

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département d'Agronomie



Mémoire de fin d'études

En vue d'obtention du Diplôme de Master en Sciences Biologiques
Spécialité : Productions végétales et agriculture durable

Thème

**Evaluation du pouvoir antifongique et
antibactérien de quelques extraits végétaux et
huiles essentielles.**

Présenté par : M^{elle} BRAHIMI FADHILA

Devant le jury :

Présidente	: M ^{me} HOUCHI AID A.	MCA	U.M.M.T.O
Promotrice	: M ^{elle} ABDELLAOUI K.	MAA	U.M.M.T.O
Co Promotrice	: M ^{me} DAHOUMANE-LARBAOUI A.	MAA	U.M.M.T.O
Examinatrices	: M ^{me} TALEB-TOUDERT K..	MCB	U.M.M.T.O
	M ^{me} BOUTEBTOUB W.	MCB	U.M.M.T.O

Année universitaire :2015-2016

Remerciements

Je tiens à exprimer mes plus profondes reconnaissances et gratitude et mon estime :

A Mlle Abdellaoui Karima, rapporteur de ce mémoire et enseignante a la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques, qui m'a offert le privilège de travailler parmi son équipe et de bien vouloir nous confier ce travail riche d'intérêt et nous guider à chaque étape de sa réalisation.

A la présidente de jury Mme Houchi qui nous a fait le grand honneur d'évaluer ce travail ainsi qu'à Mme Taleb Toudert et Mlle Boutebtoub d'avoir accepté de participer à l'examen.

A ma Co-promotrice, Mme Dahoumane, pour son soutien, sa disponibilité et ses précieux conseils, veuillez trouver ici l'expression de mon estime et admiration pour vos qualités professionnelles.

A tous le personnel du laboratoire de microbiologie au département d'agronomie, pour leur aimable accueil et gentillesse ainsi que pour les précieuses directives tout au long de la réalisation de ce travail.

A ceux qui m'ont beaucoup appris au cours de ce stage et même à ceux qui ont eu la gentillesse de faire de ce stage un moment très profitable

Dédicaces

Jedédiece modeste travail à :

Mes chers parents :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi

Mes frères Karim et Yacine ainsi que ma grande sœur Nassima, qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité

Mes chère amis, pour leurs soutien et leurs aide, leurs patience, et toute l'affection qu'ils m'ont donné, que dieu leurs réserve le meilleur.

Tous mes professeurs de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques à L'UMMTO, qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.

Liste des figures :

Figure 1. Diversité des structures de sécrétion des huiles essentielles.....	06
Figure 2. Racines de <i>Saussurea lappa</i>	19
Figure 3. <i>Myrtus communis</i>	19
Figure 4. <i>Artemisia arborescens</i>	19
Figure 5. <i>Lavandula officinalis</i>	19
Figure 6. Dispositif d'extraction par Soxhlet	21
Figure 7. Schéma de montage utilisé pour l'hydro distillation à l'échelle laboratoire (Labo LGR).....	22
Figure 8. Aspect morphologique du <i>Fusarium</i>	24
Figure 9. Aspect morphologique de <i>Candida albicans</i>	24
Figure 10. Aspect morphologique de <i>Bacillus cereus</i>	25
Figure 11. Aspect morphologique de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	25
Figure 12. Méthode de confrontation.....	27

Liste des planches :

Planche A. Activité antifongique des extraits végétaux de *Saussurea lappa* et de *Myrtus communis* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*

Planche B. Activité antifongique des extraits végétaux de *Saussurea lappa* et de *Myrtus communis* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*

Planche C. Activité antifongique des huiles essentielles de *Artemisia arborescens*, de *Lavandula angustifolia* et de *Saussurea lappa* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*....

Planche D. Activité antifongique des huiles essentielles de *Artemisia arborescens*, de *Lavandula angustifolia* et de *Saussurea lappa* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*

Planche E. Activité antibactérienne des extraits végétaux et des huiles essentielles vis-à-vis de *Bacillus cereus*

Planche F. Activité antibactérienne des extraits végétaux et des huiles essentielles vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa*

Planche G. Activité antibactérienne des extraits végétaux et des huiles essentielles vis-à-vis de *Candida albicans*

Liste des tableau :

Tableau 1. Résultats du test antifongique des extraits méthanoliques du costus indien (<i>Saussurea lappa</i>) et du myrte (<i>Myrtus communis</i>) vis-à-vis du <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>albedini</i>	29
Tableau 2. Résultats du test antifongique des extraits méthanoliques du costus indien (<i>Saussurea lappa</i>) et du myrte (<i>Myrtus communis</i>) vis-à-vis du <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycoperssici</i>	29
Tableau 3. Résultats du test antifongique des huiles essentielles vis-à-vis du <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>albedinis</i>	35
Tableau 4. Résultats du test antifongique des huiles essentielles vis-à-vis du <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i>	37
Tableau 5. Résultats du test antibactérien des extraits méthanoliques du costus indien (<i>Saussurea lappa</i>) et du myrte (<i>Myrtus communis</i>) vis-à-vis de <i>bacilus cereus</i>	36
Tableau 6. Résultats du test antibactérien des extraits méthanoliques du costus indien (<i>Saussurea lappa</i>) et du myrte (<i>Myrtus communis</i>) vis-à-vis de <i>pseudomonas aerogenosa</i>	41
Tableau 7. Résultats du test antibactérien des extraits méthanoliques du costus indien (<i>Saussurea lappa</i>) et du myrte (<i>Myrtus communis</i>) vis-à-vis de <i>candida albican</i>	42
Tableau 8. Résultats du test antifongique des huiles essentielles vis-à-vis de <i>bacilus cereus</i> ..	48
Tableau 9. Résultats du test antifongique des huiles essentielles vis-à-vis de <i>pseudomonas aerogenosa</i>	42
Tableau 10. Résultats du test antifongique des huiles essentielles vis-à-vis de <i>candida albicans</i>	43
Tableau 11. Résultats du test anticandidose des huiles essentielles vis-à-vis de <i>Candida albicans</i>	49

SOMMAIRE :

Introduction générale	01
I. Métabolites secondaires végétaux	03
I.1. Définition	03
I.2. Classification des métabolites secondaires	03
I.2.1. Composés phénoliques	03
I.2.2. Alcaloïdes	04
I.2.3. Terpénoides	05
I.2.4. Huiles essentielles	06
I.4. Méthodes d'extraction et d'analyses des composés du métabolisme secondaire	07
I.5. Domaines d'application et d'utilisation des métabolites secondaires végétaux	07

Matériel et méthode

I. But de l'expérimentation	18
II. Présentation de la zone de récolte	18
III. Extraction des extraits méthanoïques et des huiles essentielles	18
III.1. Espèces végétales étudiées	19
III.2. Matériels de Laboratoire	20
III.3. Méthode d'obtention des extraits végétaux	20
III.4. Méthode d'obtention des huiles essentielles	21
IV. Evaluation de l'activité antifongique et antibactérienne des extraits végétaux et des huiles essentielle	23

Résultats et discussion :

I. Evaluation de l'activité antifongique des extraits végétaux et des huiles essentielles	29
I.1. Evaluation de l'activité antifongique des extraits végétaux	29
I.2. Evaluation de l'activité antifongique des huiles essentielles	35
II .Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits végétaux et des huiles essentielles	41
II.1. Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits végétaux	41
II.2. Evaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles	42

III Evaluation de l'activité anticandidose des extraits végétaux et des huiles.....	48
III.1. Evaluation de l'activité anticandidose des extraits végétaux	48
III.2. Evaluation de l'activité anticandidose des huiles essentielles	48
Conclusion générale.....	51
Références bibliographique	
Annexes	

Les enjeux d'avenir de l'agriculture s'efforcent de répondre d'une part aux objectifs de production qualitative et quantitative et aux exigences du développement durable de l'autre part. L'agriculture dite durable se propose de concilier les objectifs socio-économiques et environnementaux tout en adoptant de nouveaux systèmes de production.

La protection des cultures contre les bio-agresseurs est une composante principale dans la gestion des cultures et doit suivre cette évolution. En effet, depuis une cinquantaine d'années, la lutte chimique quasi généralisée exerce une pression sur l'environnement et présente ses limites d'applications avec l'apparition de résistance des bio-agresseurs, de la pollution et des effets nocifs fortement soupçonnés sur la santé humaine. De plus, le Plan Ecophyto 2018 et la Révision de la Directive Européenne sur les substances phytopharmaceutiques incitent à limiter les usages de pesticides en raison de leur caractère avéré de toxicité et d'écotoxicité.

La production intégrée est une évolution des méthodes de protection des cultures et répond aux enjeux sociétaux et environnementaux. Elle respecte les principes de la lutte dirigée (notion de seuil de tolérance, utilisation des pesticides à moindre incidence écologique), de la protection intégrée (utilisation des moyens de lutte biologique, minimisation maximale des pesticides). Quel que soit le système, il est donc devenu nécessaire de réduire l'utilisation des pesticides en adoptant un ensemble de mesures alternatives (rotations, assolements, travail du sol sans labour, diversité des cultures...) pour limiter le recours aux molécules chimiques. Elle est donc favorable à une augmentation de la biodiversité. Ainsi, les substances naturelles issues des végétaux ont des intérêts multiples mis à profit en industrie agroalimentaire, en cosmétologie et en pharmacie. Parmi ces composés bioactifs on retrouve les métabolites secondaires. Ces substances font l'objet de nombreuses recherches basées sur les cultures *in situ* et *in vitro* de tissus végétaux. Ceci est notamment le cas des polyphénols végétaux qui sont largement utilisés en thérapeutique.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce présent travail et a pour objectif d'étudier l'activité antifongique et antibactérienne de deux extraits méthanoliques (*Saussurea lappa* et *Myrtus communis*) et de trois huiles essentielles (*Saussurea lappa*, *Artemisia arborescens* et *Lavandula angustifolia*).

Notre travail vient compléter les travaux de Ait Ramdane (2016), Boudjemaa et Boubeki (2016) et celui de Belhocine (en cours) sur l'évaluation du pouvoir insecticide des huiles essentielles d'*Artemisia arborescens* et de *Lavandula angustifolia* et le comparer à celui d'un insecticide de synthèse.

Pour la réalisation de ce travail nous allons suivre le plan suivant :

La première partie de ce travail sera consacrée à une revue bibliographique relative au métabolisme secondaire, sur le contrôle des maladies des plantes et l'utilisation des biopesticides en particulier les biopesticides végétaux basés sur l'utilisation des huiles essentielles et des extraits de plantes.

La deuxième partie sera consacrée au matériel et méthodes utilisés.

La troisième partie comprendra la présentation des résultats obtenus et leurs interprétations.

Enfin, notre travail s'achève par une conclusion générale ainsi que des perspectives.

I. Métabolites secondaires végétaux

I.1. Définition

Le terme «métabolite secondaire», qui a probablement été introduit par Albrecht Kossel en 1891, est utilisé pour décrire une vaste gamme de composés chimiques dans les plantes, qui sont responsables des fonctions périphériques indirectement essentielles à la vie des plantes. Telles que la communication intercellulaire, la défense et la régulation des cycles catalytiques (Guillaume, 2008).

Les métabolites secondaires sont présents dans toutes les plantes supérieures, et ayant une répartition limitée dans l'organisme de la plante dont plus de 200 000 structures ont été définies (Hartmann, 2007) et sont d'une grande variété structurale mais sont produits en faibles quantités. Ces molécules marquent de manière originale, une espèce, une famille ou un genre de plantes et permettent parfois d'établir une taxonomie chimique.

Ils peuvent être définis comme des molécules indirectement essentielles à la vie des plantes, par opposition aux métabolites primaires (protéines, lipides et glucides). Ces métabolites secondaires interviennent dans la structure des plantes (lignines et tannins) mais également, elles exercent une action déterminante sur l'adaptation des plantes à leur environnement (Mansour, 2009). Ils participent ainsi, d'une manière très efficace, dans la tolérance des végétaux à des stress variés : action anti-herbivore (menthe par exemple), inhibition des attaques pathogènes des bactéries et des champignons, prédation d'insectes, défense contre la sécheresse et la lumière UV.

Beaucoup de métabolites secondaires sont toxiques, ils sont alors stockés dans des vésicules spécifiques ou dans la vacuole (Sandrin, 2004).

I.2. Classification des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont caractéristiques des plantes supérieures. Ces métabolites secondaires sont repartis en trois grandes familles chimiques : les composés phénoliques, les terpénoïdes et les alcaloïdes (Mamadou, 2011).

I.2.1. Composés phénoliques

I.2.1.1. Définition : les composés phénoliques ou les polyphénols constituent une famille de molécules très largement répandues dans le règne végétal. Sont des produits du métabolisme secondaire des plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits. Ce qui signifie qu'ils n'exercent pas de fonctions directes au niveau des activités fondamentales de l'organisme végétal, comme la croissance, ou la reproduction (Fleuriet, 1982 ; Yusuf, 2006).

I.2.1.2. Structure chimique : la structure chimique des polyphénols est comparable à tous les polyphénols. Ils sont caractérisés par un ou plusieurs noyaux aromatiques hydroxylés. Les polyphénols sont classés en différents groupes en fonction du nombre de noyaux aromatiques qui les composent et des substitutions qui les relient (Manallah, 2012).

Les polyphénols constituent un groupe largement distribué des substances dans le royaume des végétaux, avec plus de 8000 structures phénoliques présents dans tous les organes de la plante, ils résultent bio génétiquement de deux voies synthétiques principales, la voie de shikimate et d'acétate (Hopkins, 2003) L'élément structural fondamental qui les caractérise est la présence d'un cycle aromatique (benzoïque) portant au moins un groupement hydroxyles libres ou engagés dans une autre fonction chimique (éther, méthylique, ester, sucre...) (Bruneton, 1993). La structure de ces composés varie, des molécules simples (acides phénoliques simples) aux molécules hautement polymérisées (tanins condensés) (Hopkins, 2003).

I.2.1.3. Classification des polyphénols : on distingue les acides phénoliques (phénols simples), les flavonoïdes, les lignanes, les stilbènes, les coumarines et les tannins (Harborne, 1980 ; Glombitza, 1985 ; Goodwin, 1988 ; Porter, 1989; Hopkins, 2003 ; Boros, 2010).

I.2.2. Alcaloïdes

I.2.2.1. Définition : les alcaloïdes forment une grande famille de molécules chimiquement hétérogène. Leurs caractéristiques communes sont la présence d'au moins un atome d'azote et leur forte activité biologique. L'atome d'azote accepte souvent un proton, ce qui leur confère un caractère légèrement basique en solution (d'où leur nom d'alcaloïde). Globalement on a recensé quelque 10.000 alcaloïdes dans à peu près 20 pour 100 des plantes à fleurs essentiellement des dicotylédones herbacées (Sou thon et Buckingham, 1989).

Généralement, les alcaloïdes sont produits dans les tissus en croissance : jeunes feuilles, jeunes racines. Puis, ils gagnent ensuite des lieux différents et, lors de ces transferts, ils peuvent subir des modifications. Ainsi, la nicotine, produite dans les racines, migre vers les feuilles où elle est diméthylée. Chez de nombreuses plantes, les alcaloïdes se localisent dans les pièces florales, les fruits ou les graines, ces substances sont trouvées concentrées dans les vacuoles (Krief, 2003). Ce sont des composés relativement stables qui sont stockés dans les plantes en tant que produits de différentes voies biosynthétiques (Mauro, 2006).

Le plus souvent, la synthèse de ces alcaloïdes s'effectue au niveau d'un site précis (racine en croissance, cellules spécialisées de laticifères, chloroplastes) ; ils sont ensuite transportés dans leur site de stockage (Rakotonanahary, 2012).

I.2.2.2. Structure des alcaloïdes : la plupart des alcaloïdes sont dérivés d'acides aminés tels que le tryptophane, l'ornithine, la lysine, l'aspartate, l'antranilate, la phénylalanine et la tyrosine. Ces acides aminés sont décarboxylés en amines et couplés à d'autres squelettes carbonés (Cyril, 2001).

I.2.3. Terpénoïdes

I.2.3.1. Définition : les terpènes sont des substances généralement lipophiles qui dérivent d'une unité simple à cinq atomes de carbone nommée isoprène. Leur grande diversité trouve son origine dans le nombre d'unités de base qui composent la chaîne, ainsi que dans les divers modes d'assemblage. La formation de structures cycliques, l'addition de fonction comprenant de l'oxygène et la conjugaison avec des sucres ou d'autres molécules peuvent rendre leurs structures complexes (Hopkins, 2003).

L'exploitation de ces composés s'effectuait sous forme d'huiles extraites de plantes (Huiles essentielles) par le moyen de la distillation (Malecky, 2005), ou également synthétisés par les organismes marins, les champignons et même les animaux (Benaïssa, 2011).

I.2.3.2. Structure des terpenoïdes : les terpènes sont des hydrocarbonés naturels, de structure soit cyclique soit à chaîne ouverte : leur formule brute est $(C_5H_8)_n$ dont le x est variable en fonction du degré d'insaturation de la molécule et n peut prendre des valeurs (1-8) sauf dans les poly terpènes qui peut atteindre plus de 100 (le caoutchouc). La molécule de base est l'isoprène de formule C_5H_8 .

Le terme terpenoïde désigne un ensemble de substances présentant le squelette des terpènes avec une ou plusieurs fonctions chimiques (alcool, aldéhyde, cétone, acide, lactone, etc.) (Malecky, 2005 ; Benaïssa, 2011).

I.2.3.3. Classification des terpenoïdes : selon le nombre d'unités isopréniques qui constituent les terpenoïdes, on distingue les monoterpènes en C_{10} , les sesquiterpènes en C_{15} , les diterpènes en C_{20} , les triterpènes en C_{30} , les tétraterpènes en C_{40} et les polyterpènes qui comportent plus de 500 carbones. Les mono terpènes et les sesquiterpènes volatiles sont les principaux composants des huiles essentielles (Lamarti et *al.*, 1994 ; Mebarki, 2010).

I.2.4. Huiles essentielles

I.2.4.1. Définition : selon la pharmacopée française (1965), les huiles essentielles (en d'autres nom, essences ou huiles volatiles) sont des produits de composition généralement assez complexe renferment les principes volatils contenu dans les végétaux. Les terpènes (principalement les mono terpènes) représentent la majeure partie (environ 90%) des huiles (Bruneton, 1993 ; Smallfield, 2001).

I.2.4.2. Localisation des huiles essentielles dans la plante : les huiles essentielles sont retrouvées chez les Spermaphytes qui inclus les *Myrtaceae*, *Lauraceae*, *Rutaceae*, *Lamiaceae*, *Asteraceae*, *Apiaceae*, *Cupressaceae*, *Poaceae*, *Zingiberaceae*, *Pipéraceae*, etc. (Rakotonanahary, 2012).

Elles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : fleurs, feuilles, des écorces, des bois, des racines, des rhizomes, des fruits et des graines (Figueredo, 2007).

La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées appelés trichomes (Figure 1).

Les huiles essentielles sont synthétisées dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent dans des cellules glandulaires recouvertes d'une cuticule.

La forme et le nombre des structures histologiques sécrétrices varient d'une famille botanique à une autre et même d'une espèce à une autre. Les trichomes glandulaires sont les formes les plus répandues, ils représentent à la fois le site de biosynthèse et de stockage des huiles essentielles (Figure 1) (Combrinck et *al.*, 2007).

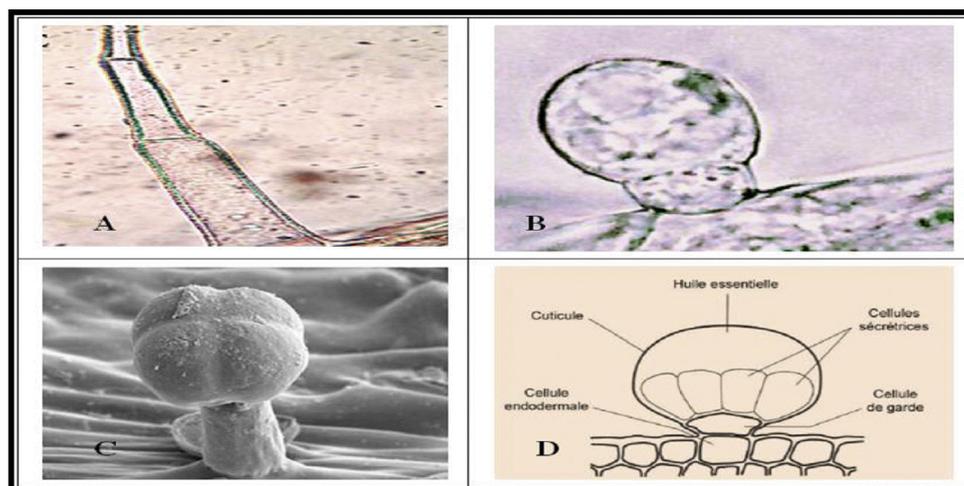


Figure 1. Diversité des structures de sécrétion des huiles essentielles.

(A) : poil sécréteur de *Mentha pulegium*, (B) : trichome glandulaire de *Mentha pulegium*, (C) : trichome glandulaire de *Lippia scaberrima* et (D) : structure de trichome glandulaire de *Thymus vulgaris* (Combrinck et *al.*, 2007 ; Karray-Bouraoui et *al.*, 2009).

I.2.4.3. Propriétés physico-chimiques : les huiles essentielles forment un groupe très homogène, qui a des propriétés communes représentées dans les points suivants :

- les huiles essentielles sont habituellement liquides à température ambiante et volatiles, ce qui les différencie des huiles dites fixes.
- elles sont plus ou moins colorées
- elles peuvent conférer leur odeur à l'eau.
- leur densité est en général inférieure à celle de l'eau.
- leur indice de réfraction et pouvoir rotatoire sont très élevés.
- elles sont entraînaibles par la vapeur d'eau, soluble dans l'alcool, l'éther et les huiles fixes, mais insolubles dans l'eau.
- elles sont altérables, sensibles à l'oxydation et ont tendance à se polymériser donnant lieu à la formation de produits résineux, il convient alors de les conserver à l'abri de la lumière et de l'air (Djeddi, 2012).

I.4. Méthodes d'extraction et d'analyses des composés du métabolisme secondaire

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des composés et des essences végétales, les plus utilisées sont l'hydrodistillation, la distillation par entraînement à la vapeur d'eau, l'hydrodiffusion, l'expression à froid, l'extraction par CO₂ supercritique, l'extraction par micro-ondes et l'extraction par soxhlet.

En général, le choix de la méthode d'extraction dépendra de la nature du matériel végétal à traiter (graines, feuilles, rameaux), le rendement et la fragilité de certains constituants aux températures élevées (Hellal, 2010).

Le contrôle des métabolites secondaires s'effectue par différents essais, comme la miscibilité à l'éthanol et certaines mesures physiques : indice de réfraction, pouvoir rotatoire et densité relative. La couleur et l'odeur sont aussi des paramètres importants.

La meilleure carte d'identité quantitative et qualitative des métabolites secondaires reste cependant le profil chromatographique en phase gazeuse (CPG) et la HPLC. Elles permettent de connaître la composition chimique (Brunton, 1999).

I.5. Domaines d'application et d'utilisation des métabolites secondaires végétaux

Les effets bénéfiques des métabolites secondaires intéressent particulièrement plusieurs domaines : la phytothérapie, la médecine, la pharmacologie, la cosmétologie, l'hygiène alimentaire et la protection des végétaux (Leong et Shui, 2002).

Les huiles essentielles ont des propriétés antitoxiques, antivenimeuses, antivirales et antiparasitaires. Dû à leurs vastes utilisations dans les domaines pharmaceutique, alimentaire, cosmétique. Néanmoins, une seule huile peut avoir plusieurs utilisations à la fois (Laib, 2011).

I.5.1. Domaine médical et pharmacologique

Les recherches récentes sur les métabolites secondaires des plantes sont très poussées, en raison de leurs divers propriétés physiologiques, comme les activités antiallergique, anti-atherogénique, anti-inflammatoire, hépato-protective, antimicrobienne, antivirale, antibactérienne, anticarcinogénique, anti-thrombotique, anti-allergène, analgique, antidiabétique, cardio-protective et vasodilatateur (Middleton *et al.* 2000 ; Ksouriet *al.* 2007 ; Babar et al, 2007 ; Falleh et *al.*, 2008) et antioxydants (Gomez et *al.*, 2006).

Dans le domaine pharmacologique, les composés du métabolisme secondaire sont utilisés dans plusieurs médicaments.

Certaines des huiles essentielles peuvent avoir un intérêt médicinal en particuliers dans le domaine des antiseptiques externe mais qui majoritairement sont surtout destinées à l'aromatisation des formes médicamenteuses destinées à la voie orale (Bruneton, 1999).

D'autres effets pharmacologiques sont attribués aux alcaloïdes telles que l'effet analgésique (cocaïne), anticholinergique (atropine), anti-malaria (quinine), anti-hypertensive (réserpine), antitussive (codéine), stimulant centrale (caféine), détressant cardiaque et diurétique narcotique (morphine), anti-tumeur et sympathomimétique (éphédrine) (Badiaga, 2011).

Dans l'industrie cosmétique, les métabolites secondaires trouvent leur application pratique en luttant contre la production des radicaux libres néfastes pour la santé et en cosmétologie (Hennebelleet *al.* 2004 ; Gomez et *al.*, 2006).

Il est admis que la capacité antioxydante de plusieurs fruits est due à la présence des flavonoïdes, en fait, la plus part des constituants poly phénoliques montre un pouvoir antioxydant élevé en comparant avec les autres antioxydants connus : vitamine C, vitamine E, et β -carotène (Vinson, 1995).

La consommation des composés phénoliques se traduit par une augmentation transitoire de la capacité antioxydante du plasma dans les heures qui suivent le repas. Parvenus au niveau des artères, ils préviennent l'oxydation des lipoprotéines de faible densité (Low Density Lipoproteins ou LDL) en limitant leur incrustation dans les parois des artères (Manallah, 2012).

On peut citer quelques exemples de remèdes à base de métabolites secondaires des plantes utilisés dans le domaine de la santé humaine :

- systèmes cardiovasculaires, ex : Flavoce est un médicament constitué par la flavone non substitué en combinaison avec la rutine et isoquercetine est utile dans le traitement de l'athérosclérose.
- drogues immunostimulantes, antispasmodiques et anti-inflammatoire extraits des plantes *Melaleuca alternifolia* et *Echinacea angustifolia*.
- les maladies du stress, ces métabolites ont une activité antioxydante, tels le thé noir, le thé vert et le cacao sont riches en composés phénoliques.
- Activité antimicrobienne, antivirale, antiparasitaire: depuis des périodes très anciennes ces substances naturelles ont joué un rôle important dans la découverte de nouveaux agents thérapeutiques tels : la quinine obtenue à partir du quinquina "*Cinchona*" a été avec succès employée pour traiter le malaria, et l'arbre de thé (*Melaleuca alternifolia*) est renommé aussi pour ses propriétés : anti-infectieuses et antifongiques (Mohammedi, 2006).

I.5.2. Domaine alimentaire

Le pouvoir antioxydant des métabolites secondaires en général et des huiles essentielles en particulier est développé comme substitut dans la conservation alimentaire : il a été montré que l'incorporation des huiles essentielles directement dans les aliments (viandes hachées, légumes hachés, purées de fruit, yaourts...) où l'application par vaporisation en surface de l'aliment (pièce de viande, charcuterie, poulet, fruits et légumes entiers...) contribuent à préserver l'aliment des phénomènes d'oxydation (Laib, 2011).

De même pour les polyphénols, cette activité antioxydante assure une meilleure conservation des denrées alimentaires en empêchant la peroxydation lipidique.

Les polyphénols sont associés à de nombreux processus physiologiques interviennent dans la qualité alimentaire, impliqués lorsque la plante est soumise à des blessures mécaniques (Bahorun, 1997).

Les plantes aromatiques, leur huiles essentielles et leur essences trouvent leur emploi dans multiples domaines, telles que le domaine alimentation, pour l'assaisonnement, coloration et la conservation des aliments ou des boissons (Bruneton, 1999).

En alimentation, les épices et les herbes aromatiques contenant des diverses métabolites sont utilisées dans l'alimentation sont pour une bonne part responsables des plaisirs de la table, considérées comme condiments et aromates, ont été et reste très liée à leurs propriétés

organoleptiques. Mais également ces métabolites trouvent leur utilisation comme suppléments diététiques (Mohammedi, 2006).

I.5.3. Domaine agricole

I.5.3.1. Coopération avec les animaux : les métabolites secondaires peuvent être des moyens de signalisation et d'interaction entre les plantes et les animaux disséminateurs ou pollinisateurs : certains métabolites secondaires interviennent dans les mécanismes d'attraction des animaux (huiles essentielles, flavonoïdes, monoterpènes parfumées, anthocyanes de couleur ou de caroténoïdes dans les fleurs), nécessaires à la dispersion des graines et des insectes pollinisateurs par l'intermédiaire de couleurs et d'odeurs.

Une des fonctions majeures des flavonoïdes est de contribuer à la couleur des plantes notamment à celle des fleurs. Or, c'est par la couleur de ses fleurs que la plante exerce un effet attracteur sur les insectes et les oiseaux pollinisateurs, assurant par ce biais une étape fondamentale de sa reproduction (Bruneton, 1993).

I.5.3.2. Contrôle de la croissance et le développement des plantes : les flavonoïdes montrent d'autres fonctions intéressantes dans le contrôle de la croissance et du développement des plantes en interagissant d'une manière complexe avec les diverses hormones végétales de croissance (Hopkins, 2003). Ils participent à la pigmentation des fleurs, des légumes et de quelques fruits (raisins, agrumes, etc...), certains d'entre eux sont responsables d'amertume et d'astringence (Hopkins, 2003).

Les alcaloïdes, ont des effets bénéfiques sur la plante synthétisante, parmi eux, ils régulent la croissance et le métabolisme interne végétal, ils désintoxiquent et transforment les substances nocives au végétal (Da Conceicao, 2010 ; Mauro, 2006).

I.5.3.3. Lutte contre la compétition avec d'autres plantes : les métabolites secondaires participent à des réponses allopathiques : compétition entre les plantes pour la germination et croissance au moyen de toxicité qui empêchent la croissance des autres plantes compétitrices.

I.5.3.4. Protection : il ya plus de 100 ans Ernst Stahl a montré expérimentalement que les métabolites secondaires servent de composés de défense contre les escargots et autres herbivores et pathogènes (Wink, 2003).

La capacité d'une espèce végétale à résister à l'attaque des insectes et des microorganismes est souvent corrélée avec la teneur en composés phénoliques (Bahorun, 1997).

On peut noter que les flavonoïdes, en repoussant certains insectes par leur goût désagréable, peuvent jouer un rôle dans la protection des plantes (Bruneton, 1993).

Certains polyphénols jouent également un rôle de phytoalexines, c'est-à-dire de métabolites que la plante synthétise en grande quantité pour lutter contre une infection causée par des champignons ou par des bactéries. D'autre part, les composés phénoliques possèdent souvent une activité antimicrobienne (Maillard, 1996).

Les actions biologiques des alcaloïdes les placent également au cœur de phénomènes d'interactions de défense face aux pressions biotiques (herbivores, microorganismes) et abiotiques (rayons ultraviolets) (Mauro, 2006).

Les huiles de l'arbre *Azadirachta indica* ont des utilisations dans l'agriculture, dans le contrôle de divers insectes et nématodes.

➤ **Activité antibactérienne** ; le mode d'action des huiles essentielles dépend en premier lieu du type et des caractéristiques des composants actifs, en particulier leur propriété hydrophobe qui leur permet de pénétrer dans la double couche phospholipidique de la membrane de la cellule bactérienne. Cela peut induire un changement de conformation de la membrane. Les bactéries à Gram positif sont plus sensibles à l'action des huiles essentielles, par rapport aux bactéries à Gram négatif (Khenaka, 2011).

Les huiles essentielles peuvent aussi inhiber la synthèse de ADN, ARN, des protéines et des polysaccharides des bactéries (Laib, 2011).

➤ **Activité antifongique** : dans le domaine phytosanitaire et agroalimentaire, les huiles essentielles ou leurs composés actifs pourraient également être employés comme agents de protection contre les champignons phytopathogènes et les microorganismes envahissant la denrée alimentaire.

L'activité fongistatique des composés aromatiques semble être liée à la présence de certaines fonctions chimiques, Cette activité est estimée selon la durée d'inhibition de la croissance. L'activité antifongique décroît selon le type de fonction chimique : Phénols > alcools > aldéhydes > cétones > éthers > hydrocarbures (Laib, 2011).

II. Contrôle des maladies des plantes

II.1. Catégories pour le contrôle des maladies des plantes

Il existe cinq catégories pour le contrôle des maladies phytopathogènes :

- **Écologique ou culturelle** : maintenir les conditions favorable pour la croissance ; éviter l'excès d'humidité ; éliminer des plantes malades et les débris végétaux ; éviter d'endommager les tissus végétaux ; pratiquer la rotation, désinfecter les semences et le matériel et pratiquer la solarisation du sol.
- **Agents chimiques** : désinfecter les outils pour tailler ou greffer ; fongicides, Antibiotiques (pour les maladies bactériennes).
- **Lutte biologique** : On peut volontairement introduire dans une parcelle infectée une bactérie ou un champignon inoffensif pour la plante mais qui présente des antagonismes forts avec une bactérie ou un champignon particulièrement pathogène.
- **Résistance** : choisir des variétés résistantes.
- **Règlementation phytosanitaire.**

II.2. Mesures de lutte contre les maladies post-récolte

Denrée stockée est soumis à une variété de pourriture et de la décomposition provoquées par des champignons ou des bactéries. Ces organismes peuvent causer des points faibles ou des lésions brun clair sur les fruits et légumes. La croissance fongique, dans une variété de couleurs, peut également apparaître à la surface des produits infectés. Avec le temps, tout le fruit ou légume peut devenir sec et momifié, ou, dans des conditions humides, une masse molle et humide. Les mesures de lutte contre les maladies post-récolte sont :

- ✓ récolte des plantes saines ; récolte précoce ;
- ✓ lavage des plantes récoltées ;
- ✓ utilisation des fongicides, bactéricides, le chlore, les cires, l'ozone, SO₂, l'irradiation ;
- ✓ réfrigération ; mise sur le marché rapidement ;
- ✓ évitez les blessures.

II.3. Lutte intégrée

La Lutte intégrée caractérise des pratiques agronomiques menant à des aliments de qualité en utilisant des moyens naturels et des mécanismes régulateurs proches de ceux qui existent dans la nature, pour remplacer les pesticides polluants et coûteux, et pour assurer une agriculture visant le développement durable.

III. Bio pesticides

Il n'existe aucune définition officielle, dans le domaine de l'agriculture, les biopesticides pourraient être définis de la manière suivante : «Organismes vivants ou produits issus de ces organismes ayant la particularité de limiter ou de supprimer les ennemis des cultures» (Thakore, 2006).

Les produits considérés comme des biopesticides par les agences de réglementation européennes et mondiales sont d'origines diverses. Ils peuvent être classés en trois grandes catégories, selon leur nature : les biopesticides microbiens, les biopesticides végétaux et les biopesticides animaux (Chandler et *al.*, 2011 ; Leng et *al.*, 2011).

III.1. Biopesticides microbiens

Cette catégorie comprend les bactéries, champignons, oomycètes, virus et protozoaires. L'efficacité d'un nombre important d'entre eux repose sur des substances actives dérivées des micro-organismes. Ce sont, en principe, ces substances actives qui agissent contre le bio-agresseur plutôt que le micro-organisme lui-même.

- **Les bactéries.** Les biopesticides à base de *Bacillus thuringiensis* sont les plus commercialisés. Ils ont une action insecticide. *Bacillus thuringiensis* est une bactérie à Gram+ qui produit, durant sa phase stationnaire de croissance, des protéines cristallines appelées delta-endotoxines ou pro-toxines Cry. Ces protéines sont libérées dans l'environnement après la lyse des parois bactériennes lors de la phase de sporulation et sont actives, une fois ingérées par les ravageurs, contre les lépidoptères, les diptères et les larves de coléoptères (Rosas-Garcia, 2009).
- **Les virus.** Les Baculoviridae sont des virus à double brins d'ADN circulaire, ayant un génome compris entre 100 et 180 kb, protégés par une paroi protéique (Chen et *al.*, 2002). Ils infectent les arthropodes insectes ou larves.

Les champignons. Outre les bactéries et les virus, certains champignons présentent des activités contre les bio-agresseurs et sont exploités en tant que biopesticides. *Coniothyrium minitans* est connu pour parasiter les champignons du genre *Sclerotinia* spp. (Deravel et *al.*, 2014).

III.2. Biopesticides animaux

Ces biopesticides sont des animaux comme les prédateurs ou les parasites, ou des molécules dérivées d'animaux, souvent d'invertébrés comme les venins d'araignées, de scorpions, des hormones d'insectes, des phéromones (Aquiloni et *al.*, 2010).

III.3. Biopesticides végétaux

Les plantes produisent des substances actives ayant des propriétés insecticides, aseptiques ou encore régulatrices de la croissance des plantes et des insectes. Le plus souvent, ces substances actives sont des métabolites secondaires qui, à l'origine, protègent les végétaux des herbivores (Deravel et al., 2014).

IV. Plantes sélectionnées

IV.1. Généralités sur le Costus indien (*Saussurea lappa*)

Le genre *Saussurea* appartient à la famille des Astéracées, comprend environ 300 espèces réparties à travers le Monde, dont environ 61 espèces existent en Inde.

Saussurea lappa est indigène à l'Inde, le Pakistan et la Chine, la région de l'Himalaya au il pousse dans 2 500-3 500 m d'altitude.

Saussurea lappa se trouve à des altitudes de 8000 à 13000 pieds. C'est une grande herbe vivace jusqu'à 2 m de hauteur. Les feuilles sont en forme de cœur, sont très grandes à la base des tiges et les feuilles supérieures ailés sont plus petits, parfois avec deux lobes. Les fleurs sont d'environ 2 centimètres de longueur, de couleur bleu-violet. La racine est généralement de la taille d'un doigt avec une partie ligneuse jaunâtre et une écorce sombre (Waly, 2009).

Le costus indien (*Saussurea lappa*) appartient à la division des *Tracheophyta*, classe des *Eudicotylédones*, ordre des Astérales, famille des *Asteraceae*.

Saussurea lappa est une plante médicinale intéressante, ceci est attribué aux multiples activités pharmacologiques.

La racine du costus est aromatique et est utilisée dans de nombreux domaines comme la médecine alternative et la fabrication de répulsifs à insectes.

Les racines contiennent des principes odorants composés de deux résines liquides, un alcaloïde, une résine solide, le sel de l'acide valérique, directrice d'un astringent et des cendres qui contiennent du manganèse.

Elle contient également divers composés comme les sesquiterpènes, les lactones, l'acide costique, les triterpènes, les phénols, les lignanes ainsi que de l'inuline (Nadkarni, 2010).

IV.2. Généralités sur le Myrte (*Myrtus communis*)

Le myrte (*Myrtus communis*) (famille des *Myrtaceae*) est un arbrisseau de 2 à 3 m de haut, répandu sur tout le littoral méditerranéen, bois et coteaux, c'est une espèce du milieu forrestier possédant des propriétés pharmacologique, médicinal et insecticide.

Les tiges sont recouvertes d'une écorce rousse, les feuilles sont persistantes, coriaces, ovales, les fleurs sont blanches odorantes, le fruit ovoïde, charnu, noir bleuâtre, à maturité. La plante possède des propriétés antitussives, expectorantes, antibiotiques dues aux myrtuscommulones, surtout *gallomyrtucommulone* B vis-à-vis des bactéries Gram positives (même effet que pénicilline et streptomycine), antifongiques, anti-oxydantes et antigénotoxiques, anti-mutagènes et anti-inflammatoires.

Les fruits sont de très bons anti-oxydants.

L'huile essentielle du myrte est expectorante, anticatarrhale, anti-infectieuse, antioxydante, antifongique, antispasmodique.

Le test de la distillation fractionnée montre que l'activité antimicrobienne est plus importante avec une fraction contenant particulièrement alpha-terpinéol, myrténol et 1,8-cinéole.

IV.3. Généralités sur *Artemisia arborescens*

Artemisia arborescens est une plante de la famille des Astéracées (anciennement appelée Composées), originaire des régions à climat tempéré d'Europe, d'Asie et d'Afrique du Nord, et plus particulièrement du bassin méditerranéen.

Le genre comprend environ 300 espèces, annuelles ou vivaces, *herbacées* ou arbustives. Ce qui fait la particularité de *Artemisia arborescens*, c'est notamment l'huile essentielle qu'elle contient. Elle a de nombreuses propriétés thérapeutiques. C'est un bon antiparasitaire, un cicatrisant et un ténifuge efficace... etc.

IV.4. Généralités sur la lavande officinale (*Lavandula angustifolia*)

La lavande est un arbrisseau buissonnant pouvant atteindre 1 m de hauteur. Les feuilles, linéaires et de couleur gris vert, ont une longueur variant entre 3 et 5 cm. Lors de la floraison, la plante développe de longs pédoncules non ramifiés terminés par des épis dont la couleur varie du mauve pâle au violet (Lis-Bachlin, 2002).

Selon Quezel et Santana (1963), *Lavandula angustifolia* appartient à la famille des *Lamiaceae*. Elle ne pousse que dans les terrains rocailleux, mais bien drainés, calcaires et ensoleillés. On en trouve dans toute l'Europe méditerranéenne, parfois même jusqu'à 1 800 m d'altitude. Excellente plante mellifère, la lavande est très prisée par les abeilles.

La lavande est une plante vivace aromatique originaire des montagnes du bassin méditerranéen, aujourd'hui cultivée à travers le monde, partout où elle peut trouver du soleil à profusion ainsi qu'un sol sec, de préférence rocailleux.

V. Souches fongiques et bactériennes utilisées

V.1. *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* agent de la fusariose vasculaire du palmier dattier

La fusariose vasculaire, ou bayoud, constitue un véritable fléau des zones phoénicoles d'une partie de l'Afrique du Nord et aussi une menace potentielle pour les autres pays producteurs de dattes (El-Modafar, 2010).

La maladie est causée par *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. Au cours d'un siècle, elle a détruit dix à douze millions de palmiers au Maroc et trois millions en Algérie (Sedra 2005). Cette maladie provoque un dépérissement rapide du palmier dattier, et affecte plus particulièrement, les meilleures variétés productrices de dattes (Fernandez et *al.*, 1995).

Les caractéristiques biologiques du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* et de son hôte le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.), rendent toute tentative de lutte très difficile.

V.2. *Fusarium oxysporum* f.sp. *Lycopersici* agent de la fusariose de la tomate

La fusariose de la tomate, causée par les agents pathogènes *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* et *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* est connue parmi les maladies les plus dévastatrices de cette culture à travers le monde (Haas et Défago, 2005).

Elle provoque un flétrissement rapide (parfois en une journée) des jeunes plantules.

Sur les plantes plus âgées, les premiers symptômes visibles sont le flétrissement des feuilles de base, puis des feuilles situées plus haut. Lorsque la plante possède plusieurs branches, le flétrissement se manifeste d'abord sur une seule branche, souvent sur le côté qui correspond aux racines atteintes. Un jaunissement peut parfois précéder le flétrissement. En coupe, la base de la tige montre des vaisseaux bruns à noirâtres (conséquences de l'activité des substances phénoliques) localisés sur un secteur du côté des racines atteintes ou bien répartis sur toute la section (Kraft et *al.*, 1994).

V.3. *Candida albicans*

Les levures du genre *Candida* sont la cause de pathologies graves et dont la fréquence reste constante malgré le développement de nouveaux moyens thérapeutiques, en particulier chez des patients immunodéprimés.

V.4. *Bacillus cereus*

Bacillus cereus est responsable d'intoxications alimentaires spontanément résolutive (24-48 heures) de deux types (syndrome diarrhéique et syndrome émétique) ainsi que

d'infections opportunistes; il est aussi associé à certaines infections cliniques comme l'endophtalmie et d'autres infections oculaires. La forme diarrhéique de l'intoxication à *Bacillus cereus* est caractérisée par la présence de crampes abdominales, d'une diarrhée aqueuse profuse et d'un ténésme rectal parfois associés à de la fièvre et à des vomissements.

La forme émétique de l'intoxication alimentaire à *B. cereus* est quant à elle caractérisée par la présence de nausées, de vomissements et d'une sensation de malaise parfois associés à une diarrhée. *B. cereus* peut aussi être responsable d'infections des plaies, de bactériémies, de septicémies, de méningites, de pneumonies, d'infections du système nerveux central, d'endocardites, de péricardites, d'infections respiratoires et d'infections périphériques. Chez les patients immunodéprimés, l'infection peut être mortelle.

V.4. *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa est un microorganisme qui provoque des infections aiguës ou chroniques, parfois graves et mortelles. Elle sévit particulièrement en milieu hospitalier et expose les patients présentant un faible système immunitaire. La résistance croissante de certaines souches de cette bactérie aux antibiotiques fait de ces infections un véritable problème de santé publique.

Pseudomonas aeruginosa est responsable d'infections multiples de l'organisme : urinaires, cutanées, pulmonaires, ophtalmologiques.

I. But de l'expérimentation

Notre expérimentation a pour objectif d'évaluer l'activité antifongique et antibactérienne de deux extraits méthanoliques et trois huiles essentielles extraites à partir de quelques plantes appartenant à des familles botaniques différentes.

A l'exception du costus indien (*Saussurea lappa*) qui provient de l'importation, les autres plantes (*Myrtus communis*, *Artemisia arborescens* et *Lavandula angustifolia*) ont été récoltées par Melle Abdellaoui dans la région d'Ibsekrienne dans la commune d'Aghribs, Daira d'Azeffoun, Wilaya de Tizi-Ouzou.

II. Présentation de la zone de récolte

La commune d'Aghribs se situe à 40 Km au nord-est du chef lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou, elle est comprise entre Latitude 36° 48' 08" N et la longitude 4° 19' 22" E, qui couvre une superficie de 65, 12 km², délimitée dans son ensemble par les communes de :

- Au nord par la commune d'Azeffoun ;
- A l'est par la commune d'Akerrou ;
- Au sud est par la commune d'Azazga ;
- Au Sud Ouest par la commune de Freha ;
- A l'ouest par la commune de Timizart ;
- Au Nord ouest, par la commune d'Iflissen.

Le climat de cette région relève du régime méditerranéen, sec et chaud en été, humide et assez froid en hiver.

III. Extraction des extraits méthanoïques et des huiles essentielles

III.1. Espèces végétales étudiées

Les figures 2, 3, 4 et 5 montrent les photos des espèces végétales utilisées.

Les extraits végétaux sont obtenus par extraction des substances naturelles à partir des racines de *Saussurea lappa* et de la partie aérienne de *Myrtus communis* en utilisant un appareil Soxhlet (figure 3).

Les huiles essentielles étudiées sont extraites par hydrodistillation de type Clevenger à partir de la partie aérienne de trois espèces végétales *Artemesia arborescens* et *Lavandula angustifolia* et des racines du costus indien (*Saussurea lappa*).

Les extractions des huiles essentielles ont été effectuées au laboratoire de Génie de la réaction de l'USTHB par hydrodistillation de type Clevenger.



Figure 2. Racines de *Saussurea lappa*



Figure 3. *Myrtus communis*



Figure 4. *Artemisia arborescens*



Figure 5. *Lavandula officinalis*

III.2. Matériels de Laboratoire

Le matériel utilisé est : balance, spatule, papier aluminium, entonnoir, ballon, Clevenger, chauffe ballons, statif, éprouvettes graduées, pince, flacons. Dispositif d'extraction Soxhlet, eau distillée, Méthanol.

III.3. Méthode d'obtention des extraits végétaux

Le matériel végétal est broyé dans un broyeur électrique. Il est ensuite extrait avec du méthanol.

L'extraction des substances naturelles à partir de chaque partie de la plante est effectuée en utilisant un appareil Soxhlet (figure 6).

50g de la matière végétale broyée est placée dans une cartouche en papier filtre. Celle-ci est introduite dans un extracteur d'un soxhlet de 250 ml surmonté d'un réfrigérant. Le tout est placé sur un ballon contenant 300 ml de méthanol est mis à chauffer.

Suite à l'ébullition, les vapeurs du solvant se condensent dans le réfrigérant et s'écoulent à travers la cartouche en prenant une couleur foncée atteignant ainsi le sommet du tube siphon, le retour du solvant dans le ballon se compte à d'un tour d'extraction.

Le cycle d'extraction recommence, et la couleur du solvant s'éclaircit progressivement jusqu'à ce qu'il devienne transparent. Le chauffage est arrêté et l'extrait méthanolique est récupéré.

Les extractions ont été répétées au moins une dizaine de fois.

Les extraits végétaux finaux sont obtenus après concentration et élimination du solvant par évaporation rotative.

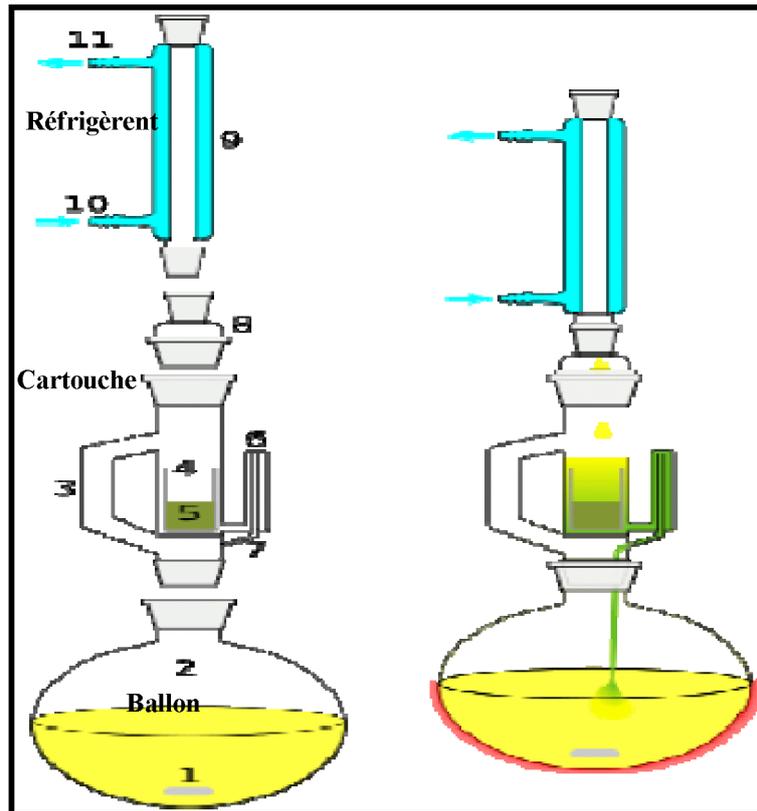


Figure 6. Dispositif d'extraction par Soxhlet.

III.4. Méthode d'obtention des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles a été réalisée par un dispositif d'hydrodistillation de type Clevenger (figure 7) au niveau du Laboratoire de Génie de la Réaction (LGR) de la Faculté de Génie Mécanique et Génie des procédés à l'USTHB par ma promotrice Melle Abdellaoui Karima.

La méthode d'extraction est décrite comme suit :

- introduire le matériel végétal dans un ballo puis rajouter de l'eau distillée.
- placer la conduite d'eau froide à l'entrée du réfrigérant
- porter l'ensemble à ébullition.
- suite à l'ébullition, les vapeurs chargée d'huile essentielle sont entraînées vers le réfrigérant ou elles se condensent et chutent dans une ampoule à décanter.
- deux phases non miscibles seront obtenues, une phase aqueuse et une phase organique : une huile essentielle.
- la séparation des deux phases est faite goutte par goutte afin d'éviter toute perte d'huile essentielle.

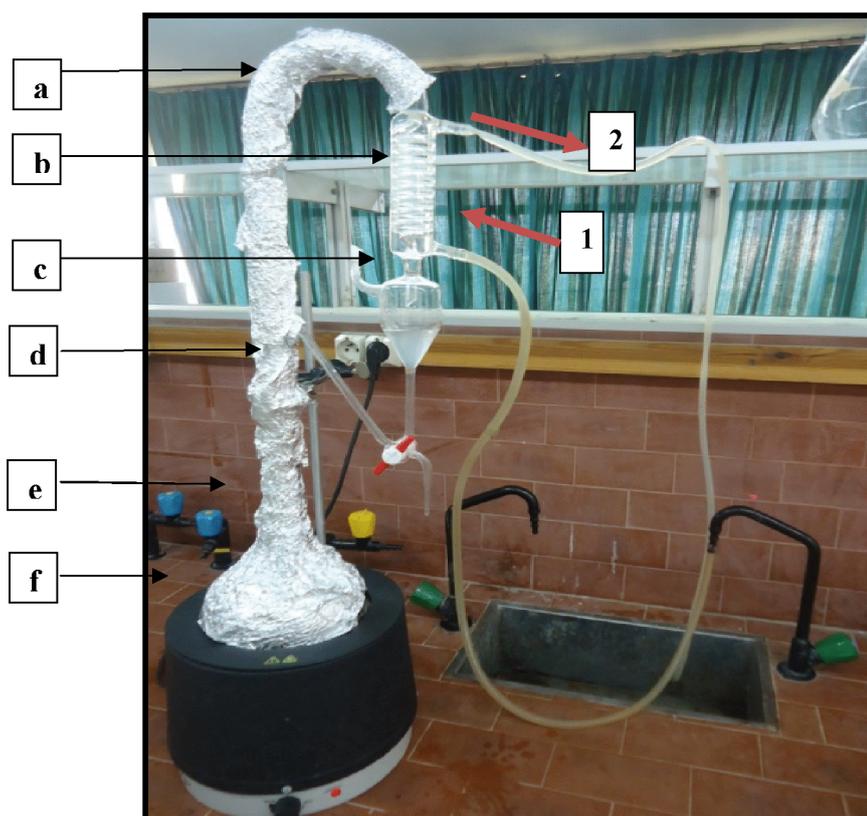


Figure 7. Schéma de montage utilisé pour l'hydrodistillation à l'échelle laboratoire (Labo LGR).

a. aluminium, b. Réfrigérant, c. Ampoule à décanter, d. Clevenger, e. Ballon (eau+matière végétale), f. Chauffe ballon, 1. Entrée de l'eau, 2. Sortie de l'eau.

IV. Evaluation de l'activité antifongique et antibactérienne des extraits végétaux et des huiles essentielles

IV.1. Matériels de Laboratoire

- Boîtes de pétri de 10cm de diamètre et de 2cm de hauteur.
- Pipette pasteur, micropipettes, bec benzène.
- Milieu PDA, Milieu Sabouraud Chloram Phénicol, Gélose Mueller Hinton (M.H.)
- Autoclave, Incubateur.

IV.2. Souches fongiques, levure et bactéries utilisées

Le choix des souches est basé sur plusieurs paramètres :

- souches phytopathogènes (exemple du *Fusarium*);
- les souches sont d'origine hospitalière (exemple de *Candida albicans*) ;
- elles sont responsables de Toxi-infections alimentaires ;
- les souches sont choisies pour leur résistance naturelle à divers agents antimicrobiens.

- **Souches fongiques**

Les souches fongiques phytopathogènes de *Fusarium oxysporum* fsp. lycopersici agent de la fusariose de la tomate et *Fusarium oxysporum* fsp. *albedinis* agent de la fusariose vasculaire du palmier dattier ont été aimablement fournies par Mme Amer Djamila, Enseignante, Maitre Assistante Classe A à l'Université Amar Telidji de Laghouat.

Ces deux champignons ont été choisis pour leurs pathogénicités et leurs capacités à contaminer des cultures stratégiques, intéressante sur le plan écosystémique, économique et social.

Le champignon de *Fusarium oxysporum* fsp. *albedinis* a été isolé à partir du rachis issu d'un sujet situé dans une palmeraie à Ghardaïa. Une wilaya qui est situé au centre de l'Algérie dans le Nord du sahara algérien, à 600 km au sud d'Alger. Elle est comprise entre la latitude 32° 29' 00" N et la longitude 3° 41' 00" E.



Figure 8. Aspect morphologique du *Fusarium*

- **Levure *Candida albicans***

Candida albicans nous a été fourni par Melle Dali, étudiante en Parasitologie, l'isolat provient de patientes atteintes de candidose génitale (Mycose génitale). L'isolement a été effectué à l'hôpital de Tizi Ouzou.

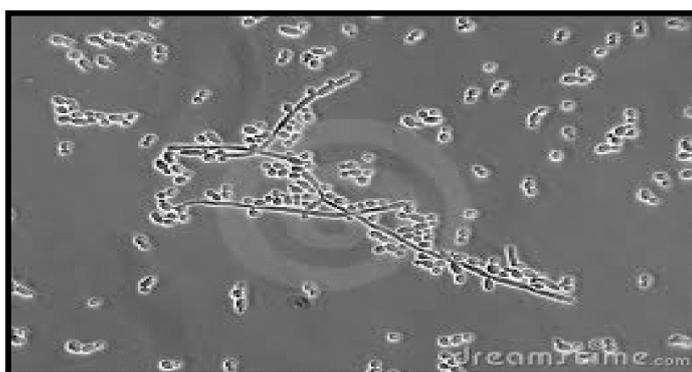


Figure 9. Aspect morphologique de *Candida albicans*

- **Souches bactériennes**

Les souches de *Bacillus cereus* et *Pseudomonas aeruginosa* proviennent du labo commun de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.

Bacillus cereus est une bactérie sporulée, Gram positive, aéro-anaérobie facultative et thermorésistante ; les températures de croissance de cette bactérie peuvent varier de 5 à 50 °C. Ces caractéristiques lui confèrent une résistance particulière à l'action de bactéricides, aux désinfectants, aux radiations, à la dessiccation et au cycle du froid.

Pseudomonas aeruginosa est responsable d'un grand nombre d'infections nosocomiales, capable de s'adapter à des environnements très divers. Il est capable d'infecter presque tous les sites anatomiques

Il montre également une remarquable capacité de résister aux antibiotiques.

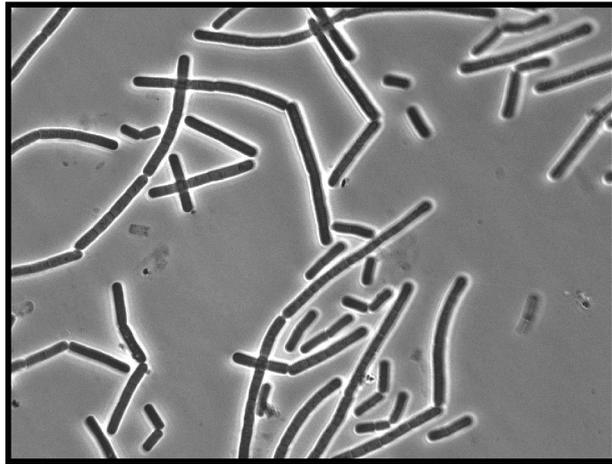


Figure 10. Aspect morphologique de *Bacillus cereus*

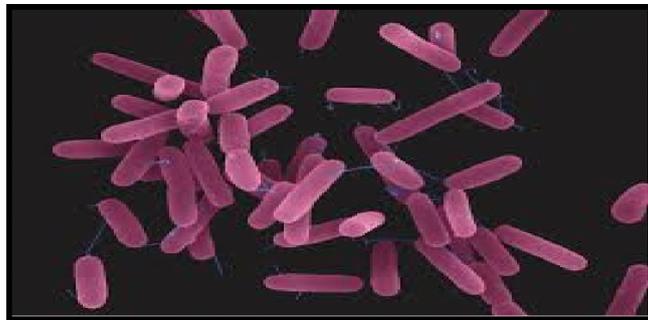
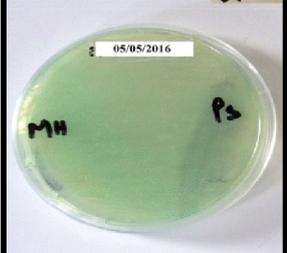


Figure 11. Aspect morphologique de *Pseudomonas aeruginosa*

Tableau 1. Souches utilisées et leur classification

Souches utilisées	Taxonomie	Photographies
<i>Fusarium oxysporum</i> fsp. <i>albedinis</i>	Règne : <i>Fungi</i> Division : <i>Ascomycota</i> Classe : <i>Sordariomycetes</i> Sous classe : <i>Hypocreomycetidae</i> Ordre : <i>Hypocreales</i> Famille : <i>Nectriaceae</i> Genre : <i>Fusarium</i> Espèce : <i>Fusarium oxysporum</i>	
<i>Fusarium oxysporum</i> fsp. <i>Lycopersici</i>	Règne: <i>Fungi</i> Division: <i>Ascomycota</i> Classe: <i>Ascomycètes</i> Sous-classe: <i>Sordariomycetes</i> Ordre: <i>Hypocreales</i> Famille: <i>Nectriaceae</i> Genre : <i>Fusarium</i> Espèce: <i>oxysporum</i>	
<i>Candida albicans</i>	Règne : <i>Fungi</i> Division : <i>Ascomycota</i> Classe : <i>Saccharomycetes</i> Ordre : <i>Saccharomycetales</i> Famille : <i>Saccharomycetaceae</i> Genre : <i>Candida</i>	
<i>Bacillus cereus</i>	Règne : <i>Bacteria</i> Division : <i>Firmicutes</i> Classe : <i>Bacilli</i> Ordre : <i>Bacillales</i> Famille : <i>Bacillaceae</i> Genre : <i>Bacillus</i>	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Règne : <i>Bacteria</i> Division : <i>Proteobacteria</i> Classe : <i>Gammaproteobacteria</i> Ordre : <i>Pseudomonadales</i> Famille : <i>Pseudomonadaceae</i> Genre : <i>Pseudomonas</i>	

IV.3. Méthode d'évaluation qualitative de l'activité antifongique et antibactérienne des extraits et des huiles essentielles

Notre travail consiste à étudier l'activité antifongique et antibactérienne des extraits et des huiles essentielles utilisant différentes souches fongiques bactériennes et levures sélectionnées.

Le pouvoir antifongique des extraits et des huiles essentielles vis à vis des souches sélectionnées est estimé selon la technique qualitative de contact direct en milieu solide. Elle consiste à mettre en contact l'extrait et le champignon ou la bactérie, puis à observer sa croissance.

Ce test est réalisé par dépôt de 50 μ l de chaque extrait dans des puits creusés (de 6mm de diamètre) dans un milieu nutritif PDA (*Potato Dextrose Agar*) (pour les champignons) et le milieu Mueller Huntent M.H. (pour les bactéries) ensemencé préalablement par la suspension fongique à raison de 10^6 UFC/ml.

Après incubation, la lecture des résultats se fait par mesure des diamètres des zones d'inhibition obtenues sur le milieu ensemencé.

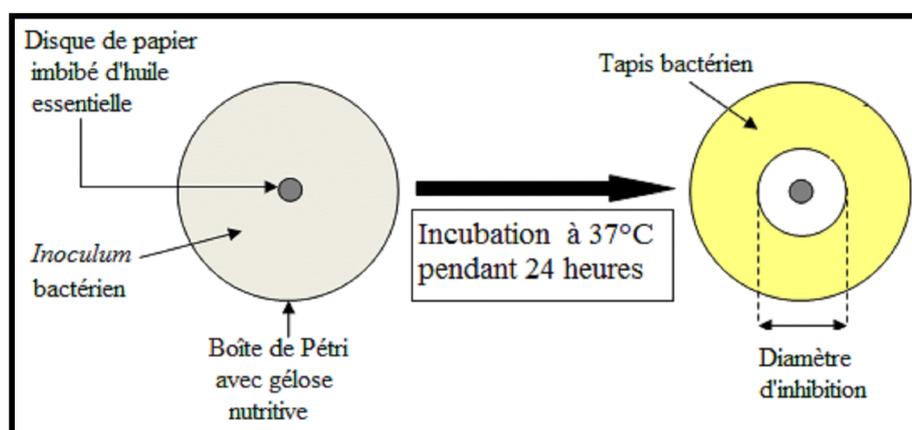


Figure 12. Méthode de confrontation

IV.4. Evaluation de l'effet fongicide (bactéricide) ou fongistatique (ou bactériostatique) des extraits méthanoliques et des huiles essentielles

L'effet fongicide (ou bactéricide) (capacité de tuer) ou fongistatique (ou bactériostatique) (capacité de limiter la prolifération du microorganisme) est déterminé par un ensemencement d'un échantillon prélevé au niveau des zones d'inhibitions sur un milieu neuf. La lecture se fait après incubation pour une période minimale de 72 heures.

IV.4. Evaluation de la concentration minimale inhibitrice des extraits méthanoliques et des huiles essentielles

La solution mère d'huile essentielle doit être à une concentration de 2 %. Elle a été préparée dans le milieu Mueller Hinton (MH) (pour les bactéries) et le milieu PDA (pour les levures) additionnées du Tween 80 et maintenue en surfusion.

Une série de dilutions est préparée à des concentrations croissantes.

- **Dépôt de la suspension bactérienne ou fongique** sous forme de spots de 6 mm à la surface de la gélose.
- **Incubation**
 - laisser les boîtes à une température ambiante, couvercle vers le haut, jusqu'à absorption de l'humidité (séchage des spots, pas plus de 30 min).
 - renverser les boîtes et incuber à 37 °C pendant 24 heures pour les bactéries et 25°C pendant 48 h pour les levures et les champignons.
- **Lecture de la CMI**
 - lire la CMI pour laquelle il n'y a pas de croissance des germes à l'œil nu.
 - noter la CMI (la plus faible concentration d'HE inhibant toute croissance bactérienne visible).

I. Evaluation de l'activité antifongique des extraits végétaux et des huiles essentielles

I.1. Evaluation de l'activité antifongique des extraits végétaux

Les résultats de l'évaluation de l'activité antifongique des deux extraits méthanoliques du costus indien (*Saussurea lappa*) et du myrte (*Myrtus communis*) vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* et de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* sont consignés au niveau des tableaux 2 et 3, planches A et B.

Tableau 2. Résultats du test antifongique des extraits méthanoliques du costus indien (*Saussurea lappa*) et du myrte (*Myrtus communis*) vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*

Extrait méthanolique	Zones d'inhibition observées (mm)		Fongicide /Fongistatique	CMI
	Moyenne Après 7 jours	Moyenne Après 12 jours		
Ext1. <i>Saussurea lappa</i>	18.50	20	Fongicide	1%
Ext2. <i>Myrtus communis</i>	21	31	Fongistatique	1%

Tableau 3. Résultats du test antifongique des extraits méthanoliques du costus indien (*Saussurea lappa*) et du myrte (*Myrtus communis*) vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*

Extrait méthanolique	Zones d'inhibition observées (mm)		Fongicide /Fongistatique	CMI
	Moyenne Après 7 jours	Moyenne Après 12 jours		
Ext1. <i>Saussurea lappa</i>	18.50	20	Fongicide	1%
Ext2. <i>Myrtus communis</i>	21	31	Fongistatique	1%

L'examen des résultats permet de relever l'effet antifongique exercé par les deux extraits végétaux. A cet effet, l'extrait du costus indien (*Saussurea lappa*) a montré une activité antifongique au même titre que l'extrait de *Myrtus communis* vis-à-

vis des deux champignons testés *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* et *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. L'action sur ce dernier est un nettement meilleur.

L'effet de l'extrait du costus indien (*Saussurea lappa*) est plus active, elle est fongicide sur les deux champignons. Cet effet est très recherché dans les tests antimicrobiens. De plus une CMI de 1% suffit pour induire cet effet.

L'effet de l'extrait de *Myrtus communis* est fongistatique sur les deux champignons. Une CMI de 1% est obtenue.

Cet effet antifongique est étroitement lié à la composition chimique : les racines du costus indien contiennent des principes odorants composés de deux résines liquides, un alcaloïde, une résine solide, le sel de l'acide valérique, directrice d'un astringent et des cendres qui contiennent du manganèse (Nadkarni, 2010 ; Zhang et al., 2009).

Elles contiennent également divers composés comme les sesquiterpènes, les lactones, l'acide costique, les triterpènes, les phénols, les lignanes ainsi que de l'inuline.

Les feuilles du Myrte contiennent des huiles essentielles et des polyphénols. Elles sont riches en acides phénoliques, en flavonoides, en tanins et des anthocyanes. De plus, elles contiennent des composés spécifiques tels que l'Alpha pinène, le Limonène, le cinéole et l'Acétate de myrtényle.

La majorité de ces composés ont été répertoriés comme étant des agents antimicrobiens.

Planche A. Activité antifongique des extraits végétaux de *Saussurea lappa* et de *Myrtus communis* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*.

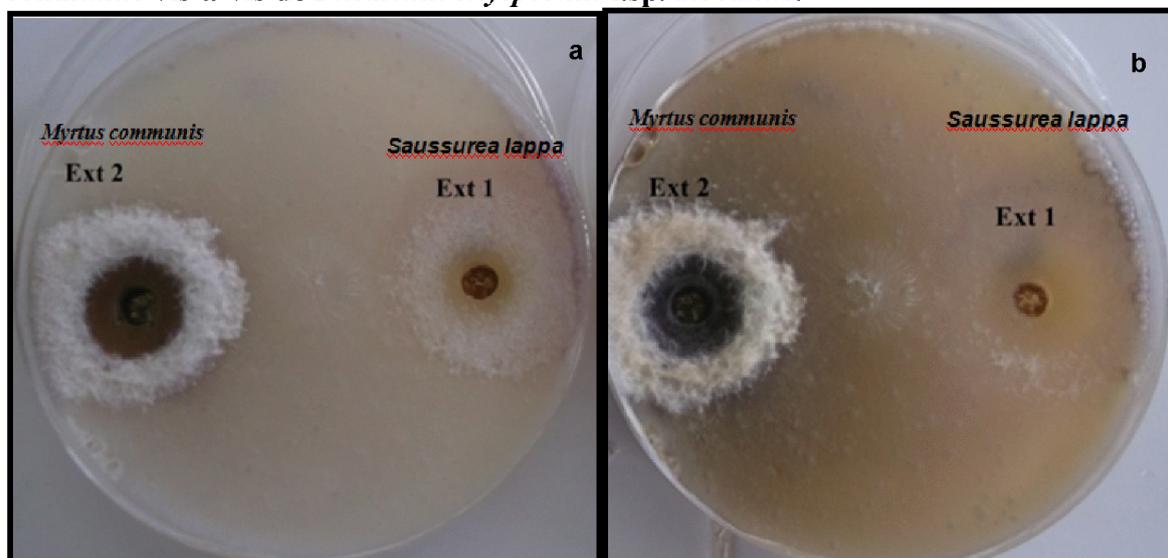


Figure A1. Zones d'inhibition observées après 7 jours d'incubation à 25°C (a) et après 12 jours d'incubation à 25°C (b).

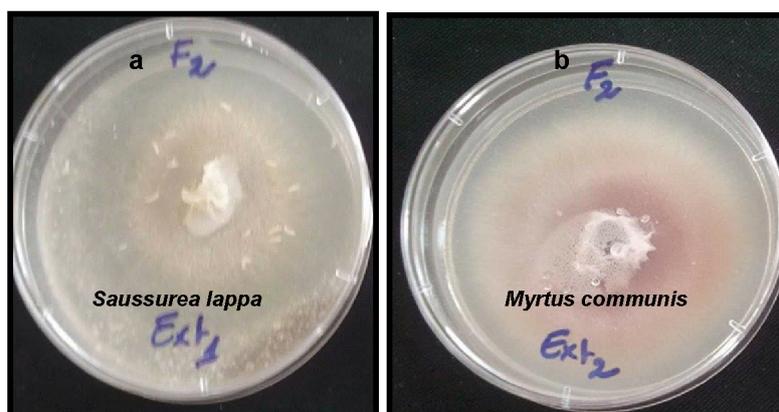


Figure A2. Test fongicide pour l'extrait de *Saussurea lappa* (a) et de *Myrtus communis* (b) vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*.

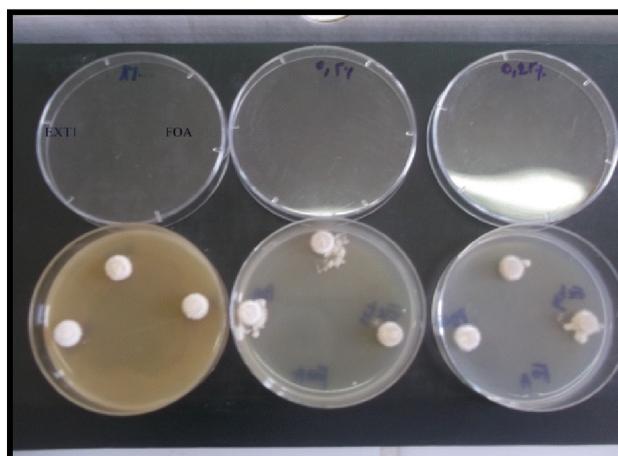


Figure A3. Concentration minimale inhibitrice de l'extrait de *Saussurea lappa* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*.



Figure A4. Concentration minimale inhibitrice de l'extrait de *Myrtus communis* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*.

Planche B. Activité antifongique des extraits végétaux de *Saussurea lappa* et de *Myrtus communis* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

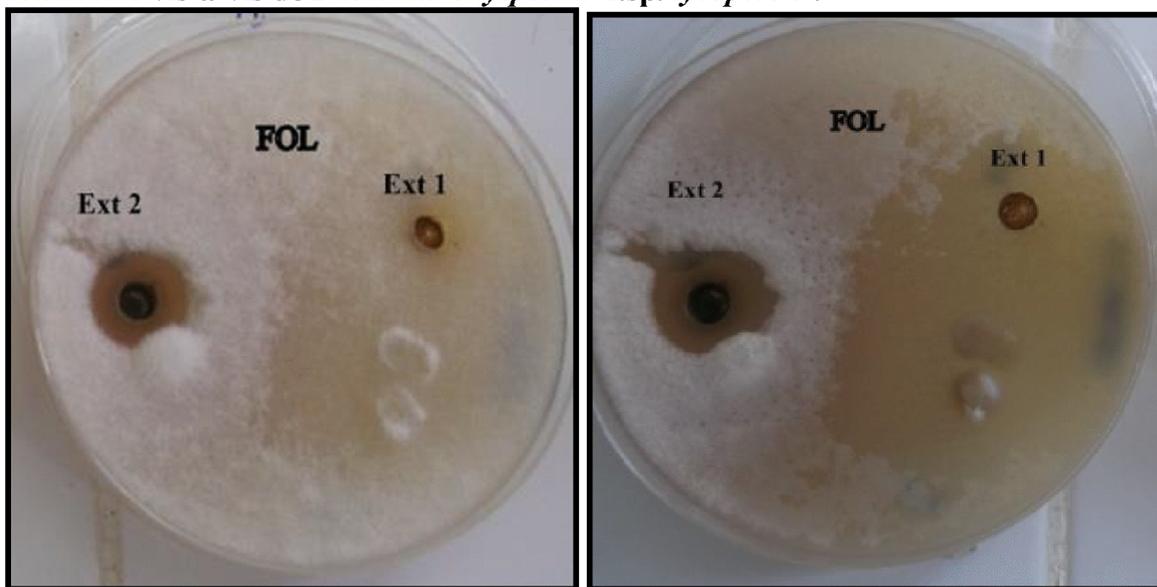


Figure B1. Zones d'inhibition observées après 7 jours d'incubation à 37°C (a) et après 12 jours d'incubation à 37°C.

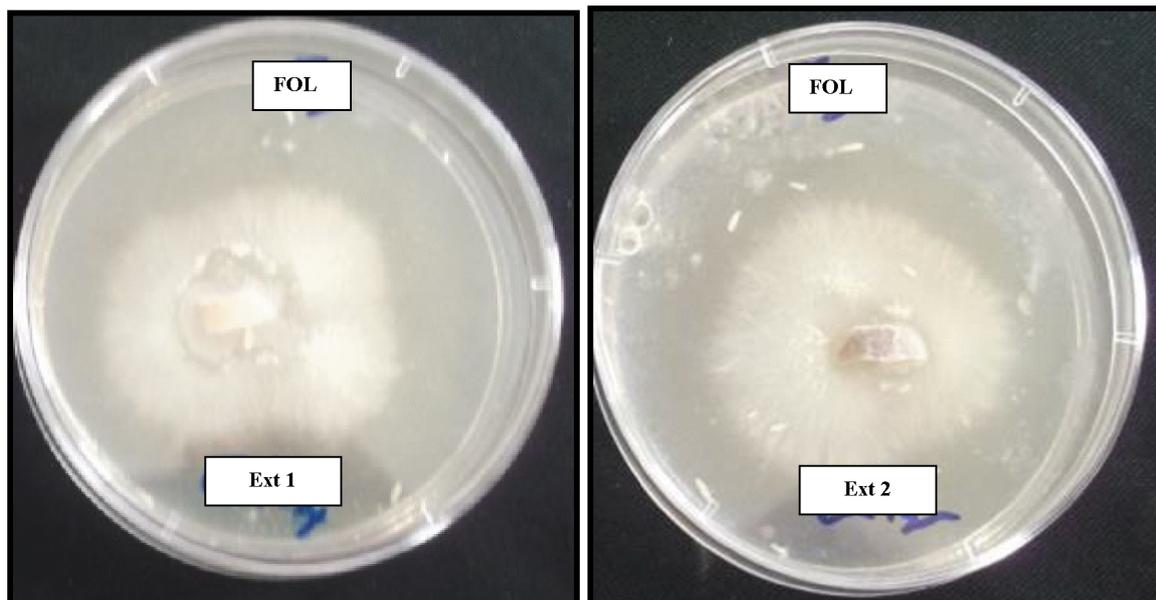


Figure B2. Test fongicide pour l'extrait de *Saussurea lappa* (a) et de *Myrtus communis* (b) vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

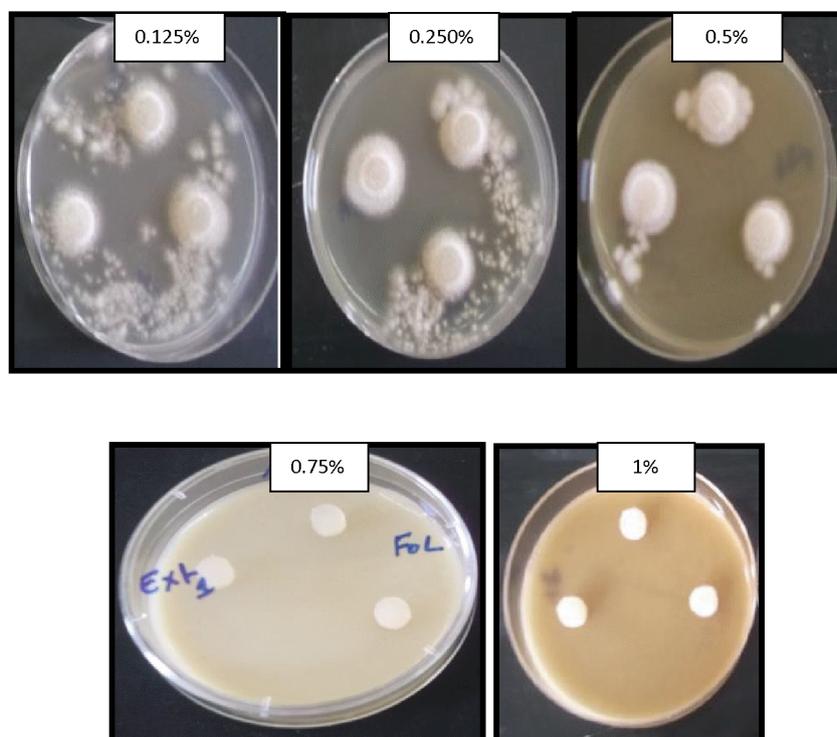


Figure B3. CMI de l'extrait de *Saussurea lappa* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

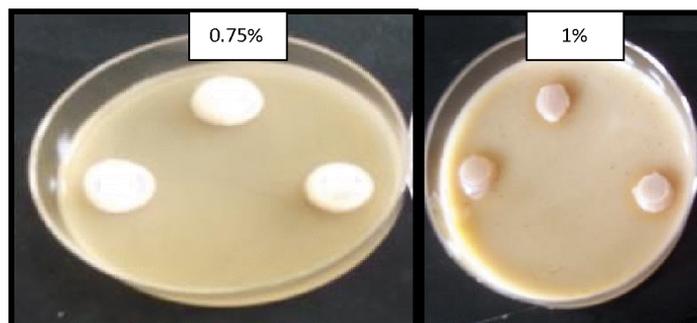


Figure B4. CMI de l'extrait de *Myrtus communis* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

I.2. Evaluation de l'activité antifongique des huiles essentielles

Les résultats de l'évaluation de l'activité antifongique des trois huiles essentielles vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* et de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* sont consignés au niveau des tableaux 4 et 5, planches C et D.

L'examen des résultats permet de relever l'effet antifongique exercé par les trois huiles essentielles. L'huile essentielle d'*Artemisia arborescens* a montré une activité antifongique de type fongicide sur les deux souches fongiques avec une CMI de 2%.

L'effet des huiles essentielles du costus indien (*Saussurea lappa*) et de la lavande est de type fongistatique.

Cet effet antifongique est due certainement aux composés majoritaires de ces huiles essentielles.

Tableau 4. Résultats du test antifongique des huiles essentielles vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*

Huiles essentielles	Zones d'inhibition observées (mm)		Fongicide /Fongistatique	CMI
	Moyenne	Après 12 jours		
H1. <i>Artemisia arborescens</i>	15		Fongicide	2
H2. <i>Lavandula angustifolia</i>		8	Fongistatique	/
H3 <i>Saussurea lappa</i>		9.5	Fongistatique	/

Tableau 5. Résultats du test antifongique des huiles essentielles vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*

Huiles essentielles	Zones d'inhibition observées (mm)	Fongicide /Fongistatique	CMI
	Moyenne Après 12 jours		
H1 <i>Artemisia arborescens</i>	15	Fongicide	2
H2 <i>Lavandula angustifolia</i>	8	Fongistatique	/
H3 <i>Saussurea lappa</i>	9.5	Fongistatique	/

Les principaux constituants de l'huile essentielle du costus indien sont : le Bicyclo [2.0.4]-oct-2-ene (29.71%), le β -Costol (7.53%) et le Dehydro costus lactone (32.42%) (Abdellaoui, communication personnelle).

Les principaux constituants de l'huile essentielle d'*Artemisia arborescens* sont les Monoterpènes oxygénés, le Camphre, les Sesquiterpenes hydrocarbonés et le Chamazulène (Younes, 2014).

Les constituants majoritaires de *Lavandula angustifolia*, est l'acétate de linalyle et l'inalol et les autres constituants monoterpéniques ne représentent que 5 % : Pinène, Camphène, Limonène, Géranyle , Géranol, Lavandulol 1,8-Cinéole, B Carpyllene,...etc (Jollois, 2001).

Planche C. Activité antifongique des huiles essentielles de *Artemisia arborescens*, de *Lavandula angustifolia* et de *Saussurea lappa* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*.

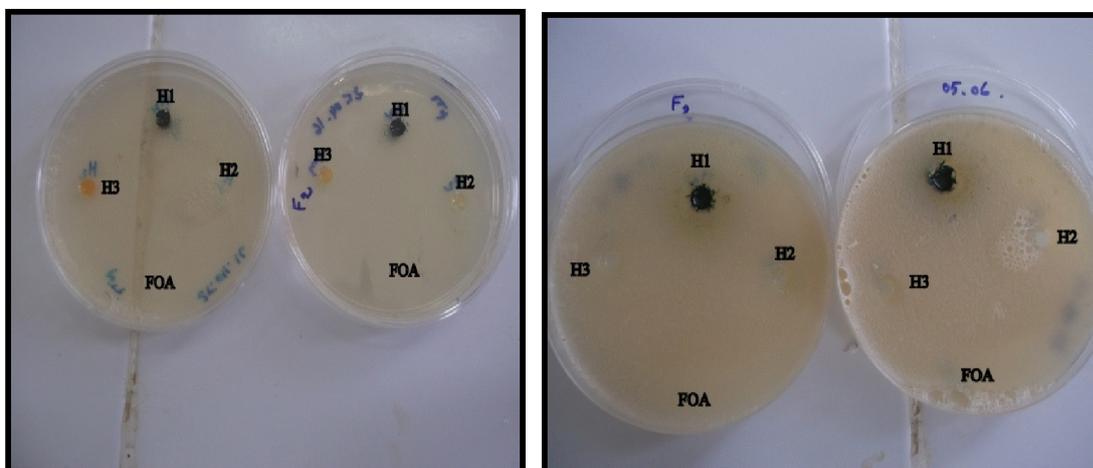


Figure C1. Zones d'inhibition observées après 12 jours d'incubation à 37°C.

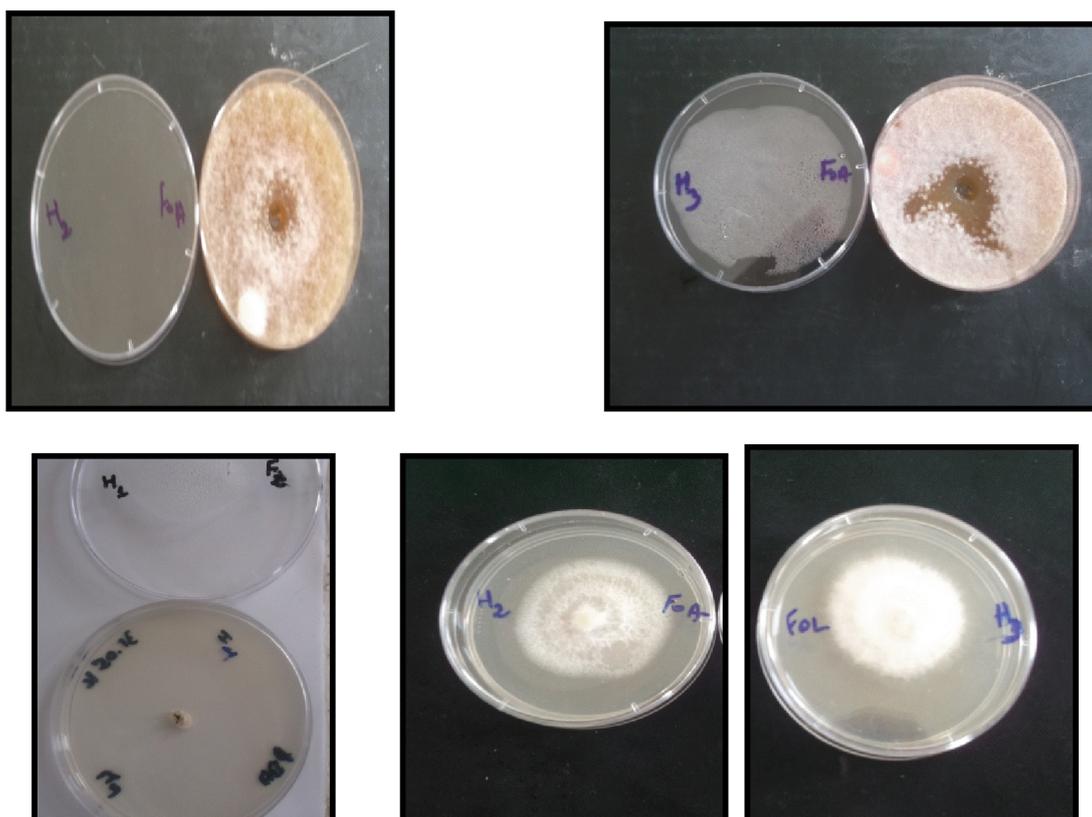


Figure C2. Test fongicide pour les huiles essentielles vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*.

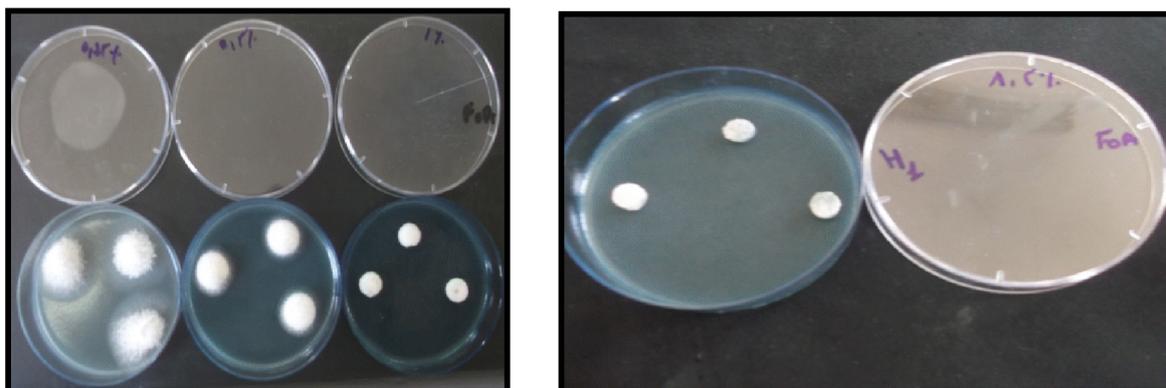


Figure C3. CMI de l'huile essentielle d'*Artemisia arborescens* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*.

Planche D. Activité antifongique des huiles essentielles de *Artemisia arborescens*, de *Lavandula angustifolia* et de *Saussurea lappa* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

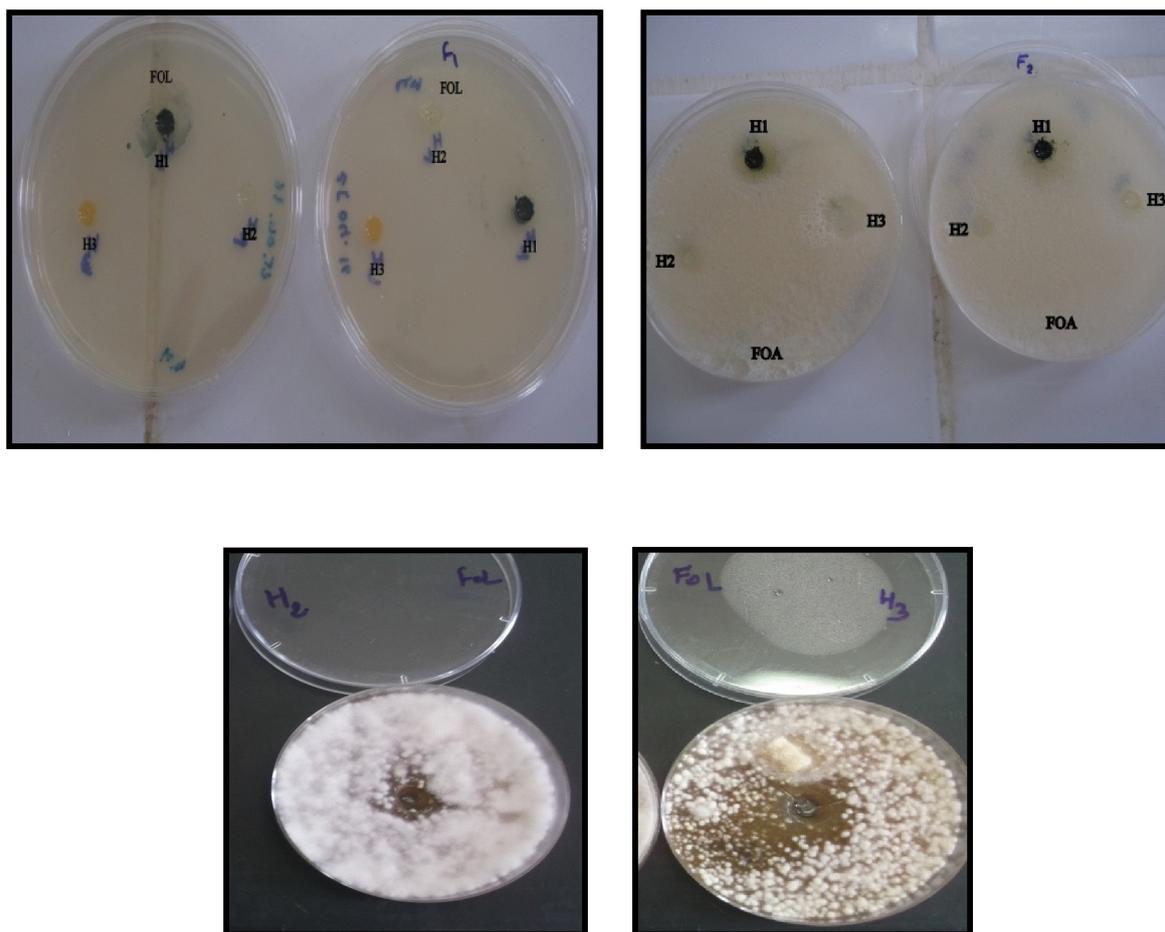


Figure D1. Zones d'inhibition observées après 10 jours d'incubation à 37°C des huiles essentielles vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*.



Figure D2. Test fongicide pour les huiles essentielles vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

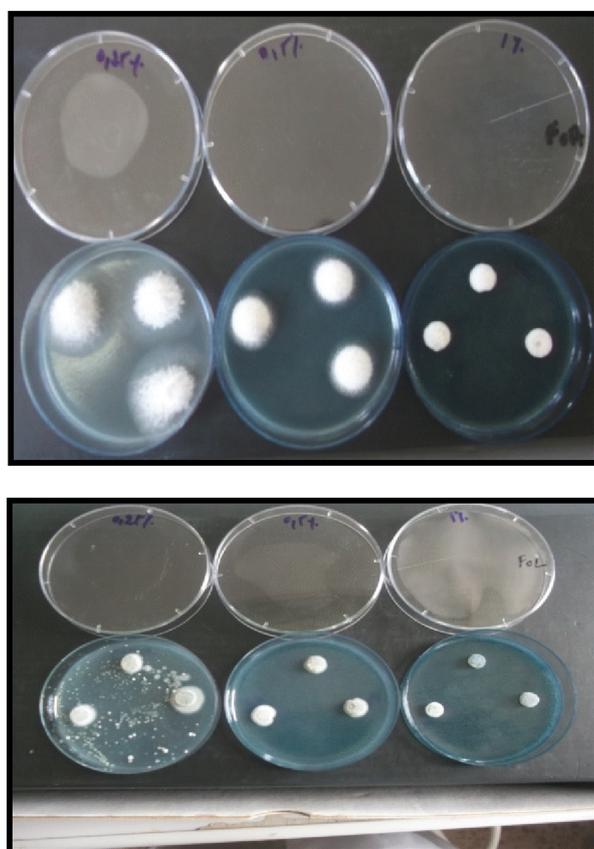


Figure D3. CMI de l'huile essentielle d'*Artemisia arborescens* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

II. Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits végétaux et des huiles essentielles

II.1. Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits végétaux

Les résultats de l'évaluation de l'activité antibactériens des deux extraits méthanoliques du costus indien (*Saussurea lappa*) et du myrte (*Myrtus communis*) vis-à-vis *Bacillus cereus* sont consignés au niveau des tableaux 6 et la planche E.

L'examen des résultats permet de relever l'effet antibactérien exercé par les deux extraits végétaux. A cet effet, l'extrait de *Myrtus communis* a montré un effet bactéricide sur *Bacillus cereus* et bacteriostatique sur *Pseudomonas aeruginosa*. Son action est meilleur par rapport à celui exercé par l'extrait du costus indien (*Saussurea lappa*) qui a montré une activité antibactérien de type bacteriostatique pour les deux bactéries testées.

Tableau 6. Résultats du test antibactérien des extraits méthanoliques du costus indien (*Saussurea lappa*) et du myrte (*Myrtus communis*) vis-à-vis de *Bacillus cereus*

Huiles essentielles	Zones d'inhibition observées (mm)	Fongicide /Fongistatique	CMI
	Moyenne Après 12 jours		
H1 <i>Artemisia arborescens</i>	15	Fongicide	2
H2 <i>Lavandula angustifolia</i>	8	Fongistatique	/
H3 <i>Saussurea lappa</i>	9.5	Fongistatique	/

Les résultats de l'évaluation de l'activité antibactériens des deux extraits méthanoliques du costus indien (*Saussurea lappa*) et du myrte (*Myrtus communis*) vis-à-vis *Pseudomonas aeruginosa* sont consignés au niveau des tableaux 7 et la planche F.

Tableau 7. Résultats du test antibactérien des extraits méthanoliques du costus indien (*Saussurea lappa*) et du myrte (*Myrtus communis*) vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa*

Extrait méthanolique	Zones d'inhibition observées (mm)	Bactéricide /Bactériostatique
	La moyenne Après 12 jours	
Ext 1. <i>Saussurea lappa</i>	22.5	Bactériostatique
Ext 2. <i>Myrtus communis</i>	32.5	Bactériostatique

I.2. Evaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles

Les résultats de l'évaluation de l'activité antibactériens des trois huiles essentielles vis-à-vis *Bacillus cereus* sont consignés au niveau des tableaux 9 planche E.

L'examen des résultats permet de relever l'effet antibactérien exercé par les deux huiles essentielles (*Artemisia arborescens* et *Saussurea lappa*). Elles ont montré un effet bactériostatique sur *Bacillus cereus* et *Pseudomonas aeruginosa*.

Tableau 9. Résultats du test antibactérien des huiles essentielles vis-à-vis de *Bacillus cereus*

Huile essentielle	Zones d'inhibition observées (mm)	Bactéricide /Bactériostatique
	Moyenne Après 12 jrs	
H1 <i>Artemisia arborescens</i>	15	Bactériostatique
H3 <i>Saussurea lappa</i>	17.5	Bactériostatique

Les résultats de l'évaluation de l'activité antibactérienne des trois huiles essentielles vis-à-vis *Pseudomonas aeruginosa* sont consignés au niveau des tableaux 10 planche F.

Tableau 10. Résultats du test antibactérien des huiles essentielles vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa*

Huile essentielle	Zones d'inhibition observées (mm)	Bactéricide /Bactériostatique
	Moyenne Après 12 jrs	
H1 <i>Artemisia arborescens</i>	15	Bactériostatique
H3 <i>Saussurea lappa</i>	17.5	Bactériostatique

Les résultats obtenus montrent une activité antibactérienne d'*Artemisia arborescens*. Les zones d'inhibition sont de 15 mm pour *Bacillus cereus* et de 18 à 20 mm pour *Pseudomonas aeruginosa*.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par Younes et ses collaborateurs (2012). Cette activité antibactérienne est due certainement à la composition quantitative et qualitative de l'huile essentielle d'*Artemisia arborescens* en particulier à ces composés majoritaires comme les monoterpènes oxygénés qui constituent 50.9% de l'huile et probablement aux autres composés qui peuvent avoir des effets synergiques et antagonistes.

Les résultats obtenus montrent une activité antibactérienne du *Saussurea lappa*. Les zones d'inhibition sont de 15 à 20 mm pour *Bacillus cereus* et de 10 à 15 mm pour *Pseudomonas aeruginosa*.

Les résultats de Hassenou et Medjahed (2015) concernant l'activité antibactérienne de l'huile essentielle du costus indien ne montre pas un effet vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa*.

Planche E. Activité antibactérienne des extraits végétaux et des huiles essentielles vis-à-vis de *Bacillus cereus*

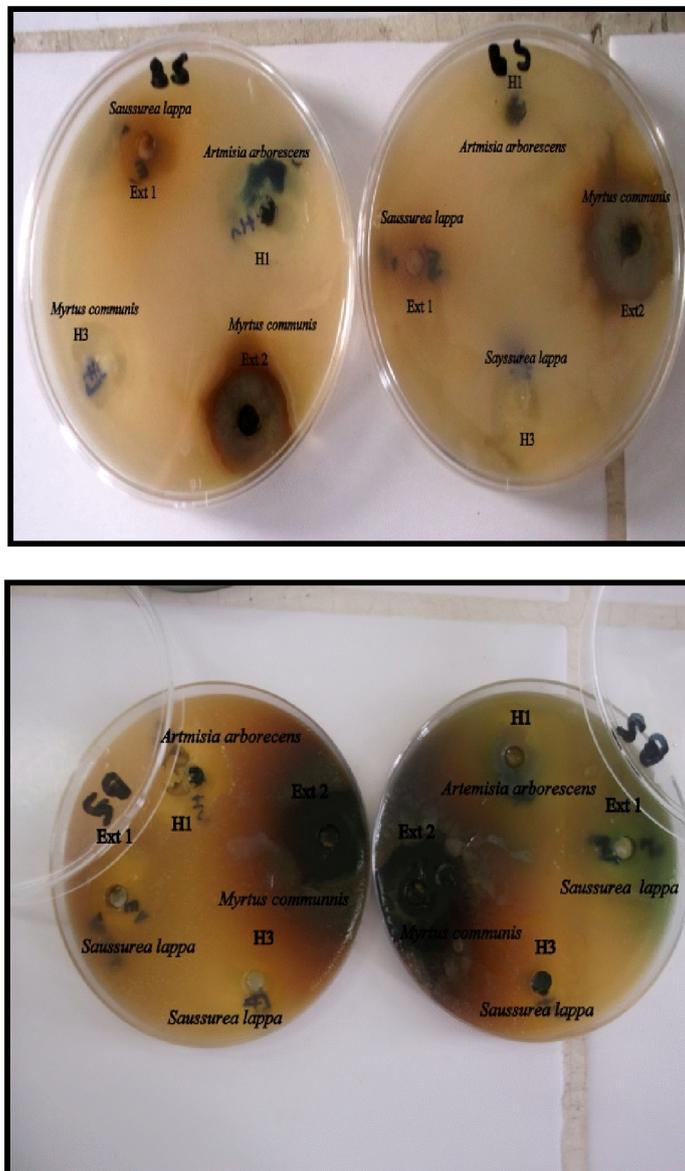


Figure E1. Zones d'inhibition observées après 48h d'incubation à 37°C (a) et 12 jours d'incubation à 37°C (b)



Figure E2. Test bactéricide pour les extrais et les huiles végétaux vis-à-vis de *Bacillus cereus*

Planche F. Activité antibactérienne des extraits végétaux et des huiles essentielles vis-à-vis *Pseudomonas aeruginosa*

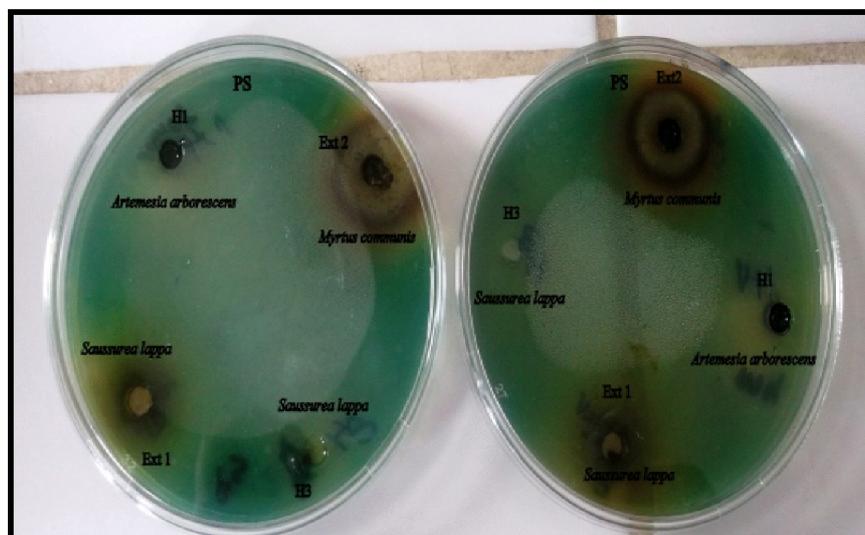




Figure F1. Zones d'inhibitions observées après 48h d'incubation à 37°C et 12 jours d'incubation à 37 °C

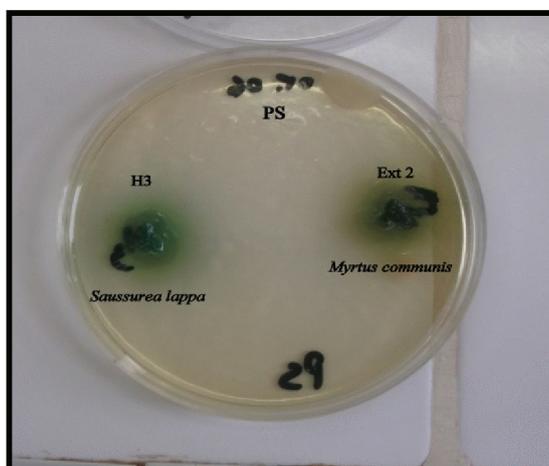


Figure F2. Test bactéricide pour les extraits végétaux et des huiles essentielles vis-à-vis *Pseudomonas aeruginosa*

III. Evaluation de l'activité anticandidose des extraits végétaux et des huiles essentielles

III.1. Evaluation de l'activité anticandidose des extraits végétaux

Les résultats de l'évaluation de l'activité des deux extraits méthanoliques du costus indien (*Saussurea lappa*) et du myrte (*Myrtus communis*) vis-à-vis *Candida albicans* sont consignés au niveau du tableau 8 planche G.

L'examen des résultats permet de relever l'activité anticandidose exercée par les deux extraits végétaux.

Tableau 8. Résultats du test antibactérien des extraits méthanoliques du costus indien (*Saussurea lappa*) et du myrte (*Myrtus communis*) vis-à-vis de *candida albicans*

Extrait méthanolique	Zones d'inhibition observées (mm)	Bactéricide /Bactériostatique
	La moyenne Apres 12 jours	
Ext 1. <i>Saussurea lappa</i>	20	Levurostatique
Ext 2. <i>Myrtus communis</i>	32.5	Levurostatique

III.2. Evaluation de l'activité anticandidose des huiles essentielles

Les résultats de l'évaluation de l'activité des trois huiles essentielles vis-à-vis *Candida albicans* sont consignés au niveau du tableau 8 planche G.

Les résultats obtenus montrent une activité anti- *Candida* de l'huile essentielle d'*Artemisia arborescens*. Les zones d'inhibition sont de 10 à 15 mm pour *Saussurea lappa*. Pour *Artemisia arborescens*, les diamètres d'inhibition de cette souche obtenus sont de 20 à 22 mm en technique de puits. Ceci est en accord avec les résultats obtenus par Hassenaoui et Medjahed (2015) qui ont trouvé une activité fortement inhibitrice du costus indien vis-à-vis de *Candida albicans*. Les zones d'inhibition été de 25 à 30 mm.

Tableau 11. Résultats du test anticandidose des huiles essentielles vis-à-vis de *Candida albicans*

Huile essentielle	Zones d'inhibition observées (mm)	Bactéricide /bactériostatique
	Moyenne Après 12 jrs	
H1 <i>Artemisia arborescens</i>	21	Levurostatique
H3 <i>Saussurea lappa</i>	12.5	Levurostatique

Planche G. Activité antibactérienne des extraits végétaux et des huiles essentielles vis-à-vis de *Candida albicans*

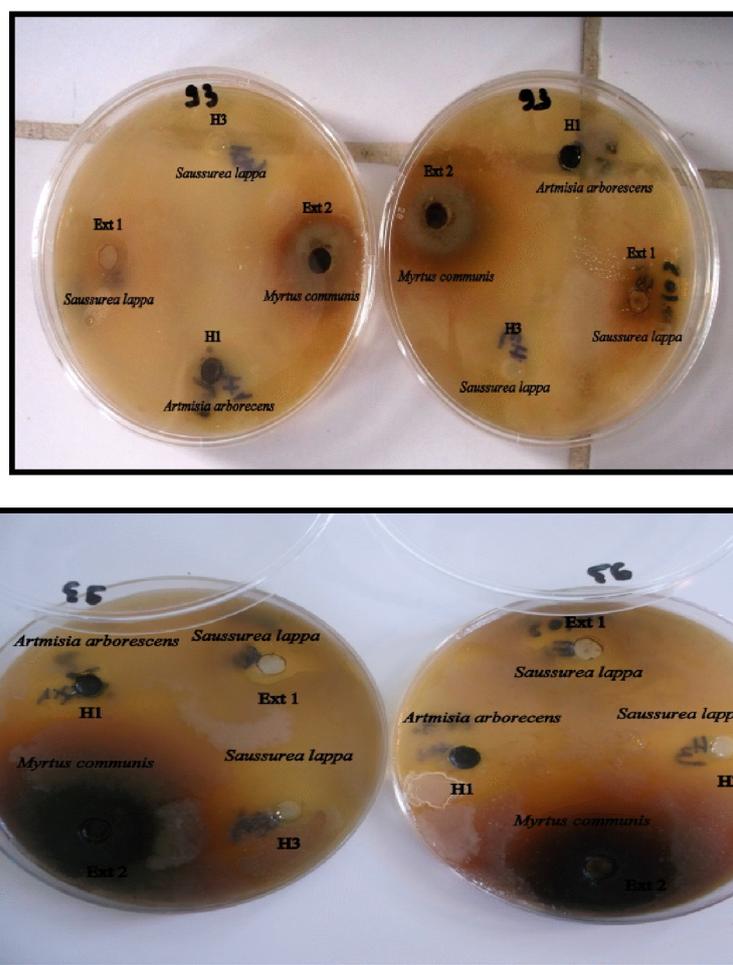


Figure G1. Zones d'inhibition observées après 48h d incubation à 37°C et 12 jours d'incubation à 37°C



Figure G2. Test bactéricide pour les extraits et huiles végétaux vis-à-vis *Candida albicans*.

De nos jours, un grand nombre de plantes aromatiques et médicinales possède des propriétés biologiques très importantes qui trouvent de nombreuses applications dans divers domaines à savoir en médecine, en pharmacie, en cosmétologie et en agriculture. Ce regain d'intérêt vient d'une part du fait que les plantes médicinales représentent une source inépuisable de substances bioactives, et d'autre part les effets secondaires induits par les médicaments inquiètent les utilisateurs qui se retournent vers des soins moins agressifs pour l'organisme.

Le test de l'activité antifongique est antibactérienne des deux extraits méthanoïque et des huiles essentielles évaluée au cours de notre travail a montré des zones d'inhibition remarquables contre les souches fongiques (*Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* et *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*), *Candida albicans* et les souches bactériennes *Bacillus cereus* et *Pseudomonas aeruginosa*.

Nous avons obtenu des résultats avec des métabolites qui ont inhibé totalement l'activité des champignons et bactéries.

A la lumière de l'ensemble des résultats obtenus, il est permis d'espérer au moins une réduction de l'usage des pesticides.

Notre travail montre que les extraits végétaux ont une activité meilleure comparée à celle des huiles essentielles. De ce fait, l'extrait méthanolique du costus indien est considérée lors de notre étude un excellent antifongique, l'extrait de myrte est un excellent antibactérien. Pour les huiles essentielles d'*Artemisia arborescens* et *Saussurea lappa* ont une activité meilleure par rapport à celle de *Lavandula angustifolia*.

Sachant que ces résultats se révèlent prometteurs et que chaque plante se caractérise par des molécules particulièrement intéressantes, qui demandent d'être exploitées, nous proposons à l'avenir de :

- ✓ tester ces métabolites à grande échelle ;
- ✓ réaliser une étude phytochimique et toxicologique de ces extraits et ces huiles essentielles en vue d'identifier les différentes molécules responsables des différentes activités biologiques des différentes plantes ;
- ✓ réaliser une étude de la variabilité géographique de ces extraits et de ces huiles essentielles afin de déceler une éventuelle spécificité régionale en vue d'une valorisation commerciale.

Résumé

Notre travail est consacré à l'étude de l'activité antifongique et antibactérienne des extraits méthanoliques de *Myrtus communis* et *Saussurea lappa* et des huiles essentielles *Artemisia arborescens*, *Saussurea lappa* et *lavandula angustifolia* contre des souches fongiques et bactériennes.

Nous nous sommes fixé comme objectif d'expliquer la relation entre le métabolisme secondaire des plantes avec le contrôle des maladies et l'effet de l'utilisation des biopesticides sur la vie de l'être vivants en général.

Notre travail fait ressortir que l'utilisation de ces extraits et ces huiles essentielles est l'une des méthodes de lutte biologique que nous pouvons utiliser pour remplacer et éliminer les pesticides chimiques et réaliser l'un des objectifs du développement durable.

Mots clés

Extraits méthanoliques, huiles essentielles *Myrtus communis*, *Saussurea lappa*, *Artemisia arborescens*, *lavandula angustifolia*, activité antifongique, activité antibactérienne.

De nos jours, un grand nombre de plantes aromatiques et médicinales possède des propriétés biologiques très importantes qui trouvent de nombreuses applications dans divers domaines à savoir en médecine, en pharmacie, en cosmétologie et en agriculture. Ce regain d'intérêt vient d'une part du fait que les plantes médicinales représentent une source inépuisable de substances bioactives, et d'autre part les effets secondaires induits par les médicaments inquiètent les utilisateurs qui se retournent vers des soins moins agressifs pour l'organisme.

Le test de l'activité antifongique est antibactérienne des deux extraits méthanoïque et des huiles essentielles évaluée au cours de notre travail a montré des zones d'inhibition remarquables contre les souches fongiques (*Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* et *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*), *Candida albicans* et les souches bactériennes *Bacillus cereus* et *Pseudomonas aeruginosa*.

Nous avons obtenu des résultats avec des métabolites qui ont inhibé totalement l'activité des champignons et bactéries.

A la lumière de l'ensemble des résultats obtenus, il est permis d'espérer au moins une réduction de l'usage des pesticides.

Notre travail montre que les extraits végétaux ont une activité meilleure comparée à celle des huiles essentielles. De ce fait, l'extrait méthanolique du costus indien est considérée lors de notre étude un excellent antifongique, l'extrait de myrte est un excellent antibactérien. Pour les huiles essentielles d'*Artemisia arborescens* et *Saussurea lappa* ont une activité meilleure par rapport à celle de *Lavandula angustifolia*.

Sachant que ces résultats se révèlent prometteurs et que chaque plante se caractérise par des molécules particulièrement intéressantes, qui demandent d'être exploitées, nous proposons à l'avenir de :

- ✓ tester ces métabolites à grande échelle ;
- ✓ réaliser une étude phytochimique et toxicologique de ces extraits et ces huiles essentielles en vue d'identifier les différentes molécules responsables des différentes activités biologiques des différentes plantes ;
- ✓ réaliser une étude de la variabilité géographique de ces extraits et de ces huiles essentielles afin de déceler une éventuelle spécificité régionale en vue d'une valorisation commerciale.

A

- ✿ **AFNOR (Association Française de Normalisation), 2000.** Huiles essentielles. Ed. PARA Graphic, Tome 2. Vol. 1. Monographie relative aux huiles essentielles. 323 p.
- ✿ **Anton R., 1999.** Plantes thérapeutiques, tradition, pratique officinales, science et thérapeutique. 3e édition, Technique documentation, Paris, p 22, 30

B

- ✿ **Baba Aissa F., 1991 :** Les plantes médicinales en Algérie (identification, description, principes actifs, propriétés et usage traditionnels des plantes communes en Algérie), Edition Bouchéne et Ad.Diwan, Alger, 181p.
- ✿ **Bahorun T. (1997) -** Substances Naturelles Actives: La Flore Mauricienne, Une Source D'approvisionnement Potentielle. AMAS. Food and Agricultural Research Council. Réduit.Mauritius
- ✿ **Benaissa, O. (2011).** Etude des métabolismes terpénique et flavonique d'espèces de la famille des composées, genres *Chrysanthemum* et *Rhantherium*. Activité Biologique, Thèse Doctorat, université Mentouri Constantine. 63p.
- ✿ **Bruneton, J. (1993).** Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales, 2ème Ed. Lavoisier, Paris.
- ✿ **Bruneton J., 1999-** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 3e édition revue, Paris. extraits des graines de *Nigella sativa*. Mémoire de magister .Setif.

C

- ✿ **Cyril, T. (2001).**étude des métabolismes primaires et secondaires de racines transformées de *Catharanthus Roseusen*, vue du développement d'un modèle cinétique, université de Montréal. 28p

F

- ✿ **Fleuriet, A. (1982).** Thèse Doc. Etat, Montpellier

G

- ✿ **Glombitza, K. W. & Gerstberger, G. (1985).** Phytochemistry (Elsevier) p24, 543-551

H

- ✿ **Hopkins. William G., 2003** - Physiologie végétale de bock université 2^{ème} édition. p276.268
- ✿ **Harborne, J.B., (1980).** Plant Phenolics: Encyclopedia of Plant Physiology, New series.p8, 329-402
- ✿ **Hartmann, T. (2007).** From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism. Phytochemistry. p68, 2831–2846.

K

- ✿ **Krief, S. (2003).** Métabolites secondaires des plantes et comportement animal, thèse doctorat, muséum national d'histoire naturelle. 32p.

L

- ✿ **Lamarti A., Badoc A., Deffieux G., Carde J. P., 1994-** Biogenèse des monoterpènes : la chaîne isoprenique, bull. soc. Pharm. bordeaux, 133, 79 – 99.

M

- ✿ **Mansour A., 2009-** Investigation photochimique de l'extrait n- butanol de l'espèce centaurea AFricanai
- ✿ **Manallah, A. (2012).** Activités antioxydante et anticoagulante des polyphénols de la pulpe d'olive *Olea europaea* L. Pour obtenir le Diplôme de magister, Option : Biochimie Appliquée. Université Ferhat Abbas- sétif, 87p.
- ✿ **Mauro, N. M. (2006).** Synthèse d'alcaloïdes biologiquement actifs : la (+)-anatoxine-a et la (±)-camptothécine, thèse doctorat, l'université Joseph Fourier Grenoble, p13, 16-28.

✱ **Malecky, M. (2005).** Métabolisme des terpenoïdes chez les caprins, thèse Pour obtenir le grade de docteur de l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Agro Paris Tech. p 9, 13-19, 20, 27.

✱ **Mebarki, N. (2010).** Extraction de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* et application à la formulation d'une forme médicamenteuse-antimicrobienne, magister en génie des procédés chimique et pharmaceutiques, université M'Hamed Bougara Boumerdes. 11p

N

✱ **Nadkarni AK.** Indian Metria Medica. Popular Parkashan, Mumbai. 2010; 1:1108-1112.

✱ **Nagwa M El Sawi, Wadeah Backer, Magda M. Aly, & Lina Baz.** Assessment of Therapeutic Value of Black Costus (*Saussurea lappa*) Using Several Parameters. J. Int. Environmental Application & Science.2010; 5 (5): 832-841.

R

✱ **Rakotonanahary, M. (2012).** Thèse présentée pour l'obtention du titre de docteur en pharmacie diplôme d'état, université Joseph Fourier. p16, 19, 27, 28.

Z

✱ **Zhang T, Wang H, Du G, & Chen R.** Study on chemical constituents from roots of *Saussurea lappa*. China Journal of Chinese Materia Medica .2009;34(10):1223-1224.