

Etude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis* : application aux moisissures des légumes secs

LAIB Imène

Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro Alimentaires, INATAA, Université de Constantine Mentouri, Algérie

Résumé

Cette étude a pour objectif l'évaluation de l'activité antioxydante et antifongique de l'huile essentielle de la lavande. L'extraction de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* a été réalisée par hydrodistillation. Le rendement en HE augmente en fonction du temps puis se stabilise. Ce rendement est de $1,36 \pm 0,2\%$. L'analyse de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* par CPG a permis d'identifier 49 composés terpéniques. Linalyl acétate (15.26 %), Linalool (10.68%), 1,8- cineole (10.25%), γ -terpinène (11.2%) et camphor (11.25%) ont été les principaux composants. L'étude du pouvoir antioxydant par la méthode de DPPH• a montré l'existence d'une activité antioxydante de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis*. La purification et l'étude microscopique des souches isolées ont donné la possibilité d'identifier 5 genres de moisissures à savoir : *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus* et *Alternaria*. L'étude de la contamination montre une dominance des genres *Penicillium* et *Aspergillus*. L'évaluation de l'activité antifongique a révélé l'inhibition de croissance des moisissures pour la plupart des souches testées. Les différents genres isolés des légumes secs n'ont pas une sensibilité similaire vis-à-vis de l'HE.

Mots clés : Huiles essentielles ; *Lavandula officinalis* ; Rendement ; CPG ; Activité antioxydante ; Activité antifongique ; Humidité ; Moisissures ; Hydrodistillation

Abstract

This study aims at evaluating the antioxidant activity and antifungal essential oil of lavender. The extraction of essential oil of *Lavandula officinalis* was performed by steam distillation. The yield of HE increases with time before stabilizing. This yield is about $1.36 \pm 0.2\%$. The analysis of the essential oil of *Lavandula officinalis* by CGC process has identified 49 compounds. Linalyl acetate (15.26%), Linalool (10.68%), 1,8 - cineole (10.25%), γ -terpinene (11.2%) and camphor (11.25%) were the main components. The study of antioxidant capacity by the DPPH • method showed the existence of an antioxidant activity of essential oil of dried *Lavandula officinalis* flowers. Purification and microscopic study of isolated strains permit to identify five types of molds including: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus* and *Alternaria*. The study of the contamination shows a dominance of *Aspergillus* and *Penicillium*. Assessing the antifungal activity revealed inhibition of mold growth for most strains tested.

Keywords : Essential oils; *Lavandula officinalis*; Yield; CPG, Antioxidant activity, antifungal activity, Humidity, Mold; Hydrodistillation.

1. introduction

En Algérie, les légumineuses occupent une place importante et constituent avec les céréales l'épine dorsale du système alimentaire. De nombreuses espèces de légumineuses sont utilisées comme sources protéiques dans l'alimentation humaine (fève, soja, haricot, pois chiche, lentille, etc.) [14].

Les grains des légumes secs s'altèrent rapidement s'ils sont stockés dans des conditions défavorables. Plusieurs phénomènes en sont la cause (insectes, microorganismes, oxydation, etc.) [29].

Parmi les microorganismes, les moisissures représentent le groupe le plus diversifié qui peut causer des pertes importantes en réduisant la qualité et/ou la quantité des légumes secs stockés [29].

En raison de son efficacité et de son application facile et pratique, l'utilisation des produits chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter

contre les moisissures nuisibles [18]. Cependant, l'emploi intensif et inconsidéré de ces produits a provoqué une contamination de la biosphère et de la chaîne alimentaire, une éradication des espèces non cibles telles que la faune auxiliaire et l'apparition des microorganismes résistants. Ces dangers ont conduit l'OMS à interdire l'usage de certains fongicides chimiques, d'autres vont être prohibés dans un futur proche [14].

La recherche de molécules nouvelles en prenant en compte d'autres critères que l'efficacité, est devenue indispensable. La lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles antioxydantes et antifongiques pouvant constituer une alternative aux produits chimiques. Parmi ces substances naturelles figurent les huiles essentielles extraites des plantes aromatiques [19].

L'Algérie, par sa situation géographique, offre une végétation riche et diverse. Un grand nombre de plantes aromatiques y pousse 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 des Lamiacées : la lavande (*Lavandula officinalis*), celle-ci est utilisée comme source mondiale d'épices et d'extraits à fort pouvoir antimicrobien et antioxydant [7].

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est de mettre en évidence l'activité antioxydante et antifongique de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* et d'étudier son action sur la croissance des moisissures de détérioration des légumes secs (haricots, pois chiches, fèves et petits pois).

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel végétal

Les fleurs de *Lavandula officinalis* ont été récoltées de l'Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-alimentaires (INATAA), Université de Constantine. La récolte était entreprise manuellement au mois de juin 2009 durant laquelle la plante était en pleine floraison.

2.2. Séchage et conservation

Les fleurs, fraîchement récoltées, sont séchées à l'ombre dans un endroit sec et aéré pendant environ 10 jours.

2.3. Extraction de l'huile essentielle par hydrodistillation

L'appareil utilisé pour l'hydrodistillation est de type Clevenger, il est constitué d'un chauffe ballon, un ballon

en verre pyrex où l'on place 10g des fleurs séchées et 100 ml d'eau distillée, un réfrigérant et un collecteur qui reçoit les extraits de la distillation. L'huile essentielle est conservée à 4°C dans un flacon hermétiquement fermé

2.4. Détermination de la cinétique et du rendement d'extraction

Pour étudier la cinétique d'extraction de l'huile essentielle des fleurs de *Lavandula officinalis* à l'état sec, nous avons récupéré des quantités de l'huile essentielle correspondantes à des intervalles de temps de 10 min qui s'étalent de 0 à 90 minutes. Les quantités des huiles essentielles obtenues permettent le calcul des rendements à chaque intervalle de temps par la formule suivante [1]:

$$\text{RHE (\%)} = M'/M \times 100$$

RHE : rendement en huile essentielle des fleurs sèches ;

M' : masse d'huile essentielle, en gramme, à partir des fleurs sèches ;

M : masse de la matière végétale sèche (10 g).

2.5. Détermination de la composition chimique de l'huile essentielle par chromatographie en phase gazeuse

L'appareil utilisé est de type VARIAN CHROMPACK-CP 3800. 0,2µl d'HE sont injectés à l'aide d'une micro-seringue. Le gaz vecteur est l'hélium He d'un débit de 0,3ml/min ; la colonne utilisée est une colonne capillaire de type CP-Chirasil-Dex CB fused silica WCOT (25m x 0,25mm x 0,25µm) ; la programmation de la température de la colonne est comme suit : la température initiale d'injection est de 70°C pendant 2,50 min, puis s'élève par palier de 15°C/min à 240°C pendant 20 min ; le détecteur utilisé pour cette analyse est de type FID, température 250° C.

2.6. Evaluation de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante a été évaluée par la mesure du pouvoir de piégeage du radical DPPH*. Le test de DPPH est réalisé selon la méthode décrite par Bruits et Bucar [9] ; où 50µl de chacune des solutions méthanoliques des HE testées à différentes concentrations (200µg/ml, 400 µg/ml, 600 µg/ml, 800 µg/ml et 1000µg/ml) sont mélangées avec 5ml d'une solution méthanolique de DPPH (0,004%). Après 30 min, l'absorbance est lue à 517nm. L'inhibition du radical libre DPPH par la vitamine E a été également analysée à la même concentration pour la comparaison.

Paramètres de calcul de l'activité antioxydante :

- *Pourcentage d'inhibition* : Pourcentage d'inhibition du DPPH (I%) est calculé de la manière suivante [24] : $I\% = (A_{\text{blanc}} - A_{\text{échantillon}}) \times 100 / A_{\text{blanc}}$

A blanc : Absorbance du blanc (DPPH dans le méthanol),

A échantillon : Absorbance du composé d'essai.

- *IC50* : Ce paramètre est défini comme la concentration d'antioxydant requise pour diminuer la concentration initiale de 50%, il est inversement lié à la capacité antioxydante [24].
- *TC50* : C'est le temps atteint avec une concentration d'antioxydant égale à *IC50* [24].
- *Efficacité anti radicalaire EA* : $EA = 1/IC50 \times TC50$ [24]

Tous les essais ont été effectués en trois répétitions.

2.7. Recherche et identification des moisissures des légumes secs

Les légumes secs utilisées pour cette étude sont :

- Les haricots (*Phaseolus vulgaris*),
- Les pois chiches (*Cicer arietinum*),
- Les fèves (*Vicia faba*)
- Les petits pois secs (*Pisum sativum*).

Ces légumes secs sont vendus au marché de Skikda, sans emballage adéquat dans des sacs de 25 kg et stockés à température ambiante. 2 kg de chaque type de légumineuse sont pris au hasard et mis dans un sachet propre puis amenés au laboratoire pour être analysés. Cinq graines ont été aléatoirement choisies, placées (une graine au centre et une dans chaque quart de cercle) dans des boîtes de Pétri contenant l'agar de dextrose de pomme de terre (PDA) et incubées à 28°C pendant 7 jours. Cinq répliques ont été faites par échantillon. L'identification de différentes espèces des mycètes a été faite selon **Botton et al.** [6].

2.8. Evaluation de l'activité antifongique de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis*

L'activité antifongique a été évaluée par la méthode de dilution en milieu solide pour déterminer les taux d'inhibition et en milieu liquide pour déterminer les CMI, CMF et CFS [3, 4, 21, 22].

Technique de dilution en milieu solide

0,5 ml de chacune des solutions méthanoliques des HE testées à différentes concentrations d'huile essentielle (250, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 et 4000 µg/ml) est ajouté à 20 ml d'un milieu Sabouraud tiède. Après homogénéisation, le mélange est versé dans des boîtes de pétri.

L'ensemencement est réalisé par piqûre. Les boîtes de Pétri (témoins et essais) sont incubées pendant 7 jours à 27° C. La croissance de filaments est relevée quotidiennement. Une mesure des diamètres de différentes colonies est réalisée à la fin pour calculer le taux d'inhibition (I%) [15].

$$I'(\%) = 100 \times (dC - dE) / dC$$

I' (%) = Taux d'inhibition exprimé en pourcentage

dC = Diamètre de colonies dans les boîtes « témoins positifs »

dE = Diamètre de colonies dans les boîtes contenant l'huile essentielle.

On peut évaluer l'efficacité de l'HE sur une ou plusieurs souche(s) donnée(s) en exprimant la proportion de celles ayant présentées un taux d'inhibition supérieur ou égal à 50%. Les essais ont été effectués en trois répétitions.

Technique de dilution en milieu liquide

Cette technique comporte deux étapes : la première permettant de déterminer les CMI et la seconde les CMF et CFS. La technique suivie se base sur celles des travaux d'Alcama [2] et de Rotimi *et al.*, [23].

- Détermination des CMI : Les diverses solutions (250, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 et 4000 µg/ml) ayant eu des pourcentages d'inhibition supérieurs à 50% sont effectuées. 100 µl d'huile essentielle avec différentes concentrations sont ajoutés dans 900 µl du milieu Sabouraud liquide contenant la souche à tester. Les tubes ainsi préparés sont incubés à 27° C pendant 7 jours. Après l'incubation, on repère les tubes dans lesquels on ne note aucune croissance de moisissures (la CMI : c'est la concentration minimale pour laquelle on ne note aucune croissance des moisissures).
- Détermination des CMF et CFS : Après avoir repéré les tubes dans lesquels aucune croissance de « spores » n'est constatée, on poursuit l'expérimentation dans de nouveaux tubes identifiés. Dans chaque tube, on introduit 950µl de milieu Sabouraud liquide stérile puis 50µl d'un essai déterminé ayant présenté une inhibition totale. On fait de même dans les tubes témoins. Après 7 jours d'incubation, on note les subcultures dans lesquelles il n'y a aucune reprise de croissance : on détermine ainsi les concentrations minimales fongicides (CMF) [2]. On note les concentrations des extraits des subcultures pour lesquelles il y a croissance comme étant les concentrations fongistatiques (CFS).

3. Résultats et discussion

3.1. Cinétique d'extraction de l'huile essentielle

D'après la formule du RHE (%), nous avons obtenu les résultats illustrés dans la figure 1.

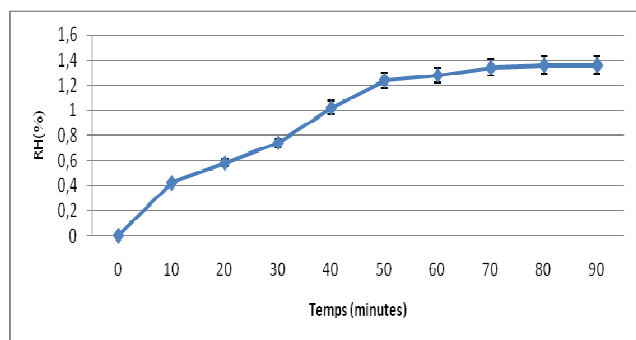


Figure 1. Cinétique d'extraction d'huile de la lavande

Le rendement de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis*, augmente rapidement en fonction du temps puis il se stabilise à partir de 80 min.

La quantité de l'huile extraite des fleurs de *Lavandula officinalis* est de $1,36 \pm 0,2\%$. Les résultats obtenus par Sidi Boulouar et Ziane [25] indiquent que les fleurs sèches de la lavande provenant de la région d'Ouchba et Zarifet présentent des teneurs en huile essentielle respectivement 0,94% et 0,70%.

Ces variations de teneurs peuvent être dues à plusieurs facteurs notamment le degré de maturité des fleurs de *Lavandula officinalis*, l'interaction avec l'environnement (type de climat, sol), le moment de la récolte et la méthode d'extraction [6].

3.2. Principaux composés de l'huile essentielle détectés par la chromatographie en phase gazeuse

L'analyse de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* par chromatographie en phase gazeuse a permis d'identifier 49 composés terpéniques par ordre d'élution (Tableau 1).

D'après ces résultats, 67, 29% des composants de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* sont des dérivés monoterpéniques oxygénés et 15,3% sont des hydrocarbures monoterpéniques. Il semble que les composants de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* sont des monoterpènes. Les composants majeurs de cette huile sont : Linalyl acétate (15,26 %), Linalool (10,68%), 1,8- cineole (10,25%), γ -terpinene (11,2%) et camphor (11,25%).

Ces résultats sont différents de ceux obtenus par Kulevanova *et al.*, [16] qui ont étudié la composition chimique des huiles essentielles des fleurs de *Lavandula officinalis* collectées de la montagne de KOZJAK (MACEDONIA). Ils ont trouvé 32 constituants avec une dominance de Linalool (25,7%), Linalyl acétate (23,2%) et lavandulyl acetate (12,4%) avec une dominance des composants monoterpéniques et la présence des hydrocarbures sesquiterpéniques et ses dérivés oxygénés.

Verma *et al.*, [30] ont analysé la composition des fleurs de *Lavandula officinalis* cultivées à Uttarakand (Inde), ils ont identifiés 37 composés monoterpéniques : les composés majeurs étaient : Linalyl acétate (47,56%), linalool (28,06%), lavandulyl acétate (4,34%) et α -terpineol (3,7%).

Tous ces travaux montrent que la composition chimique de l'huile essentielle de l'espèce *Lavandula officinalis* cultivée à Constantine et dans de nombreuses régions du monde, présente une prédominance des composés monoterpéniques dans la plupart des cas mais avec des teneurs différentes.

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 [27].

Tableau1. Principaux composés de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* détectés par CPG

Composé	Temps de rétention (min)	(m/m)%	Composé	Temps de rétention (min)	(m/m)%
Tricyclene	6.101	tr	Carvone	82.354	tr
3-octanol	13.201	1.7	Dihydro linalool acetate	83.622	tr
Camphène	15.711	0.37	Linalool	86.970	10.68
β Pinène	18.330	0.25	Lavandulyl acetate	87.950	0.08
Octen-3-ol	19.178	0.41	Linalyl acetate	88.390	15.26
Bornyle acetate	21.882	0.7	α - cis bergamotene	89.292	0.07
Myrcene	22.202	0.51	α Pinène	89.997	0.3
Camphor	22.365	11.25	δ - Cadinene	90.700	0.02
α -phellandrene	25.337	tr			
δ - 3-carene	26.490	0.32			
1,4-Cineole	28.210	0.35			
Limonene	29.990	tr			
3-octanone	30.112	0.65			

o-cymene	30.995	tr
p-cymene	40.114	0.49
(z)- β -ocimene	42.151	0.87
(E)- β -ocimene	43.571	0.75
Hexyl-iso butyrate	43.622	0.95
α -Campolenal l	47.911	tr
trans sabinene hydrate	48.700	0.1
Perillene	50.160	tr
γ -terpinene	52.339	11.20
1,8-cineole	53.064	10.25
trans-pinocarveol	54.129	0.24
Lavandulyl isobutyrate	55.624	0.35
Isoborneol	57.430	0.6
Carvacrol	58.008	0.9
Cis-chrysantheol	58.027	0.49
Borneol	59.855	tr
Lavandulol	60.235	0.7
Terpinen-4-ol	61.751	0.7
m- cymen-8-ol	63.015	0.6
p-cymen-8-ol	64.899	1.25
Neoisomenthol	70.367	0.15
α - Terpineol	73.205	0.5
Hexyl butyrate	74.496	0.3
Mytenol	76.469	0.75
Cis- carveol	78.409	tr
Dihydro carveol	78.917	tr
Isobornyl formate	81.382	tr
Hexyl-2-methyl butyrate	81.254	0.13

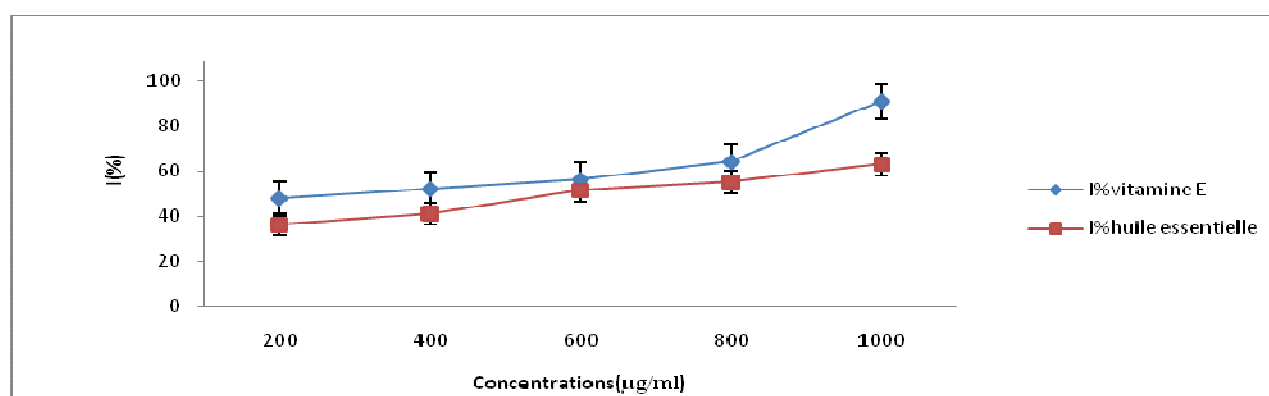


Figure 2. Pourcentage d'inhibition pour l'huile essentielle et la vitamine E

3.3. Activité antioxydante

Les résultats obtenus lors du test de mesure de pourcentage d'inhibition du radical DPPH sont représentés dans la Figure 2.

Il semble que le pourcentage d'inhibition du radical libre augmente avec l'augmentation de la concentration soit pour la vitamine E ou pour l'huile essentielle de la lavande.

On remarque que le pourcentage d'inhibition du radical libre pour l'huile essentielle est inférieur à celui de la vitamine E pour toutes les concentrations utilisées.

Les paramètres de calcul de l'activité antioxydante sont résumés dans le Tableau 2.

Tableau 2 . Les paramètres de calcul de l'activité antioxydante

	IC50 (µg/ml)	TEC50 (min)	EA
Vitamine E	384±0.76	8±0.66	0.32±0.06
Huile essentielle	584±0.58	17±1	0.1±0.66

Ces résultats montrent que l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* possède une activité antioxydante mais elle est moins efficace que celle de la vitamine E (Tableau 3).

Cette activité est tributaire de la mobilité de l'atome d'hydrogène du groupement hydroxyle des composés phénoliques de l'huile essentielle. En présence d'un radical libre DPPH·, l'atome H est transféré sur ce dernier alors transformé en une molécule stable DPPH, ceci provoque une diminution de la concentration du radical libre et également l'absorbance au cours du temps de réaction jusqu'à l'épuisement de la capacité d'antioxydant donneur d'hydrogène [31].

Cette Activité est peut être due au camphor qui est un composé majoritaire de l'huile essentielle étudiée (11,25%) et qui possède une forte activité antioxydante [27].

Ce n'est pas uniquement les composés majoritaires des HE qui sont responsables de cette activité antioxydante, mais il peut y avoir aussi d'autres composés minoritaires qui peuvent interagir d'une façon synergique ou antagoniste pour créer un système efficace vis-à-vis des radicaux libres [25]. La présence de carvacrol même à faible concentration dans l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* (0,9%) peut expliquer l'activité de piégeage du radical DPPH.

3.4. Analyse mycologique

Les genres des moisissures isolées des échantillons des légumes secs (haricots, pois chiches, petits pois, fèves) et les taux de contamination sont présentés dans la figure 3.

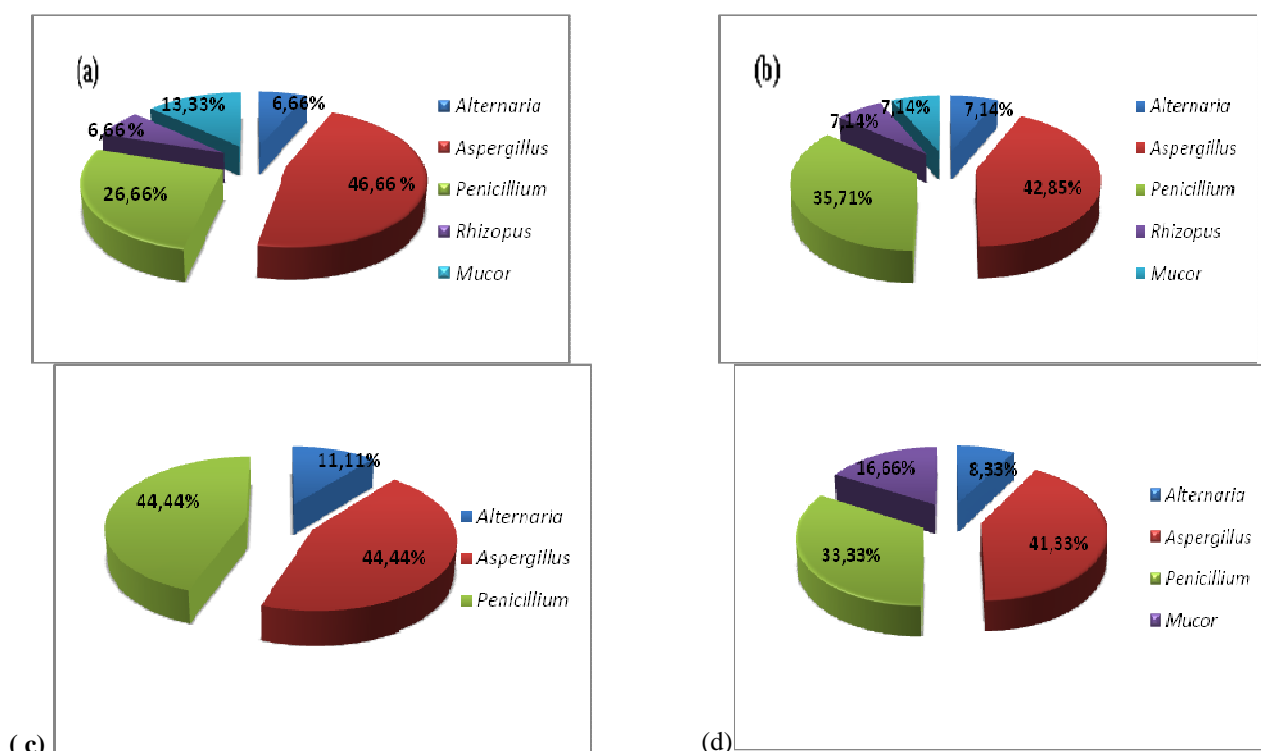


Figure 3 . Taux de contamination des légumes secs : (a) : Haricots ; (b) : Pois chiches ; (c) : Petits pois ; (d) : Fèves.

Les légumes secs sont des denrées alimentaires fréquemment contaminées par les moisissures. La contamination peut avoir lieu avant la récolte, au champ, au cours du séchage, ou au cours du stockage des grains. Si de très nombreuses études sont disponibles concernant la contamination mycotoxique des grains, les enquêtes sur la contamination fongique de ces matières premières sont

plus rares. De manière schématique, elles mettent en évidence une relation entre la flore fongique et les conditions climatiques pendant le développement et/ou le stockage des grains [28]. Les genres dominants dans tous les échantillons des légumes secs sont *Aspergillus* et *Penicillium*. Ces deux genres sont les hôtes habituels des grains qui se développent généralement au cours de

stockage défectueux sur des substrats dont l'humidité est assez basse (10 à 15%) [9].

En effet, les genres *Alternaria*, *Mucor* et *Rhizopus* sont des genres hygrophiles témoignant d'une conservation en conditions médiocres des grains [8]. Les légumes secs utilisés pour cette étude sont vendus au marché sans emballage adéquat exposés à un environnement chaud et humide.

3.5. Etude de l'activité antifongique

Inhibition de la croissance radiale des moisissures isolées des légumes secs : Les différents genres isolés des légumes secs n'ont pas une sensibilité similaire vis-à-vis de l'HE. Certaines ont paru sensibles à l'huile essentielle *Aspergillus*, *Penicillium* et *Rhizopus* isolées des haricots, *Alternaria*, *Penicillium* et *Rhizopus* isolées des pois chiches et *Aspergillus* et *Penicillium* isolées des petits pois et des fèves. (Figure 4). Cela est peut être du à l'empêchement de la germination des conidies par les composés volatils de l'huile de la lavande [20]. L'activité biologique 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) et les possibles effets synergiques entre les composants. Ainsi, la nature des structures chimiques qui la constituent, mais aussi leurs proportions jouent un rôle déterminant.

Il est cependant probable que les composés minoritaires agissent de manière synergique. [12, 17, 32].

Des composés chimiques qui ont une grande efficacité et à plus large spectre sont présents dans l'huile essentielle de *Lavandula officinalis*, ce qui explique l'activité de cette dernière. Ces composés sont des phénols (1,8 cinéole, carvacrol, octanol, ..), des alcools (α -terpineol, terpinen-4-ol, linalol), des aldéhydes et des cétones (Camphor, etc.) [11].

Cette activité n'est pas générale pour tous les types des moisissures isolés des légumes secs. Une absence d'activité ou une croissance remarquable par rapport aux témoins ont été enregistrés pour les genres *Alternaria* isolés des petits pois et *Alternaria* et *Mucor* isolés des fèves. Cela peut être du à la consommation des terpènes en tant que source de carbone, leurs dégradation ou transformation, ce qui peut expliquer l'inefficacité de l'huile essentielle vis à vis de certains microorganismes [13].

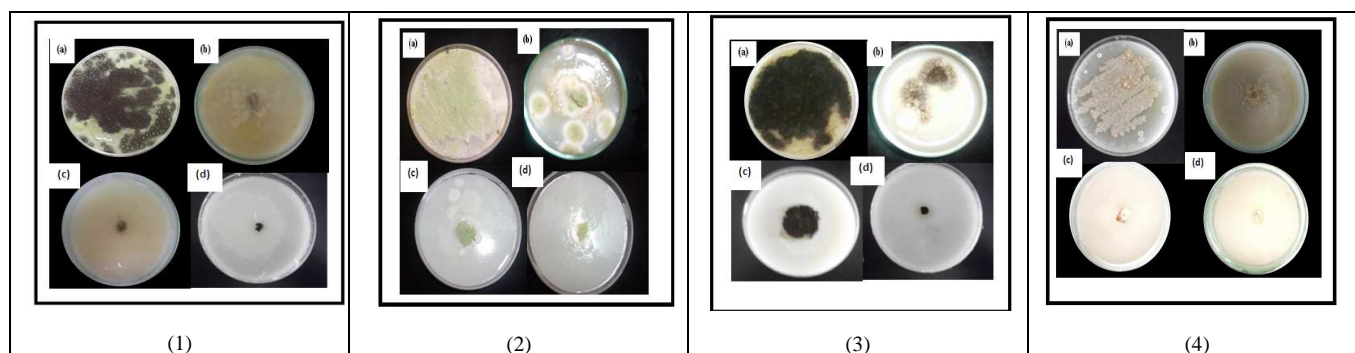


Figure 4 . Inhibition de la croissance radiale par l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* de *Penicillium* isolés :(1) : Haricots, (2) : pois chiches, (3) : petits pois, (4) : fèves,;(a) : Témoin, (b) :1000 µg/ml, (c) : 2000µg/ml, (d) : 4000µg/ml.

Tableau 3.

CMI de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* en milieu liquide

CMI (µg/ml)	Souches isolées des légumes secs									
	Haricots secs			Pois chiches			Petits pois		Fèves	
	<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>
	2000	2000	3000	2000	3000	>4000	2000	4000	1500	1000

Tableau 4.

Activités fongistatique (CFS) et fongicide (CMF) de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* sur les souches isolées.

	Souches isolées des légumes secs									
	Haricots			Pois chiches			Petits pois		Fèves	
	<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>
CFS (µg/ml)	2000	2000	3000	2000	3000	-	2000	4000	1500	1000
CMF (µg/ml)	-	-	-	-	-	-	3000	-	2000	3500

Activité fongicide et fongistatique de l'huile

Valeurs des CMI : La recherche s'est centralisée sur les genres qui ont été inhibés par la majeure partie des différentes concentrations de l'huile essentielle testée à plus de 50%. Les résultats sont représentés dans le Tableau 3.

Valeurs des CFS et CMF : Les activités fongistatiques (CFS) et fongicide (CMF) de l'huile essentielle de la lavande sont présentées dans le tableau 4.

Pour la plupart des genres isolés des différents légumes secs, l'huile essentielle a présenté un effet fongistatique. Par ailleurs, elle a révélé une activité fongicide et fongistatique à la fois chez les *Aspergillus* et les *Penicillium* isolés des fèves et *Aspergillus* isolés des petits pois. Cette différence de sensibilité à l'huile essentielle peut être due à certains facteurs, à savoir le type de microorganisme ciblé [18]. L'huile essentielle a présenté des effets différents sur les genres isolés même s'ils appartiennent aux mêmes genre par exemple une activité fongistatique de l'huile essentielle sur les *Aspergillus* isolés des petit pois et une activité à la fois fongistatique et fongicide sur les *Aspergillus* isolés des haricots secs ont été constatée.

Les phénols qui sont des composants de l'huile essentielle utilisée pour cette étude, présentent des propriétés fongistatiques très marquées [10]. D'après Dorman et Deans [11], quelques composés aromatiques possèdent des activités fongistatiques dont certains sont des composants de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* (le Limonène, β pinène et le comphor).

Certains composants de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* sont connus par leurs effets fongicides comme carvacrol et linalol [11], ce qui explique l'effet fongicide de cette huile vis-à-vis du genre *Aspergillus* isolé des petits pois et des genres *Aspergillus* et *Penicillium* isolés des fèves.

4. Conclusion

Les résultats obtenus au cours de ce travail montrent l'existence d'une activité antioxydante de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis*.

L'étude qui a été menée pour connaître l'efficacité de l'huile essentielle dans la lutte contre les moisissures des légumes secs et leurs préservation a abouti à des résultats relativement concluants. Les différents genres isolés n'ont pas une sensibilité similaire vis-à-vis de l'HE. La plupart ont paru sensibles, une absence d'activité ou une inhibition négative ont été enregistrées pour certains genres. Afin de mieux appréhender les activités de cette huile essentielle sur les légumes secs, il serait intéressant de :

- Déterminer les fractions les plus actives et éventuellement de caractériser les molécules responsables de ces activités ;
- Déterminer les espèces des souches isolées des légumes secs ;
- Envisager d'autres investigations telles que l'application de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* ou ses vapeurs directement sur les légumes secs durant le stockage.

Références

- [1] AFNOR. Recueil des Normes Françaises « huiles essentielles », AFNOR. Paris. (1986) 57p.
- [2] E.I Alcamo. Fundamentals of Microbiology. Ed: Addison-Wesly publishing company. London, (1984): 310-341
- [3] F. Baba-Moussa. Antifungal activities of seven West African Combretaceae used in traditional medicine. Journal of ethnopharmacology, 66 (1999) : 335-338.
- [4] K. Batawila. Diversité, écologie et propriétés antifongiques des Combretaceae du Togo. Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Reims, France (2002) 130p.
- [5] C. Besombes. Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydro-thermo-mécanique d'herbes aromatiques. Applications généralisées. Thèse de Doctorat. Université de La Rochelle, France, (2008) 120p.
- [6] B. Botton, A. Bertron, M. Fevere, S. Gauthier, D. Guph, J.P Larpent, P. Reymond, J.J Sanglier, Y. Vaysser & S. Veau. Moisissures utiles et nuisibles importance industrielle. Ed : Masson collection biotechnologies. (1990) : 5-10.
- [7] M. Burits, & F. Bucar. Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil. Phytotherapy Research, 14 (2000): 323-328.
- [8] C.M Bourgeois & L.P Larpent. Microbiologie Alimentaire, les fermentations alimentaires. Tome 2. Ed : Lavoisier. (1996) :17-19.
- [9] M. Castegnaro & A. Pfohl-Leszkowicz. Balkan endemic nephropathy and the associated urinary tract tumours: review on etiological causes, potential role of mycotoxins. Food Additive and Contaminants, 19 (3) (2002): 282-302.

- [10] J.P Chaumont & C. Leger. Composition chimique and activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Aeollanthus pubescens* Benth.acclimatée au Togo. Comptes Rendus Chimie. 7 (2001):1107-1111.
- [11] H. J. D. Dorman & S. G. Deans. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Essential Oil Research*, 88 (2000): 308-316.
- [12] S. G Griffin, D. N Leach, J. Markham and R. Johnstone. Antimicrobial activity of essential oils from *Zieria*. *Journal of Essential Oil Research*, 10 (1998): 165-174.
- [13] U. Heyen & J. Harder . Geranic acid formation, an initial reaction of Gram-bacteria. *Journal of Applied Microbiology*, 25 (1995): 259-270.
- [14] M.A. Khelil . Influence de la chaleur utilisée comme moyen de lutte contre le bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleopterae: Bruchidae) sur les différents états et stades de développement. Mémoire d'Ingénieur en Agronomie, INA El Harrach, (1977), 77p.
- [15] S. Kordali, A. Cakir, H. Zengin & M. E. Duru. Antifungal activities of the leaves of three *Pistacia* species grown in Turkey. *Fitoterapia*. 74 (2003): 164-167.
- [16] S. Kulevanova', G. Stetkov', M., Ristic. Examination of and essential oils of *Lavandula officinalis* grown on mountain KOZJAK (MACEDONIA). *Bulletin of the Chemists and Technologists of Macedonia*, 19 (2) (2000):165-169.
- [17] M. Lahlou. Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research*, 18 (2004): 435-448.
- [18] N. Magan, M. Olsen. *Mycotoxines in food: Detection and control*, Woodhead Publishing in Food Science and Technology, (2004):190-203.
- [19] P. Maihebiau. La nouvelle aromathérapie: biochimie aromatique et influence psychosensorielle des odeurs. Lausanne. (1994) 635p.
- [20] M. McEwan. The antifungal effects of plant essential oils and their production by transformed shoot culture. Thèse de Doctorat, Strathclyde Institute des Sciences Biomedical . University de Strathclyde, Glasgow, (1994).
- [21] B. Moulari. Propriétés antimicrobiennes in vitro d'extraits de deux plantes africaines – Rôle de l'Astilbine – potentialisation du pouvoir antibactérien par nanoencapsulation. Thèse de Doctorat Université Franche-Comté, France. (2005), 130p.
- [22] R.A Ngonon Ngane. Contribution à l'étude des propriétés antifongiques et analyse phytochimique de cinq plantes médicinales camerounaises. Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Reims, France, (1999), 212p.
- [23] V.O Rotimi., B.E. Laughon, J. S. Barlet & H. A. Mosadomi. Activities of Nigerian Chewing sticks extracts against *Bacterioides gingivalis* and *Bacterioides melaninogenicus*. Thèse de Doctorat (1988), 119 p.
- [24] F. hariffar, M.H. Moshafi, S.H Mansouri, M. Khodashenas & M. Khoshnoodi. In vitro evaluation of antibacterial and antioxidant activities of the essential oil and methanol extract of endemic *Zataria multiflora* Boiss. *Food Control*, 18 (2007) : 800–805.
- [25] K. Sidi Boulouar & A. Ziane. Etude phytochimique des huiles essentielles de *Lavandula stoechas* L. de la région de Tlemcen. Mémoire de DES en Biochimie. Université Abou Baker Belkaid, Tlemcen. (2003) 54 p.
- [26] R. Sing, P. Marimuthu., C.S De Heluani & A.N. Catalan Ceser. Antioxidant and biocidal Activities of *Carum nigrum* (seed) Essential oil, Oleoresin, and Their Selected Components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (2006): 174-181.
- [27] K.P. Svoboda & J.B. Hampson . Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants: antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory and other related pharmacological activities. Ed: Plant Biology Department, SAC Auchincruive, Ayr, Scotland, UK., KA6 5HW, (1999).
- [28] C. Tabuc. Flore Fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, (2007), 190p.
- [29] C. Terrain et H. Graallet. Séchage des grains en organism stockeur: guide pratique. Ed : ARVALIS, Institut du végétal et FFCA. (2003) :1-5.
- [30] R.S. Verma, U. Laiq, S. Rahman, S. Chandan, K. Chanotiya, K. A. Rajesh Chauhan, A. Yadav. & A. Singh .Essential oil composition of *Lavandula officinalis* cultivated in the mid hills of Uttarakhand, India. *Journal of Serbian. Chemical Society*, 75 (3) (2009): 343–348.
- [31] D. Villano , M.S. Fernandez-Pachon, M.L. Moya, A.M. Troncoso & M.C. Garcia-Parrilla. Radical scavenging ability of polyphenolic compounds towards DPPH free radical. *Talanta* .71 (2007): 230–235.
- [32] G. Wyllie , J. L. Markham & D. N. Leach, . The role of structure and molecular properties of terpenoids in determining their antimicrobial activity. *Talanta*, 1 (1999): 322-332.