopharmacology* 71 (2000) 479-482.
- [17] Russel, A. D. Mechanisms of bacterial resistance to non-antibiotics: food additives and pharmaceutical preservatives. *Journal of Applied Bacteriology* 71 (1991) 191-201.
- [18] De Souza, E.L., Stamford, T.L.M., Lima, E.O., Trajano, V.N. and Filho, J.M.B. Antimicrobial effectiveness of spices: an approach for use in food conservation systems. *Braz. Arch. Biol. Technol* 48 (4) (2005) 1516-8913.
- [19] Nedorostova, L. Kloucek, P., Stolcova, L. and Pulkrabek, J. Antimicrobial properties of selected essential oils in vapour phase against foodborne bacteria, *Food Control*. 20 (2) (2009)157-160.
- [20] Nikaido, H. Molecular basis of bacterial outer membrane permeability revisited. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 67(4) (2003) 593-656.
- [21] Hogan, D. and Kolter, L. Why are bacteria refractory to antimicrobials? *Current Opinion in Microbiology*.5 (2003) 472-477.
- [22] Oussalah, M., Caillet, S. and Lacroix, M. Mechanism of action of Spanish oregano, Chinese cinnamon, and savory essential oils against cell membranes and walls of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes*. *J. Food Prot.* 69 (2006) 1046–1055.
- [23] Lambert, R.J.W., Skandamis, P.N., Coote, P.J. and Nychas G.J.E. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *J. Appl. Microbiol* 91 (2001) 453–462
- [24] Marino, M., Bersani, C. and Comi, G. Impedance measurements to study the antimicrobial activity of essential oils from Lamiaceae and Compositae. *Intrnational Journal of food microbiology* 67 (2001) 187-195.
- [25] Delaquis, P.J., Stanich, K., Girard, B. and Mazza, G. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *International Journal of Food Microbiology* 74 (2002) 101–109.
- [26] Quezel, P. and Santa, S., Nouvelle flore de L'Algérie et des régions désertiques méridionales. Editions du Centre National de la recherche scientifique, 1963 Tome II.
- [27] Belaiche, P. Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. Tome 1 l'aromatogramme. Ed Maloine. Paris, 1979 ; pp 9 -128.
- [28] Thi Dung, N., Min Kim, J. and Kang, S.C. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and the ethanol extract of *Cleistocalyx operculatus* (Roxb.) Merr and Perry buds *Food and Chemical Toxicology* 46 (12) (2008) 3632-3639.
- [29] Deline-Muller, M.L. Méthode de prédiction des aptitudes de croissance des populations de micro-organismes, Thèse n°118-15, 1992.
- [30] Oussou, K.R., Kanko, C., Guessend, N., Yolou, S., Koukoua, G., Dosso, M., Guessan, Y. T., Figueredo, G. and Chalchat, J-C. Activités antibactériennes des huiles essentielles de trois plantes aromatiques de Côte-d'Ivoire. *C. R. Chimie* 7 (2004) 1081-1086.

Please cite this Article as:

Khayar, N., Meridja, D., Belhamel, K., Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles d'*Inula viscosa*, *Salvia officinalis* et *Laurus nobilis* de la région de Bejaia, **Algerian J. Nat. Products**, 2:1(2014)18-26.

www.ajnp.webs.com
www.univ-bejaia.dz/ajnp

Copyright © 2013, Algerian Journal of Natural Products, All rights reserved