

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A.MIRA-BEJAIA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Microbiologie
Filière : Biotechnologie
Spécialité : Biotechnologie Microbienne



Mémoire de fin de cycle
En vue de l'obtention du diplôme

Master

Thème

**Activité anti fongique des composés bioactifs vis-à-vis des
souches de moisissures isolées de la figue sèche *Ficus carica***

Présenté par

M^r ZERARGA Badis et M^{lle} HANAFI Nabila

Devant le Jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

M^{me} N. CHIBANE

MAA

Président

M^{me} N. BELHAMICHE

MCB

Examineur

M^r F.BOUKHALFA

MCA

Promoteur

M^r Y.ARROUL

Doctorant

Co-promoteur

Année Universitaire : 2022/2023

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

Aux êtres qui me sont les plus chers

A ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne, son support et son amour ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

A ma très cher mère «Rachida » que dieu la gardes et la protèges.

A mes chères sœurs, frères, leurs maris(e), surtout mouma et ma tante Naima, qui m'ont toujours soutenu et encouragé

Aussi à mes amies qui m'ont permis d'oublier les moments de stress et de découragement.

*Sans oublier mes nièces et mes neveux que j'aime beaucoup
Et mes collègues de travaille de lycée Abdelmalek Foudala
Tazmalt que j'estime et je respecte.*

À tous ceux qui ont contribué à ce travail de près ou de loin

«Nabila»

DEDICACE

Je remercie le dieu tout puissant. Mes prières sur le prophète Mohamed paix et bénédictions sur lui, qui m'éclairent la vie.

Je dédie ce modeste travail aux personnes qui me sont chers

Mes parents que j'aime beaucoup, pour leur soutien, je leur suis redevable toute ma vie, que dieu les protège.

Mes frères et sœurs qui m'ont aidé dans ma vie et dans cette réussite.

Mon épouse qui n'a cessé de me soutenir et de m'épauler.

Mon fils Idris et ma fille Alaa.

Mes beaux parents, je vous dois le grand respect et mon estime.

A toute personne qui m'a aidée de loin ou de près.

A toute la promotion de Biotechnologie Microbienne de l'année universitaire 2022 /2023.

Badis

REMERCIEMENTS

Nous remercions Dr F. BOUKHALFA, Mr Y. ARROUL pour nous avoir dirigés tout au long de ce travail.

Nos remerciements vous aussi à l'égard des membres du jury pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Liste des abréviations

FAO STAT : Food and Agriculture Organization Statistics

MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

OTA : Ochratoxine A

AFB1 : Aflatoxine B1

IARC : International Agency of Research on Cancer

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

FAO : Food and Agriculture Organisation

HE : Huile essentielle

HV : Huile végétale

pH : Potentiel Hydrogène

CO2 : Dioxyde de Carbone

ARN : Acide ribonucléique

ADN : Acide désoxyribonucléique

L3BS : Laboratoire de recherche Biomathématique, Biophysique, Biochimie et de Scientométrie

DG18 : Dicloran Glycérol

MH : Mueller-Hinton

D : Diamètre de la zone d'inhibition

DMSO : Diméthyl sulfoxyde

CMI : Concentration Minimale Inhibitrice

A : *Aspergillus*

AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer

HPLC : High Performance Liquid Chromatography

SM : Spectrométrie de Masse

FLD : Fluorescence Detector

Listes des figures

Figure 01 : Photographie du figuier <i>Ficus carica</i>	3
Figure 02 : Schéma représentatif d'une coupe longitudinale de la figue.....	4
Figure 03 : Structures histologiques de quelques appareils sécréteurs.....	13
Figure 04 : Photographie des huiles essentielles étudiées	18
Figure 05 : Isolement de la mycoflore présente dans la figue sèche avec la méthode du contact direct.....	20
Figure 06 : Schéma représentatif de la méthode de diffusion par la technique des puits.....	22
Figure 07 : Schéma représentatif de la méthode de diffusion par la technique des puits (CMI)	23
Figure 08 : Représentation sous forme d'un camembert d'évaluation mycologique des échantillons de figues sèches collectées	24
Figure 09 : Histogramme représentatif d'activité antifongique de l'huile essentielle de <i>Lavandula officinalis</i> vis-à-vis des souches fongiques isolées des figues sèches.....	25
Figure 10 : Histogramme représentatif d'activité antifongique de l'huile essentielle de <i>Syzygium aromaticum</i> vis-à-vis des souches fongiques isolées des figues sèches.....	25
Figure 11 : Histogramme représentatif d'activité antifongique de l'huile essentielle de <i>Mentha x piperita</i> vis-à-vis des souches fongiques isolées des figues sèches.....	26
Figure 12 : Histogramme représentatif d'activité antifongique de l'huile essentielle de <i>Citrus limunum</i> vis-à-vis des souches fongiques isolées des figues sèches.....	26
Figure 13 : Histogramme représentatif d'activité antifongique de l'huile essentielle de <i>Pelargonium asperum</i> vis-à-vis des souches fongiques isolées des figues sèches	27
Figure 14 : Histogramme représentatif d'activité antifongique de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> vis-à-vis des souches fongiques isolées des figues sèches.....	27
Figure 15 : Histogramme représentatif d'activité antifongique de l'huile essentielle de <i>Nigella sativa</i> vis-à-vis des souches fongiques isolées des figues sèches.....	28
Figure 16: Histogramme représentatif d'activité antifongique de l'huile végétale de <i>Trigonella foenum-graecum</i> vis-à-vis des souches fongiques isolées des figues sèches.....	28

Figure 17 : Histogramme représentatif des CMI exprimé en facteur de dilution en présence de DMSO (%) de l'huile essentielle de <i>Lavandula officinalis</i> vis-à-vis <i>A.S.Nigrii</i> et <i>A.parasiticus</i>	30
Figure 18 : Représentation photographique de détermination des CMI de l'HE de <i>Lavandula officinalis</i> vis-à-vis <i>A.S.Nigrii</i> et <i>A.parasiticus</i>	30
Figure 19 : Histogramme représentatif des CMI exprimé en facteur de dilution en présence de DMSO (%) de l'huile essentielle de <i>Syzygium aromaticum</i> vis-à-vis <i>A.S.Nigrii</i> et <i>A.parasiticus</i>	31
Figure 20 : Représentation photographique de détermination des CMI de l'HE de <i>Syzygium aromaticum</i> vis-à-vis <i>A.parasiticus</i>	31
Figure 21 : Histogramme représentatif des CMI exprimé en facteur de dilution en présence de DMSO (%) de l'huile essentielle de <i>Mentha x piperita</i> vis-à-vis <i>A.parasiticus</i> et <i>A.S.Nigrii</i>	32
Figure 22 : Représentation photographique de détermination des CMI de l'HE de <i>Mentha x piperita</i> vis-à-vis <i>A.parasiticus</i>	32
Figure 23 : Histogramme représentatif des CMI exprimé en facteur de dilution en présence de DMSO (%) de l'huile essentielle de <i>Citrus limunum</i> vis-à-vis <i>A.S.Nigrii</i> et <i>A.parasiticus</i>	33
Figure 24 : Représentation photographique de détermination des CMI de l'HE de <i>Citrus limunum</i> vis-à-vis <i>A.S.Nigrii</i> et <i>A.parasiticus</i>	33
Figure 25 : Histogramme représentatif des CMI exprimé en facteur de dilution en présence de DMSO (%) de l'huile essentielle de <i>Pelargonium asperum</i> vis-à-vis <i>A.parasiticus</i>	34
Figure 26 : Histogramme représentatif des CMI exprimé en facteur de dilution en présence de DMSO (%) de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> vis-à-vis <i>A.parasiticus</i>	34
Figure 27 : Représentation photographique de détermination des CMI de l'HE de <i>Pelargonium asperum</i> vis-à-vis <i>A.parasiticus</i>	34
Figure 28 : Représentation photographique de détermination des CMI de l'HE d' <i>Eucalyptus globulus</i> vis-à-vis <i>A.parasiticus</i>	34

Figure 29 : Histogramme représentatif des CMI exprimé en facteur de dilution en présence de DMSO (%) de l'huile végétale de *Nigella sativa* vis-à-vis *A.S.Nigrii* et *A.parasiticus*.....35

Figure 30 : Représentation photographique de détermination des CMI de l'huile végétale de *Nigella sativa* vis-à-vis *A.S.Nigrii* et *A.parasiticus*35

Liste des tableaux

Tableau I : Quelques teneurs autorisées de chaque mycotoxine dans les aliments destinés à la consommation humaine	11
Tableau II : Les huiles essentielles étudiées.....	17
Tableau III : Les isolats fongiques testés	19
Tableau IV : Standardisation de l'inoculum fongique.....	21
Tableau V : Concentration Minimale Inhibitrice relative (%) d'activité antifongique des huiles essentielles vis-à-vis les champignons toxinogènes isolés des figues sèches.....	29
Tableau VI : Nature de l'activité des huiles essentielles.....	37

Liste des abréviations

Listes des figures

Liste des tableaux

Sommaire

Introduction1

Partie Bibliographique

I. Généralités sur le figuier et la figue..... 3

II. Champignons et Mycotoxines 7

II.1 Les Champignons 7

II.2. Les mycotoxines 7

II.3. Réglementation et législation établis par l'UE en matière de mycotoxines 10

II.4. les stratégies de lutte biologiques et de réduction des niveaux de contamination par les mycotoxines11

III. Généralités sur les huiles essentielles 13

III.1. Définition13

III.2. Propriété physico-chimiques des huiles essentielles 13

III.3. Composition chimique des huiles essentielles.....14

III.4. Propriétés pharmacologiques et activités biologiques des huiles essentielles..... 14

III.5. Activité antifongique des huiles essentielles 15

III.6. Mode d'action des huiles essentielles 15

III.7. Utilisation des huiles essentielles 15

III.8. Toxicité des huiles essentielles..... 16

Partie Expérimentale

Matériels et Méthodes 17

1. Composés bioactifs utilisés 17

2. Isolats fongiques 19

2.1. Collecte des souches fongiques.....19

2.1.1. Isolement de le mycoflore potentiellement aflatoxinogènes et / ochratoxinogènes présente dans les échantillons de figues sèches collectées.....19

2.1.2.Repiquage et purification.....20

3. La mise en évidence et évaluation de l'activité antifongique des HEs.....21

3.1. Préparations de la suspension conidienne.....21

3.2. Test d'activité antifongique par la méthode de diffusion sur gélose Muller Henton.....	21
3.3. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI).....	22
3.4. Détermination de la nature de l'activité de l'huile essentielle.....	23
Résultats et discussion	24
1. Les isolats fongiques	24
2. La mise en évidence et évaluation de l'activité antifongique des HEs.....	24
3. Détermination des CMI	28
4. Détermination de la nature de l'activité antifongique des HEs testées.....	36
Conclusion.....	40
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Introduction

Les aliments constituent une grande source de nutriments humains et animaux, et vu leur composition ces produits sont altérés par une flore contaminante et leurs sécrétions, additifs alimentaires, résidus des pesticides etc.

Les mycotoxines sont des substances naturelles produites par des champignons microscopiques au niveau de la chaîne alimentaire. Ils sont la cause de pertes économiques importantes à l'échelle mondiale en raison de leur effet nocif sur la santé humaine et la productivité animale. Leurs effets néfastes résultent du développement de la flore fongique potentiellement ochratoxinogènes et ou Aflatoxinogènes. Ces microorganismes ont la capacité de se développer sur une large gamme de denrées alimentaires avant, pendant et après la récolte notamment les produits à faible teneur en eau autrement dite activité de l'eau (FAO, 2006).

Parmi les denrées alimentaires qui ont une valeur alimentaire et nutritive importante, on distingue la figue qui est considérée comme une grande source d'énergie vu sa constitution riche en minéraux, en vitamines, en acides aminés avec une forte teneur en fibres diététiques (Solomon *et al.*, 2006). Elle contient également des composés phénoliques à fort potentiel antioxydant (Slatnar *et al.*, 2011).

La figue, consommée fraîche ou sèche, est le fruit de figuier dont le nom botanique *Ficus carica L.* fait partie des arbres fruitiers les plus anciennement cultivés, il appartient à la famille des *Moraceae*. Son fruit est cultivé principalement en région du bassin méditerranéen (Slatnar *et al.*, 2011), il est planté en Algérie principalement en petite Kabylie (Chouaki, 2006).

Le fruit représente un apport économique considérable pour ces régions, et une consommation élevée dans le monde depuis des décennies. (Andreia *et al.*, 2010).

Depuis longtemps, le fruit, ses racines et ses feuilles étaient exploités en médecine traditionnelle, notamment dans le traitement des affections, tels que : la diarrhée, l'indigestion, la gorge endolorie, la toux, la bronchite, les troubles cardio-vasculaires et inflammatoires, les maladies ulcéraives et les cancers. (Lee *et al.*, 2010).

La figue reste un fruit fragile car elle ne se conserve pas longtemps, sa durée de vie est limitée à deux jours à température ambiante (Sharifian *et al.*, 2012). Les statistiques de 2016 montrent que 87,6 % de la production totale des figues en Algérie est consommée fraîche, les 12,3% qui restent sont destinés au séchage produisant des figues sèches (FAOSTAT, 2017), conservées pendant six à huit mois, c'est ainsi qu'on assure la disponibilité du fruit pour une longue durée (Slatnar *et al.*, 2011).

La figue sèche avec sa forte teneur en glucide et sa faible activité d'eau (a_w) est sujet à des contaminations par des champignons filamenteux dont certaines espèces parmi ses moisissures sont des producteurs de toxines, qui peuvent diminuer sa qualité nutritionnelle et bien sûr de provoquer de graves effets toxiques sur la santé des consommateurs (Ghizlane S, 2020).

Les champignons les plus fréquents sont ceux appartenant au genre *Aspergillus*, principalement les espèces représentatives de la section *Nigrii* ou *black Aspergillii* à titre d'exemple *Aspergillus niger* et *Aspergillus carbonarius* qui sont connues pour leur fort potentiel ochratoxinogène, les espèces représentatives de section *Flavii* à savoir *A.flavus* et *A.parasiticus* qui sont les plus connues pour leur forte capacité aflatoxinogène (Ghizlane S, 2020).

Depuis plusieurs années des recherches ont été réalisées pour lutter à l'égard de fléau de contamination dont l'objectif est de réduire les niveaux de contamination d'une manière significative de ces aliments secs par les mycotoxines. Les travaux scientifiques ont apportés l'efficacité des substances bioactives comme agent anti microbiens vis-à-vis de plusieurs souches fongiques pathogènes (Klančnik et al., 2010 ; Tan et al., 2015).

L'objectif de cette étude est d'explorer l'efficacité des substances bioactives de certaines plantes comme agent antifongique vis-à-vis de la mycobionte présente dans les figues sèches.

Ce travail sera présenté en deux parties:

La première partie est une synthèse bibliographique des études faites sur le figuier, la figue, la flore fongique potentiellement aflatoxinogènes et ou ochratoxinogène et les stratégies de lutte biologique à l'égard de ses champignons et leurs toxines.

La deuxième partie est réservée à la présentation du matériel et du protocole expérimental utilisés dans cette étude, les résultats obtenus et leur discussion, en dernier lieu une conclusion et perspectives.

Partie

Bibliographique

Chapitre I : Généralité sur le figuier et la figue

Il existe environ 750 espèces connues de figuiers avec une répartition géographique très réparti au niveau des régions chaudes du monde, le mieux décrit c'est le figuier ordinaire dont le nom botanique *Ficus carica domestica L* (Gamero, 2002), *Ficus* signifie verrue (le lait pour soigner les verrues), et *carica* fait allusion à une région en Turquie.

Ficus carica L est la seule espèce cultivée pour ses fruits comestibles (Rémi, 2017), connu par sa grande capacité d'adaptation aux climats chauds, cet arbre fruitier possède une capacité de la régénération végétative et la production des fruits sans production de fleurs visible. Seuls les figuiers femelles qui sont cultivés pour leurs fruits et qui produisent soit :

- Deux fois par an, la première récolte se tient en fin du printemps, formée sur les rameaux défeuillés de l'année précédente. La deuxième se fait en automne sur ceux de l'année en cours.
- Une seule fois par an en fin d'été (Rémi, 2017)

Le figuier est défini comme un arbre généralement buissonnant, il peut atteindre jusqu'à 5-10 mètres de hauteur, l'écorce de l'arbre est grise, lisse ou blanc terne, ou délicatement poilue à feuilles caduques, large, ovales ou presque orbiculaires, plus au moins profondément lobées. Ses fleurs sont unisexuées, minuscules, étroitement groupées sur la surface intérieure d'un grand réceptacle creux, ovaire supérieur hyalin, à une cellule avec un seul ovule (Salma et *al.*, 2020).



Figure 01 : photographie du figuier *Ficus carica* (Finn Kjellberg et *al.*, 2020).

Le fruit est un **synconium**, un réceptacle creux et charnu en forme et de taille de poire, il est de couleur variables (Salma et *al.*, 2020). Le système racinaire est hyperpuissant, très poussant qui se ramifie abondamment en présence d'eau, cela confère au figuier la capacité de se persister dans des situations très sèches (Rémi, 2017).

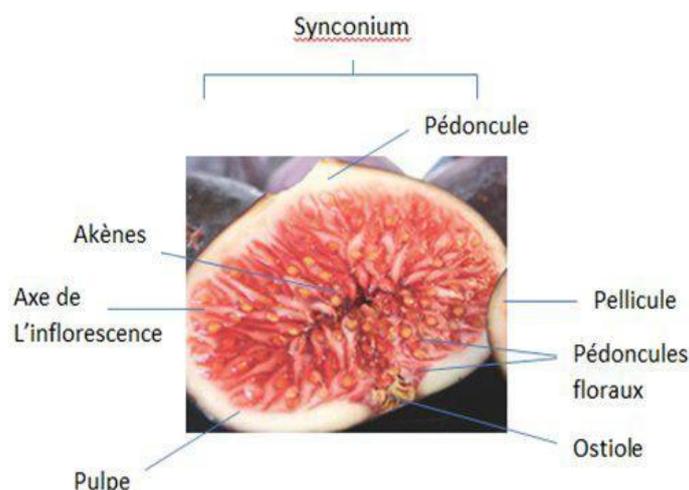


Figure 02: Schéma représentatif d'une coupe longitudinale de la figue (Haesslein et Oreiller, 2008).

Le système de reproduction de figuier est sexué, les fleurs mâles et femelles enferment dans des gaines appelées sycones ou figues, la fécondation se fait par l'intermédiaire d'un insecte pollinisateur appelé *Blastophaga psenes* (Roger, 2002).

Le figuier est classé en quatrième place des plantations fruitières en Algérie, il occupe 39830 ha, environ 6,9% des surfaces cultivées, plus de 80% de la production totale est consommée à l'état frais, le reste est soumis au séchage (Ferradji et *al.*, 2011). La production totale des figues pour la campagne agricole de 2019/2020 est estimée à 1,2 millions de Quintaux (ONS 2020).

Le niveau taxonomique du figuier rapporté par Chawla et *al.* (2012) est la suivante :

Règne	<i>Plantea</i>
Super-règne	<i>Trachéobionta</i>
Embranchement	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous classe	<i>Hamamélidées</i>
Section	<i>Urticales</i>
Famille	<i>Moraceaes</i>
Genre	<i>Ficus</i>
Espèce	<i>Ficus carica</i>

L'espèce *Ficus carica* regroupe plusieurs variétés de figue : la figue noire elle est sucrée et plutôt sèche, la figue verte elle est juteuse elle à un épiderme fin, la figue violette elle est plus sucrée que les autres et plus juteuse, elle est aussi la plus fragile et la plus rare (Haesslein et Oreiller, 2008). Il existe encore d'autres sortes telles que la figue arrondie, la figue allongée, la figue fleur ou appelée la figue de printemps (El-bakor) et la figue d'automne récoltée à partir d'aout (Peter Bauwens, 2008).

Les figues sèches : la figue sèche est le fruit sec mur de la figue (*Ficus carica*), après le procédé de séchage (FAO, 2010).

Le séchage des figues est la méthode la plus ancienne et la plus utilisée pour mieux conserver ses fruits secs à une longue durée.

Le séchage est une opération unitaire qui consiste à réduire par évaporation l'humidité d'une denrée alimentaire tout en préservant le plus possible les caractéristiques organoleptiques, physiques, chimiques et même les valeurs nutritives du fruit.

Le séchage peut se faire en deux méthodes différentes à savoir : séchage traditionnelle et séchage moderne.

1- Le séchage traditionnel : en Algérie il est souvent pratiqué à l'air libre, les figues sont étalées sous le soleil en une seule couche sur un support pendant sept à huit jours, elles sont couvertes durant la nuit. Cette exposition au soleil et aux mauvaises conditions météorologiques y compris la poussière, les insectes, les contaminants notamment la flore microbienne, tous ses facteurs peuvent influencer sur la qualité sanitaire du produit comestible.

Cette méthode est longue et ne permet pas de contrôler les paramètres de séchage (Ferradji et *al.*, 2011). Néanmoins, elle est moins coûteuse et convient plus aux pays qui possèdent un potentiel énergétique solaire assez important (Tom, 2015).

2- Le séchage moderne (industriel) : utilisé à l'échelle industriel par les températures des fours, en plusieurs étapes et techniques. Cette méthode permet la maîtrise des paramètres de séchage (Ouaouich et *al.*, 2005).

Composition et valeur nutritionnelle de la figue :

La figue, fraîche ou sèche, est un fruit d'une valeur nutritionnelle élevée grâce à sa composition riche en divers nutriments surtout la matière glucidique, les minéraux et aussi même les vitamines, ainsi qu'à son faible apport en lipides et sodium, et son absence en cholestérol (Solomon et *al.*, 2006), à poids égal, les figues sèches apportent six fois plus d'énergie (calories) que les figues fraîches (Gamero, 2002).

La figue est riche en fibres qui contribuent à retenir l'eau et améliorer le transit intestinal grâce à son pouvoir laxatif. Ses fibres augmentent le volume des selles et modifient leur consistance, ils réduisent donc l'incidence du pouvoir cancérigène (risque d'atteinte de cancer de colon) (Groopman et *al.*, 2008), la figue sèche est encore plus riche en fibres car ses éléments nutritifs sont encore plus concentrés (Vinson, 1999). Elle contient des acides gras polyinsaturés, qui permettent de réduire le niveau de triglycérides dans le corps, donc elle protège des maladies cardiovasculaires. La figue sèche contient également des antioxydants ayant la capacité à neutraliser ou à réduire les risques causés par les radicaux libres dans l'organisme humain (INFA, 2007), leur abondance est en quantité moins importante que d'autres fruits secs comme les abricots, les pruneaux et les raisins (Groopman et *al.*, 2008).

L'extrait éthanolique de la figue est un agent antipyrétique standard qui exerce son effet jusqu'à une durée de cinq heures, par contre l'extrait méthanolique aqueux agit comme un agent antibactérien naturel sur les bactéries de la flore buccale (Justine raj et *al.*, 2011).

Comme tout arbre fruitier, *Ficus carica* peut être atteint par des maladies cryptogamiques et virales, il peut subir des attaques de divers insectes ravageurs (Brahem, 2013), ainsi que des contaminations de son fruit par des champignons filamenteux qui peuvent produire des composés toxiques appelés mycotoxines, ils sont capables de procurer des cancers ou de nuire à la santé humaine (Groopman et *al.*, 2008).

Chapitre II : Champignons et mycotoxines

1) Les Champignons

Les champignons ou mycètes, sont des microorganismes eucaryotes unis ou pluricellulaires, soit macroscopiques ou microscopiques, d'aspect filamenteux ou levuriformes, ils vivent en parasitisme, saprophytisme, commensalisme ou en symbiose connue sous le nom de mycorhizes (Chabasse et *al.*, 2002).

Les champignons se caractérisent par la présence d'une paroi formée à 80% de polysaccharides (les glucanes et la chitine) qui contribue à la protection de ses cellules des perturbations extérieures, et une membrane cytoplasmique constituée principalement d'ergostérol qu'est la cible de plusieurs antifongiques polyéniques (Chabasse et *al.*, 2002), Les spores sont responsables de la reproduction qui se fait par voie sexuée ou asexuée (Genevieve L, 2020).

Les champignons ont la capacité de produire des toxines appelées mycotoxines qui peuvent provoquer des intoxications alimentaires ou des mycotoxicoses (Chabasse et *al.*, 2002).

Les champignons filamenteux appelé communément moisissures, elles sont constituées par des filaments ramifiés : les hyphes, dont l'ensemble est appelé mycélium (Ben Miri, 2019). Elles sont eucaryotes, ubiquitaires, aérobies strictes, hétérotrophes, généralement peu exigeantes.

Les micromycètes peuvent contaminer divers milieux, tel que les céréales, les produits d'origine animale (lait, viande), fruits secs (**figue sèche**), les épices, ... (Bennett et *al.*, 2003, AFSSA, 2009).

Les moisissures peuvent être utiles dans l'industrie grâce à leur capacité à produire des enzymes, et peuvent être nuisibles si elles se développent sur des denrées alimentaires entraînant des altérations des qualités organoleptiques et nutritionnelles (Joya.M, 2019), leur métabolites secondaires produits des toxines pour l'Homme et l'animale appelées mycotoxines (Tariq et *al.*, 2019).

2) Les Mycotoxines

Du grec « mycos » qui signifie champignons et du latin « toxicum » qui veut dire poison constituant le mot « mycotoxine » qui signifie poison des champignons ou toxine fongique. Ce sont des composés toxiques secrétés naturellement par des champignons (moisissures) issues de leurs métabolites secondaires lors de leur prolifération sur les

surfaces de différentes denrées alimentaires telles que la figue sèche, ces composés peuvent être produits sur les plantes vivantes ou, plus tard, au cours du stockage, elles sont résistantes à des traitements physiques et chimiques (thermostables) (AFSSA, 2009). Parmi ces molécules toxiques on distingue :

1- Aflatoxine : ce sont des substances dangereuses et toxiques comme étant des métabolites secondaires produites surtout par *Aspergillus flavus*, *A.parasiticus*, les aflatoxines sont actuellement en 4 catégories aflatoxine B1, M1, B2, G1 et G2 sachant que selon le centre international de recherche sur le cancer ont constaté que l'aflatoxine B1 est la plus cancérogène et plus hépatotoxique, ses molécules toxiques peuvent exercer deux types de toxicité à savoir une toxicité aiguë se manifeste par des nécroses de foie, et une toxicité chronique qui se traduit par une hépatotoxicité, un effet immunotoxique et génotoxique (Cassandra et al., 2014, Asurmendi et al., 2012). La mise en évidence d'aflatoxine indique une contamination au niveau du champ pendant la récolte ou le stockage de différentes denrées alimentaires : arachides, fruits, légumes (frais ou sec), céréales ... (El Khouri, 2016).

Les espèces fongiques potentiellement aflatoxinogène susceptibles d'être isolés des figues sèches sont les *Aspergillus* section *Flavi* : *A.flavus*, *A.parasiticus*, *A.toxicarius*, *A.bombycis* et *A.nomius* (Heperkan et al., 2012).

2- Ochratoxine A : est une dérivée de la coumarine liée à phenylalanyl (Pitt et al., 1997), c'est la toxine la plus détectée dans le sang humain (Pena et al., 2006), elle est potentiellement de la même importance que les aflatoxines, sa production est favorisée lors du stockage de différentes denrées alimentaires : céréales, café, fruits secs, épices (Houissa, 2021). En 1993 l'IARC a classé l'ochratoxine A comme une substance probablement cancérogène de groupe B, elle est l'agent causal de l'adénocarcinome rénal par excellence, une toxicité chronique provoque des effets immunotoxiques, génotoxiques et neurotoxiques (Hend BEJAOU, 2005).

Les espèces fongiques potentiellement ochratoxinogène susceptibles d'être isolée de la figue sèche sont les *Penicillium* section *Viridicati* à savoir *P.viridicatum*, *P.verrucosum*, *P.nordicum*, et les *Aspergillus* section *Nigrii* à titre d'information *A.niger*, *A.carbonarius*, *A.lacticoffeatus* et *A.japonicus* (Heperkan et al., 2012).

3- Acide cyclopiazonique : sa toxicité est récemment détectée, présent naturellement dans plusieurs denrées alimentaires tels que les arachides, le maïs, le lait, ... il inhibe l'activité de l'ATPase et induit diverses lésions pathologiques chez les animaux de

laboratoire, il est moins toxique que les aflatoxines, secrété par *P.camemberti*, *A.oryzea* et plusieurs espèces d'*Aspergillus* section *flavii* surtout *A.flavus* (Heperkan et al., 2012).

4- Fusariotoxine et altertoxine : ce sont des mycotoxines toxiques et cancérigènes, à titre d'exemple les trichothécènes secrétées principalement par les espèces du genre *Fusarium* à savoir *Fusarium graminearum* et l'altertoxine produite par *Alternaria alternata*, connues comme des contaminants des produits alimentaire au niveau du champs pendant la récolte (El Khouri, 2016).

L'ensemble de facteurs qui favorisent la biosynthèse des mycotoxines appelé mycotoxinogénèse, elle dépend de facteurs intrinsèques (potentiel génétique de la souche) ou extrinsèques (conditions environnementales) (Blumenthal, 2004; Olsen et al., 2003).

• Facteurs intrinsèques : ils dépendent de la nature de la souche, certaines champignons microscopiques sont toxigènes mais d'autres ne le sont pas (Le Bars, 1988), au sein de la même espèce fongique certaines souches sont fortement productrices de toxines alors que les autres sont moins productrices, le stade de développement de la souche toxigène et un facteur important dans la biosynthèse de substances toxiques (Ben Miri Y, 2019), de même une espèce fongique peut produire plusieurs toxines et une même toxine peut être produite par plusieurs moisissures (Duverger et al., 2011). A titre d'exemple le cas d'*Aspergillus flavus* qui produit AFB1 et AFB2 et l'acide cyclopiazonique

• Facteurs extrinsèques : ils dépendent des facteurs de l'environnement

✓ La teneur en eau : l'activité de l'eau reflète la quantité d'eau disponible dans une substance liquide ou solide indispensable aux réactions biochimiques d'un micro-organisme, la quantité d'eau nécessaire pour la biosynthèse des toxines doit être supérieure à celle nécessaire à la croissance fongique (Pfohl-Leskowicz, 2001).

✓ L'humidité relative : L'exigence et la tolérance des moisissures vis-à-vis de l'eau sont variables d'une souche à l'autre, selon leur affinité pour l'eau les moisissures sont classées en trois groupes :

- Les espèces hygrophiles dont les spores germent à plus de 90% et leur croissance optimale se situe à 100 % d'humidité relative (*Mucor sp.*).

- Les espèces mésophiles dont les spores germent entre 80 et 90% et leur croissance optimale se situe entre 95 et 100% d'humidité relative (*Alternaria sp.* et *Penicillium sp.*).

- Les espèces xérophiles dont les spores germent à moins de 80% et leur croissance optimale se situe entre 95 et 100% d'humidité relative (*Aspergillus sp.* et *Penicillium sp.*).

✓ Le pH : Les moisissures peuvent croître dans une gamme de pH allant de 3 à 8 (pH optimal est de 5 à 6), les fruits et les légumes ayant un pH inférieur à 6, sont une bonne cible d'infestation fongique. Le pH nécessaire pour la toxinogénèse est inférieur à celui de la croissance fongique

✓ La température : la plupart des champignons sont mésophiles avec des optima de croissance variant de 25 °C à 35°C. Pour d'autres, elles sont psychrophiles ou psychrotolérantes (Botton *et al.*, 1990). La température permettant une toxigénèse optimale est en général voisine de la température optimale de croissance (Pfohl-Leskowicz, 1999). Par ailleurs, les mycotoxines peuvent être élaborées à des températures généralement inférieures à celle de la croissance (Samson *et al.*, 2004).

✓ La composition du substrat en éléments nutritifs : Les glucides sont les sources de carbone les plus utilisées par les moisissures, la présence de quelques substances dans les aliments stimule la croissance des moisissures et la production des mycotoxines comme le saccharose et les acides aminés, la contamination d'une denrée alimentaire par les moisissures dépend de la nature du substrat en particulier de la nature des glucides disponibles.

La plupart des moisissures sont aérobies, l'augmentation de la teneur en CO₂ (20%), surtout si elle est associée à une réduction en oxygène, provoque une chute importante de la production d'aflatoxines (Le Bars, 1988).

3) Réglementation et législation sur les mycotoxines

L'impacte des mycotoxines sur la santé publique et les pertes économiques causées par l'accumulation de ces toxines au niveau de plusieurs denrées alimentaires, tel que les fruits secs (Kabak *et al.*, 2006), a incité les gouvernements des pays et les organisations mondiales à prendre des mesures de sécurité en posant des normes tolérables à chaque denrée alimentaire, telle qu'elle est citée dans les recommandations du règlement N°: 466/2001 et N°: 1881/2006 de l'Union Européenne fixent les teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires.

Tableau I : Quelques teneurs autorisées de chaque mycotoxine dans les aliments destinés à la consommation humaine

Denrées alimentaires	Mycotoxines		Teneurs maximales (ug /kg)
Arachides, fruits à coque et fruits séchés et produits dérivés de leur transformation, destiné à la consommation humaine directe ou utilisés comme ingrédient de denrées alimentaires	aflatoxines	B1	2,0
		B1, B2, G1, G2	4,0
Fruits à coque et fruits séchés destinés à être soumis à un traitement de triage ou à d'autres méthodes physiques avant leur consommation humaine ou leur utilisation comme ingrédient de denrées alimentaires	aflatoxines	B1	5,0
		B1, B2, G1, G2	10,0
Céréales (y compris le sarrasin, <i>Fagopyrum sp.</i>) destinées à être soumises à un traitement de triage ou à d'autres méthodes physiques avant leur consommation humaine ou leur utilisation comme ingrédient de denrées alimentaires	aflatoxines	B1	2,0
		B1, B2, G1, G2	4,0
Lait [lait cru, lait pour la fabrication de produits à base de lait et lait traité thermiquement	Aflatoxines M1		0,05
Céréales (y compris le riz et le sarrasin) et produits dérivés des céréales Grains de céréales brutes (y compris le riz brut et le sarrasin)	Ochratoxines A		5,0
Raisins secs (raisins de Corinthe, sultanines et autres raisins secs)	Ochratoxines A		10,0
Grains de café torréfié et café torréfié moulu à l'exception du café soluble Café soluble (café instantané)	Ochratoxines A		5,0
			10,0
Mout de raisins et mout de raisins concentré reconstitué, destinés à la consommation humaine directe	Ochratoxines A		2,0

4) Les stratégies de luttés biologiques et de réduction des niveaux de contamination par les mycotoxines

Vue que la présence des mycotoxines au niveau des aliments est inévitables c'est pour cela que le seul moyen c'est la prévention par décontamination qui peut couvrir à l'ensemble des mycotoxines sans rendre les denrées traitées impropres à la consommation, il faut aussi trouver des procédés faciles à mettre en œuvre et peu coûteux, il existe des procédés chimiques, physiques ou biologique.

1- chimiques : Cette méthode se base sur l'utilisation des composés chimiques capables de transformer les mycotoxines en d'autre métabolites (commission Européenne,2006), en

faisant intervenir des acides et des bases (ammoniaque et soude), des agents oxydants (peroxyde d'hydrogène et l'ozone), des agents réducteurs (bisulfites), des agents chlorés, le formaldéhyde (Yiannikouris et *al.*, 2002).

2- physiques: Cette méthode consiste au lavage par de l'eau et de carbonate de sodium, le séchage, le broyage... (Yiannikouris et *al.*, 2002).

3-biologiques: Elle se fait par plusieurs méthodes à savoir l'utilisation des microorganismes capables de se lier aux mycotoxines et les rendre inactives, tel que les bactéries lactiques (Shams et *al.*, 2013), les métabolites secondaires des plantes, tel que les composés phénoliques (antioxydants), les terpènes et les composés azotés (Macheix et *al.*, 2005, Mazid et *al.*, 2011), l'utilisation des extraits naturels des plantes (huiles essentielles) non nocifs à l'environnement et à la santé ayant le pouvoir de lutter contre les contaminations fongiques et /ou mycotoxines (Isman et Machiel, 2006).

Chapitre III : Généralités sur les huiles essentielles

1) Définition

Selon la sixième édition de la pharmacopée Européenne, l'huile essentielle peut être définie comme un « produit odorant », généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement défini, soit par extraction à la vapeur, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparé de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition. (Commission Européenne de Pharmacopée, 2009).

Les huiles essentielles sont synthétisées à partir de plusieurs plantes aromatiques en tant que métabolites secondaires, elles sont élaborées par ses organes sécréteurs et de stockage (figure 03), telles que des poiles sécrétoires, des poches, des glandes, des cavités, des sacs sécrétoires, des canaux sécréteurs et des cellules sécrétrices (Brunechon, 1987; Bakkali et al., 2008 ; Bouyahya et al., 2018). Ces organes sont localisés dans les différentes parties des plantes et des arbres aromatiques telles que semence, les racines (iris), bois, les feuilles (citronnelle), les fruits (vanille), fleurs (rose), l'écorce (cannelle), graines (fenugrec), rhizomes (gingembre), les sommités fleuries (lavande), bulbes (ail), les bourgeons, les herbes et les brindilles (Boukhatem, 2019 et Chraibi et al., 2021).

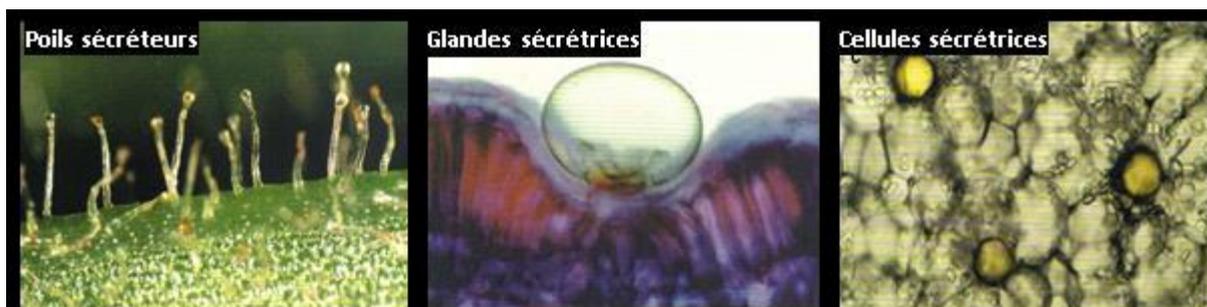


Figure 03: Coupes histologiques de quelques appareils sécréteurs (Svoboda KP et Svoboda TG, 2000).

Il est important de faire la distinction entre l'huile essentielle et les essences. Ces dernières sont des sécrétions naturelles produites par des organismes végétaux, tandis que les huiles essentielles sont les résultats de l'extraction d'essences (Benmeggoura et Zerroukhi, 2021).

2) Propriété physico-chimiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des composés d'odeur forte. Elles sont liquide à température ambiante, peu hydrosoluble, mais soluble dans l'alcool et la plupart des solvants organiques (chloroforme, le benzène, l'éther de pétrole etc.). Elles peuvent prendre une couleur jaune pal mais généralement pour la plupart sont incolores. Elles ont

une faible densité généralement inférieure à celle de l'eau, à l'exception de quelques essences: celle de la cannelle et de girofle. Elles ont un indice de réfraction élevée et ses derniers possèdent la capacité de dévier la lumière polarisée (Deschepper, 2017).

La conservation doit se faire à l'abri de la lumière (flacon en verre fumé) et de l'humidité à basse température entre le stockage au réfrigérateur est déconseillé (Desmares et *al.*, 2008).

3) Composition chimique des huiles essentielles

D'un point de vue de structure chimique sont des mélanges complexes et variable de différents composés chimiques dissous l'un dans l'autre formant ainsi des solutions homogènes, ses constituant appartiennent quasi exclusivement à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes d'une part, et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane d'une autre part. Elles peuvent également renfermer divers produits issus de processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatiles (Benayad, 2008 ; Guinoiseau, 2010).

La composition chimique des huiles essentielles peut être dépendante de plusieurs facteurs: le climat, l'altitude, la nature du sol et son pH, la période de récolte et la technique de séchage et d'extraction (Atailia et Djahoudi, 2015). Les HEs sont constitués de deux fractions l'une est volatile, constituent 90 à 95% de l'huile essentielle, elle comprend les terpènes et les composés aromatiques et l'autre non volatile représente 5 à 10% de l'huile essentielle et contient des acides gras, des stérols, des caroténoïdes et des flavonoïdes... (De Castro et *al.*, 1999).

4) Propriétés pharmacologiques et activités biologiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles ont des propriétés pharmacologiques nombreuses et variées. Elles peuvent être: antioxydantes, anti-infectieuses, anti-inflammatoires, antispasmodiques, antimicrobiennes, cytotoxiques, acaricide, anticancéreuses, antiviraux, antimycosiques (antifongiques), antiparasitaires, hypolipémiantes, antiseptiques grâce aux aldéhydes et terpènes (les terpènes possèdent des propriétés anti-hypertensives, antirétrovirales, anti-inflammatoires, analgésiques, antimicrobiennes et antiparasitaire), inhibition d'odeur et insecticide.

Selon plusieurs études l'activité antimicrobienne des huiles essentielles se classe dans l'ordre décroissant selon la nature de leurs composés majoritaires: phénols > alcools > aldéhydes > oxydes > hydrocarbures > ester (Kouassi K.S, 2017).

5) Activité antifongique des huiles essentielles

De nombreux types d'HE obtenus à partir de différentes plantes ont présenté d'intenses propriétés antifongiques. L'activité antimicrobienne ou antifongique de l'huile essentielle peut être causée par les propriétés des terpènes ou terpénoïdes, qui en raison de leur nature hautement lipophile et de leur faible poids moléculaire sont capables de perturber la membrane cellulaire, de provoquer la mort cellulaire ou d'inhiber la sporulation et la germination de champignons (Nazzaro et *al.*, 2017).

De nombreuses études ont montré et ont confirmé l'effet antifongique de différentes HEs, qui est dû à leur richesse en composés terpéniques, alcooliques et phénoliques avec des concentrations relativement différentes. Ces composés chimiques ont pu contrôler le champignon en réduisant la croissance mycélienne ou une inhibition complète, l'incidence et la sévérité de la maladie de poste récolte des fruits, de même certains gènes liés à la pathogénicité du champignon ont été réduits et inhibant totalement la germination des spores (Ait-Ali et *al.*, 2021).

6) Mode d'action des huiles essentielles

Leur activité antimicrobienne est principalement en fonction de leur composition chimique, et en particulier de la nature de leurs composés volatils majeurs.

Deux revues récentes sur les mécanismes d'action des métabolites secondaires, y compris les HEs et les extraits de plantes (obtenus par extraction par solvant organique), ont souligné six mécanismes différents concernant les propriétés antifongiques (Raveau et *al.*, 2020; Ait-Ali et *al.*, 2021). Les HEs inhibent la formation de la paroi cellulaire des champignons en perturbant sa membrane cellulaire par l'inhibition de la biosynthèse de l'ergostérol, elles affectent les mitochondries fongiques en inhibant le transport d'électrons mitochondriaux, elles inhibent la division cellulaire, les composés bioactifs de ces huiles interfèrent la synthèse d'ARN ou d'ADN et/ou inhibent la synthèse des protéines, comme elles inhibent les pompes à efflux.

7) Utilisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles ont des champs d'application très variés dans la vie courante. Actuellement, nous pouvons retenir quatre principaux domaines d'utilisation industrielle : l'alimentation, l'aromathérapie, la parfumerie et la cosmétique et la chimie (Mebarki et Bougueffa, 2012).

***En industrie alimentaire**

Les huiles essentielles et leurs composants, actuellement employées comme arômes alimentaires, des agents naturels pour la conservation des aliments par leurs pouvoir antimicrobien et antioxydant, approuvés comme additif alimentaire par la Food and Drug Administration (Caillet S et Lacroix M, 2007).

***En agriculture**

Les huiles essentielles sont utilisés comme moyen alternatifs, à l'utilisation des produits chimiques pour faire face aux problèmes de pourritures des fruits et maladie en /de poste récolte causés par les champignons et leurs mycotoxines, comme biopesticides pour la protection des cultures contre les insectes afin de répondre aux exigences de l'agriculture biologique (produit de protection écologique) (Louhibi, 2018 ; Ait-Ali et *al.*, 2021).

8) Toxicité des huiles essentielles

Les huiles essentielles bien qu'ils sont des produits issus de plantes, elles peuvent présenter une certaine toxicité pour le consommateur (Ait-Ali et *al.*, 2021).

Les huiles essentielles sont des substances très puissantes et très actives, il ne faut donc jamais dépasser les doses prescrites, quel que soit la voie d'absorption (Englebin, 2011). Ainsi les HEs ne seront toxiques par ingestion ou par contact que si des concentrations importantes sont utilisées (Degryse et *al.*, 2008), car toute substance est potentiellement toxique à dose élevée ou répétée.

Paracelse a dit : "rien n'est poison, tout est poison, tout dépend de la dose ".

Partie

Expérimentale

L'objectif principal de notre travail consiste à mettre en évidence l'activité antifongique de composés bioactifs vis-à-vis de quelques souches de champignons microscopiques potentiellement toxigène à savoir *Aspergillus* section *Nigrii*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus* section *Flavii* (*Aspergillus flavus* et *Aspergillus parasiticus*) et *Aspergillus* section *Circumdati* (*Aspergillus ochraceus*) isolées de la figue sèche *Ficus carica*, en vue de les utiliser comme alternative d'origine synthétique.

Les expériences concernant cette étude ont été effectuées au laboratoire de recherche Biomathématique, Biophysique, Biochimie et de Scientométrie (L3BS) de l'université Abderrahmane mira (Bejaia).

1) Composés bioactifs utilisés

Les composés bioactifs qui ont fait l'objet de notre étude sont des huiles essentielles d'origine végétale 100% pure et naturelle. Ces extraits végétaux sont dotés d'activité antifongiques et anti mycotoxine prouvées à l'égare de plusieurs espèces.

Six (06) huiles essentielles et deux (02) huiles végétales ont été évaluées dans notre étude (Figure 4). Le chémotype, les parties distillées (utilisées) et le lieu de récolte (source) sont illustrées dans le tableau II.

Tableau II. Les huiles essentielles étudiées.

Nom scientifique	Nom vernaculaire français	Nom vernaculaire arabe	Source	Partie distillée utilisée	Chémotype	Nature des extraits
<i>lavandula officinalis</i>	Lavande (lavande vraie)	الخزامة	France acheté	Rameaux feuilles	Linalyl acetate Linalol ocimene terpinèn- 4-ol	HE
<i>Syzygium aromaticum</i>	Clou de girofle (girofle)	القرنفل العطري	Indonésie acheté	Boutons floraux	phenol 70 à 85 % (Eugénol) Esther 15 à 20 %	HE
<i>Mentha x piperita</i>	Menthe poivrée	فليو النعناع الفلفل	Californie USA acheté	Partie aérienne avant floraison	30 à 50 % menthone 14 à 32 % Limonène 1,8 cinéol carvone 9 %	HE

<i>Citrus limunum</i>	Citron zeste	الليمون	Algérie acheté	Zeste	Limonène en majoritaire et d'aldéhyde en faible pourcentage	HE
<i>Pelargonium asperum</i>	Géranium Rosa	إبرة الراعي (العطرشع)	Algérie acheté	Feuille	Alcool monoterpénique: 30 à 50 % citronellol 5 à 10 % géraniol et Linalol 10 % Ester	HE
<i>Eucalyptus globulus</i>	eucalyptus	الاوكاليببتس	Algérie acheté	Feuille des rameaux	1,8-cinéol (eucalyptol) et alpha-pinène	HE
<i>Nigella sativa</i>	nigelle	السانوج	Algérie acheté	Graines	Polyphenols(B-sitosterol stigmasterol), et acide oléique.	HV
<i>Trigonella foenum-graecum</i>	fenugrec	الحلبة	Algérie achète	Graines	/	HV



Figure 04 : photographie des huiles essentielles étudiées.

2) Isolats fongiques

L'activité antifongique des différentes huiles essentielles a été évaluée vis-à-vis de six (06) souches fongiques (Tableau III) potentiellement ochratoxinogène et aflatoxinogène contaminants les figues sèches collectées.

Tableau III. Les isolats fongiques testés

Groupes	Espèces fongiques
<i>Aspergillus</i> section <i>Flavii</i>	<i>Aspergillus flavus</i>
	<i>Aspergillus parasiticus</i>
<i>Aspergillus</i> section <i>Circumdati</i>	<i>Aspergillus ochraceus</i>
<i>Aspergillus</i> section <i>Nigrii</i>	<i>Aspergillus</i> section <i>Nigrii</i>
	<i>Aspergillus niger</i>
<i>Mucorales</i>	<i>Mucor sp</i>

2-1 Collecte des souches fongiques

Les isolats fongiques ont été obtenus après un isolement sur un milieu sélectif DG18 suivi d'un repiquage sur le même milieu afin de purifier et d'identifier morphologiquement les isolats obtenus, cette partie est effectuée par le doctorant Mr. ARROUL Younes au sein du Laboratoire (L3BS).

2-1-1 Isolement de la mycoflore potentiellement aflatoxinogènes et ou ochratoxinogènes présente dans les échantillons de figues sèches collectées

Méthode de contact direct

L'isolement de la flore fongique a été effectué à partir de 3 à 3.5 kg d'échantillons de figues sèches récoltées en deux saisons d'automne dans deux années 2020 et 2021 au niveau de la région de Beni Maouche de la wilaya de Bejaïa. Les figues sèches récoltées appartenant aux variétés « Aveckan Extra » et « Taamriwt Extra ».

Les échantillons de fruits secs ont été désinfectés en surface avec de l'éthanol à raison de 70 % en utilisant du coton afin d'éliminer la poussière et les spores exogène, puis les figues ont été découpés en 4 à 5 portions à l'aide d'un scalpel stérile et déposées stérilement à la surface de milieu de culture DG18 en exerçant une pression afin de favoriser le développement de mycélium végétatif de micromycètes suspectées.

Les boîtes de Pétri ont été incubées à 28°C pendant 7 à 10 jours (Tabuc, 2007).



Figure 5 : isolement de la mycoflore présente dans la figue sèche avec la méthode du contact direct.

2-1-2 Repiquage et purification

Le but des repiquages est l'obtention des isolats fongiques spécifiques et plus purs c'est pour cela des repiquages successifs sont réalisés.

Le repiquage a été effectué par prélèvement d'un fragment de colonie à l'aide d'une pipette Pasteur stérilisée de tout en évitant son contact avec les autres colonies avoisinantes de la même boîte de Pétri soigneusement étiquetée. Les souches pures obtenues seront par la suite soumises à une identification morphologique réalisée par observation macroscopique et microscopique au grossissement ($G \times 10$) (Guiraud, 2003).

- Revivification des souches fongiques cultivées sur milieu DG18 et conservées au réfrigérateur (4°C)

Le but de ce repiquage est d'obtenir des souches fongiques jeunes et prêtes à être testées.

Le repiquage a été effectué pour des souches d'*Aspergillus* section *Nigrii* par inoculation d'une charge sporale (10^4 spores /ml) à l'aide d'une anse de platine stérile qui a été déposée au centre de la boîte de Pétri contenant le milieu de culture DG18. Pour les autres moisissures

A.ochraceus, *A.parasiticus*, *A.flavus*, *A.niger* et *Mucor*, le repiquage a été effectué à partir d'une suspension sporale à l'aide d'une anse de platine stérile, déposée au centre de la boîte de Pétri contenant le même milieu de culture.

Les boîtes de Pétri ont été incubées à 28°C pendant 7 jours (Guiraud, 2003).

3) Mise en évidence et évaluation de l'activité antifongique des HEs

3- 1 Préparations de la suspension conidienne

La suspension conidienne pour chaque souche testée a été préparée à partir de cultures jeunes, incubées pendant 7 jours. Les spores ont été récupérées après l'ajout de 10 ml d'eau distillée stérile la surface de chaque culture fongique (boîte de Pétri) suivi d'un racleage à l'aide d'une pipette Pasteur, puis les 10 ml ont été récupérés et versés dans des tubes à essai avec quelques gouttes de tween 80. Après homogénéisation au vortex, 1 ml de chaque solution mère préparée a été diluée dans 9ml de l'eau physiologique afin de déterminer sa concentration en spore en utilisant la cellule de Malassez.

Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau IV.

Tableau IV. Standardisation de l'inoculum fongique.

Suspension conidienne pour la mise en évidence d'activité antifongique	Inoculum (conidies/ml)	Suspension conidienne pour la détermination des CMI	Inoculum (conidies/ml)
<i>Aspergillus section Nigrii</i>	1.912*10 ⁶	<i>Aspergillus section Nigrii</i>	8*10 ⁶
<i>Aspergillus parasiticus</i>	5.173*10 ⁶	<i>Aspergillus parasiticus</i>	3.7*10 ⁶
<i>Aspergillus niger</i>	4.8*10 ⁶	<i>Aspergillus niger</i>	/
<i>Mucor</i>	3.8*10 ⁶	<i>Mucor</i>	/
<i>Aspergillus flavus</i>	/	<i>Aspergillus flavus</i>	1.2*10 ⁶
<i>Aspergillus ochraceus</i>	/	<i>Aspergillus ochraceus</i>	1.5*10 ⁶

3- 2 Test d'activité antifongique par la méthode de diffusion sur gélose Muller Hinton

La méthode connue par le test des puits est l'une des techniques de diffusion sur milieu solide (M.H) qui est la plus utilisée et la plus simple pour mettre en évidence l'activité antifongique des HEs (Kermiche et Chougui, 2014).

- Quatre puits d'environ 6 mm de diamètre ont été creusés stérilement dans la gélose MH préalablement inoculée par écouvillonnage avec la suspension conidienne diluée (souche à tester), pour y introduire une aliquote de 150 µl d'HE pure à tester (une l'huile dans chaque puits) (**Figure 06**).

- Chaque test a été réalisé en deux répétitions afin de s'assurer de la fiabilité des résultats.

- Les boîtes ont été conservées pendant 2h à température 4°C pour permettre la diffusion des HEs et arrêter momentanément la croissance fongique, puis incubées à 28°C pendant 3 jours.

- L'effet des HEs à l'égard des champignons ciblés a été déduit par la mesure de diamètre des zones d'inhibition à l'aide de pied à coulisse afin de qualifier les souches sensibles ou résistantes (Mouas et *al.*, 2017).

- (-) souche résistante ($D < 8$ mm)
- (+) souche sensible ($9 \text{ mm} < D < 14$ mm)
- (++) souche très sensible ($15 \text{ mm} < D < 19$ mm)
- (+++) souche extrêmement sensible ($D > 20$ mm)

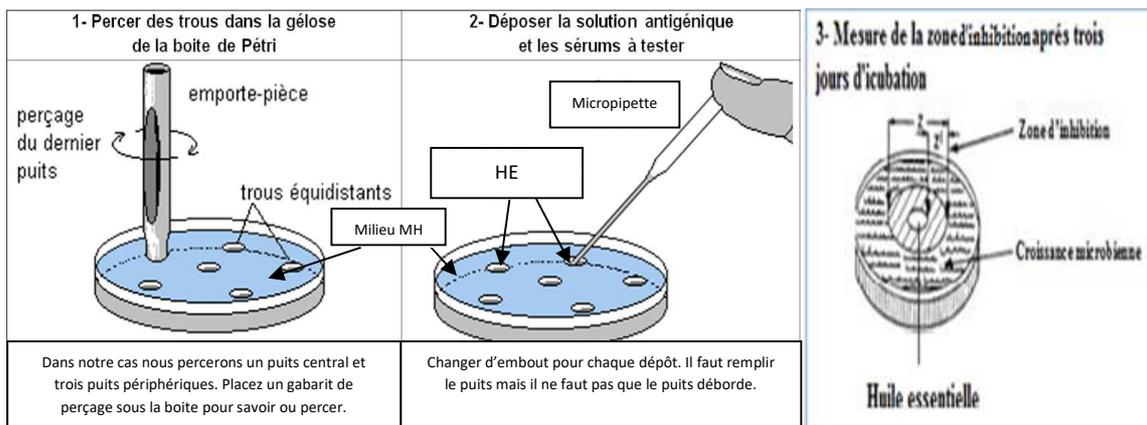


Figure 06 : Schéma représentatif de la méthode de diffusion par la technique des puits (Boubrit et Boussad, 2007).

3- 3 Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

Cette technique consiste à inoculer, par une suspension conidienne, une gamme de concentration décroissante en HE. Après incubation, l'étude de la gamme permet de déterminer la concentration minimale inhibitrice (CMI) relative à chaque extrait, qui est déterminée comme étant la plus faible concentration de l'extrait qui inhibe plus de 90 % de la croissance du germe fongique testé.

3- 4 Détermination de la nature de l'activité des l'huiles essentielles

Dans le but de déterminer la nature de l'activité des HEs (fongicide ou fongistatique), toutes les boîtes ayant des zones d'inhibitions après la réalisation du test d'activité, ont été incubées dans l'étuve à 25°C pendant une période allant jusqu'à 15 jours ou plus.

Si le champignon reprend sa croissance dans les zones d'inhibition, cela s'explique que l'HE possède une activité fongistatique. Dans le cas contraire, l'activité est dite fongicide.

déterminée comme étant la plus faible concentration de l'extrait qui inhibe plus de 90 % de la croissance du germe fongique testé.

La méthode de diffusion sur agar a été utilisée pour l'évaluation de l'activité antifongique des huiles essentielles et la détermination de la (CMI). Le test a été réalisé comme suit :

- Une aliquote de 200 μ L de l'HE à tester a été placée dans un tube à essai contenant 200 μ L de DMSO à 10 % (v/v) puis homogénéisé. Une dilution en cascade de demi en demi a été effectuée dans 200 μ L de DMSO à raison de 10 %, de manière à obtenir une gamme de concentration décroissante en HE (1 / 2 ,1 / 4,1 / 8,1 / 16 et 1 / 32) (Figure 7)

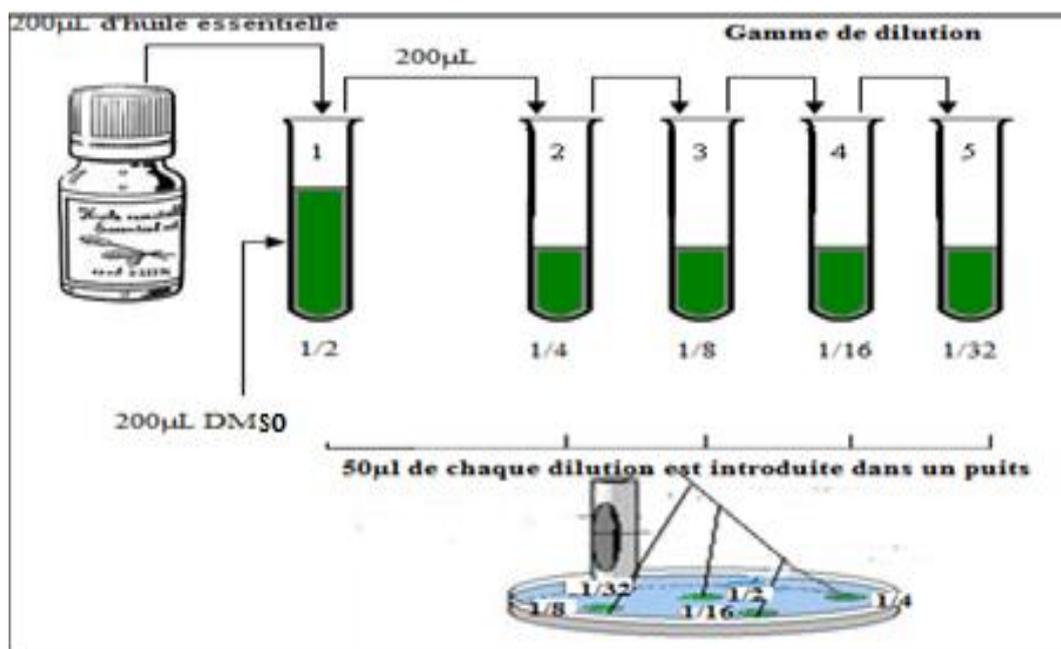


Figure 7: Schéma représentatif de la méthode de diffusion par la technique des puits

- À partir de différents tubes de la gamme, 50 μ L ont été prélevés à l'aide d'une micropipette et ont été versés sur les puits creusés sur la gélose MH préalablement inoculées avec des charges fongiques à l'ordre de 10^6 spores/ml pour chaque espèce fongique test. Les boîtes ont été laissées environ 2h à température basse pour permettre la diffusion des huiles essentielles.

- Après incubation à 28°C pendant 5 jours, les diamètres des zones d'inhibition ont été mesurés à l'aide d'un pied à coulisse, puis le taux d'inhibition de chaque concentration de la gamme a été calculé. Suivant la formule mathématique suivante :

$\text{Charge conidiénne} = \text{Nombre de spores comptées} \times \text{l'inverse de dilution} \times 10^2$

1) Les isolats fongiques

L'isolement et l'identification morphologique des isolats fongiques effectués par Mr ARROUL Younes ont révélé la présence de 3 genres fongiques (*Aspergillus*, *Mucor* et *Penicillium*) avec la dominance d'*Aspergillus* section *Nigrii* dans la plupart des échantillons de figes sèches étudiés. Les "Aspergilli noir" représentent 70% de la totalité des isolats, et les 30% restant sont répartie équitablement entre les *Aspergillus* section *Flavi* et le genre *Mucor*.

Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure 08.

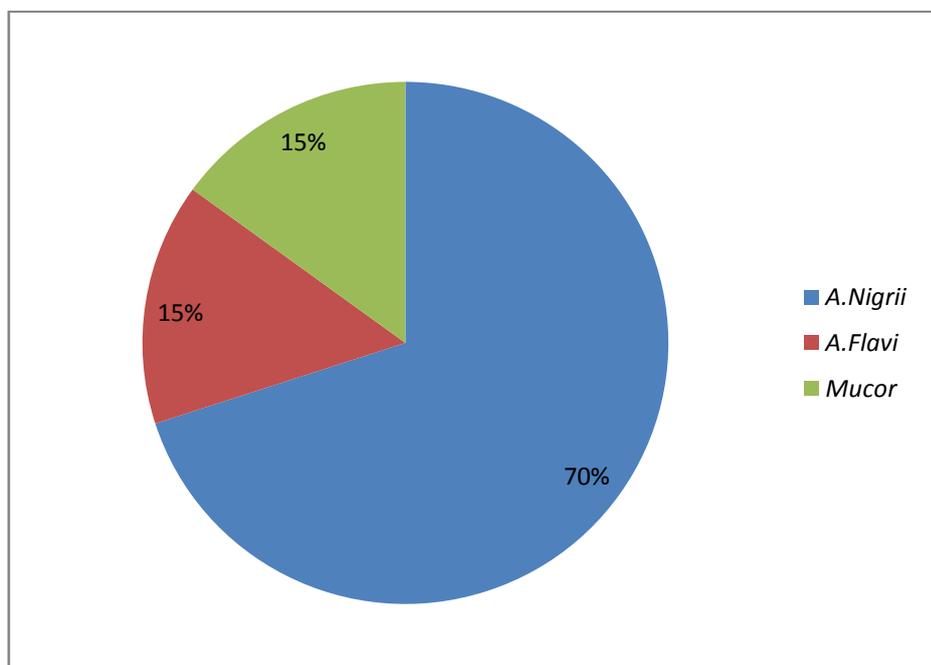


Figure 08 : Représentation récapitulatif d'analyse mycologique des échantillons de figes sèches collectées.

2) La mise en évidence et évaluation de l'activité antifongique des HEs

Les résultats de mise en évidence de l'activité antifongique des Six HEs à savoir : *Lavandula officinalis*, *Syzygium aromaticum*, *Mentha x piperita*, *Citrus limunum*, *Pelargonium asperum*, *Eucalyptus globulus* et deux huiles végétales à savoir : *Nigella sativa*, *Trigonella foenum-graecum* ont été testés pour leur activité antifongique à l'égard d'*Aspergillus* section *Nigrii*, *A.niger*, *A. flavus*, *A.ochraceus*, *A.parasiticus* et *Mucor*, sont configurés dans les figures ci-dessous :

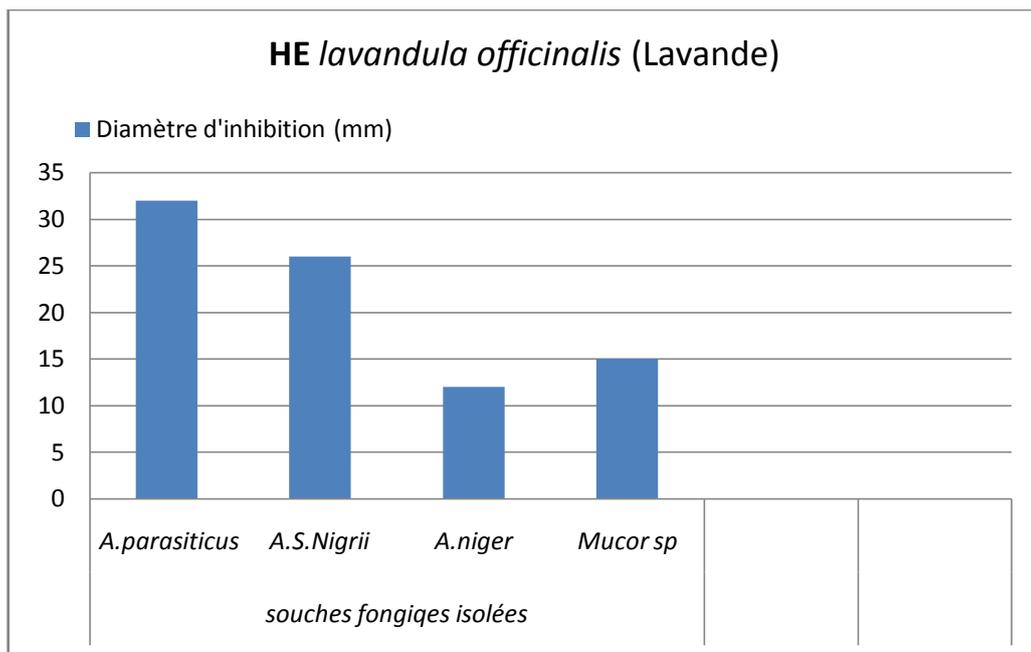


Figure 09 : Histogramme représentatif d'évaluation d'activité antifongique de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* vis-à-vis des souches fongiques isolées des figes sèches.

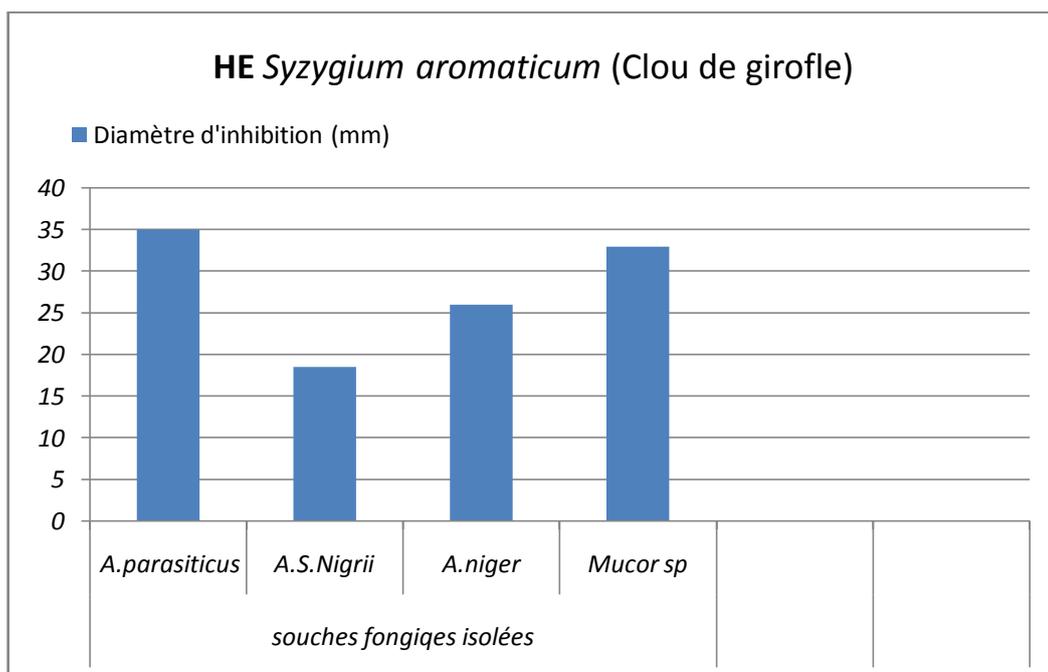


Figure 10 : Histogramme représentatif d'activité antifongique de l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* vis-à-vis des souches fongiques isolées des figes sèches.

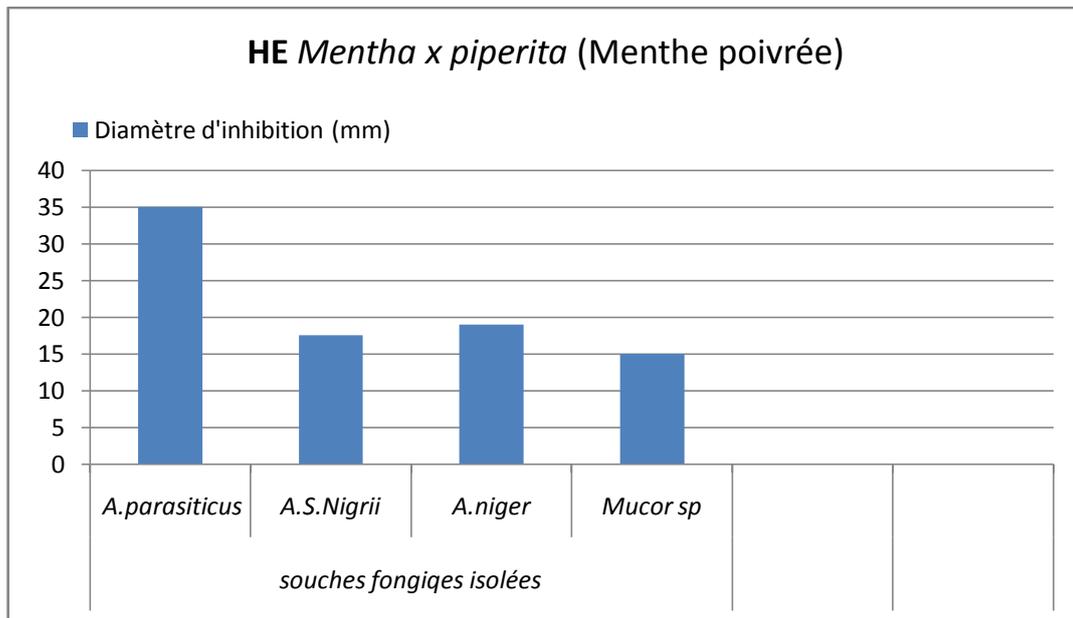


Figure 11 : Histogramme représentatif d'activité antifongique de l'huile essentielle de *Mentha x piperita* vis-à-vis des souches fongiques isolées des figes sèches.

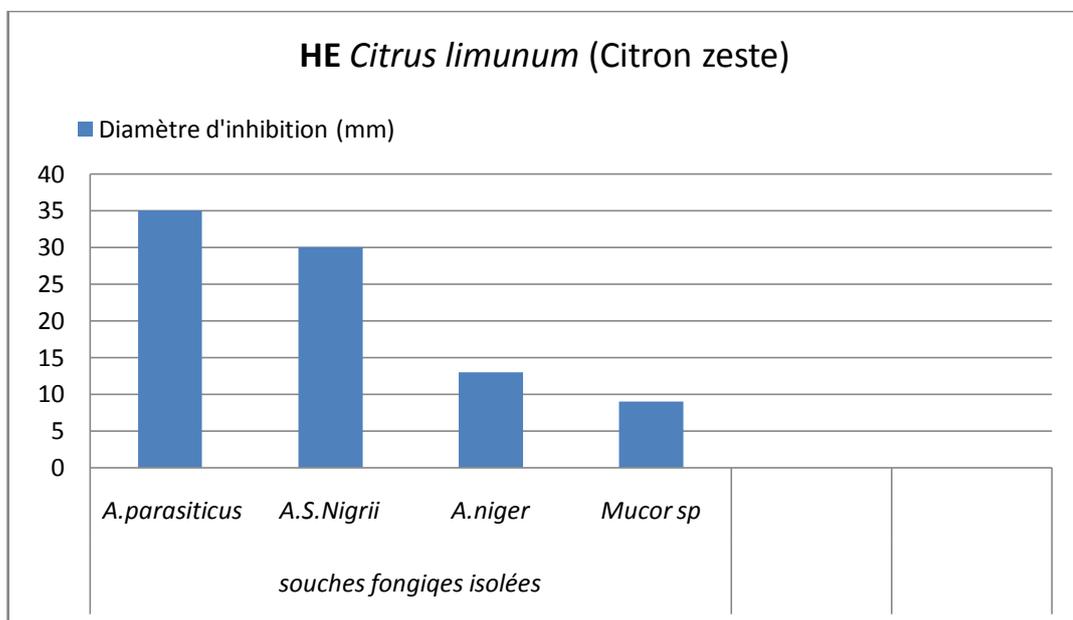


Figure 12 : Histogramme représentatif d'activité antifongique de l'huile essentielle de *Citrus limunum* vis-à-vis des souches fongiques isolées des figes sèches.

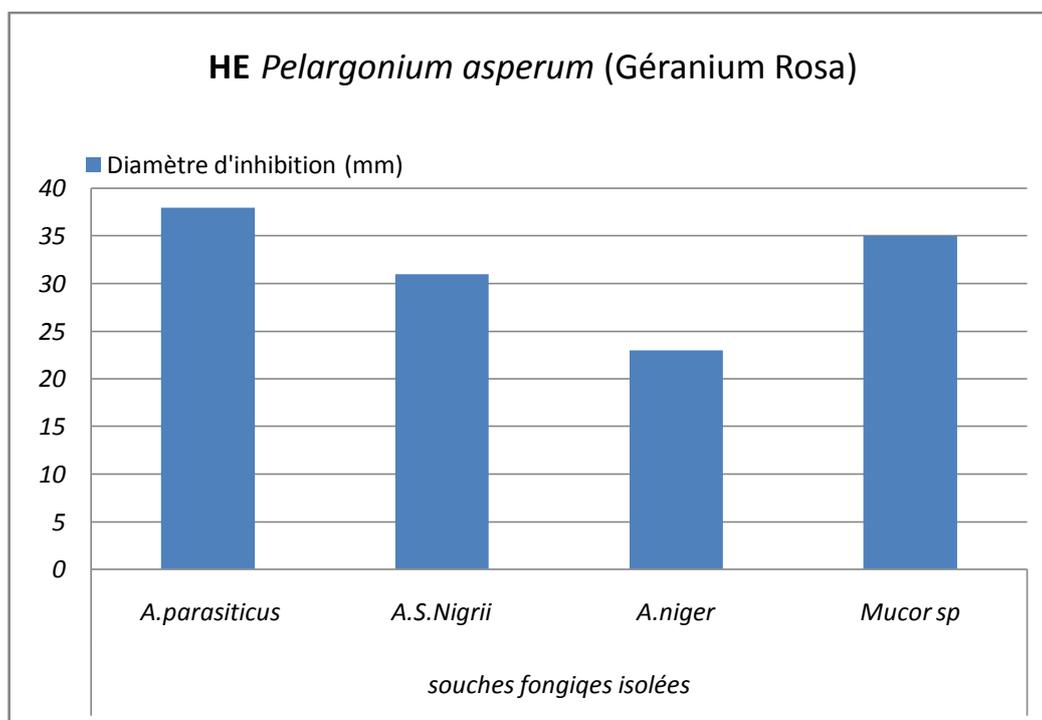


Figure 13 : Histogramme représentatif d'activité antifongique de l'huile essentielle de *Pelargonium asperum* vis-à-vis des souches fongiques isolées des figes sèches.

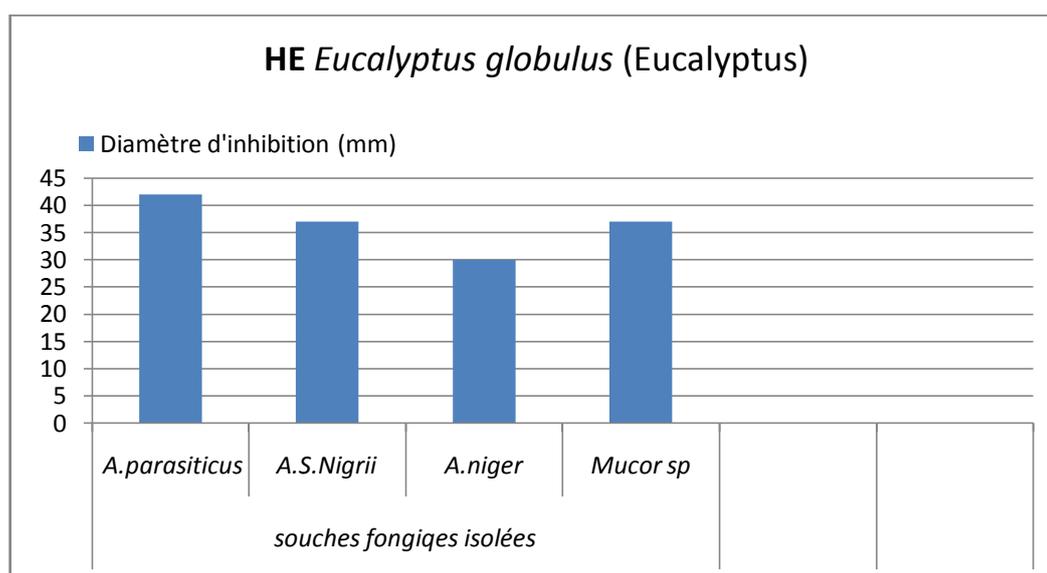


Figure 14 : Histogramme représentatif d'activité antifongique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* vis-à-vis des souches fongiques isolées des figes sèches.

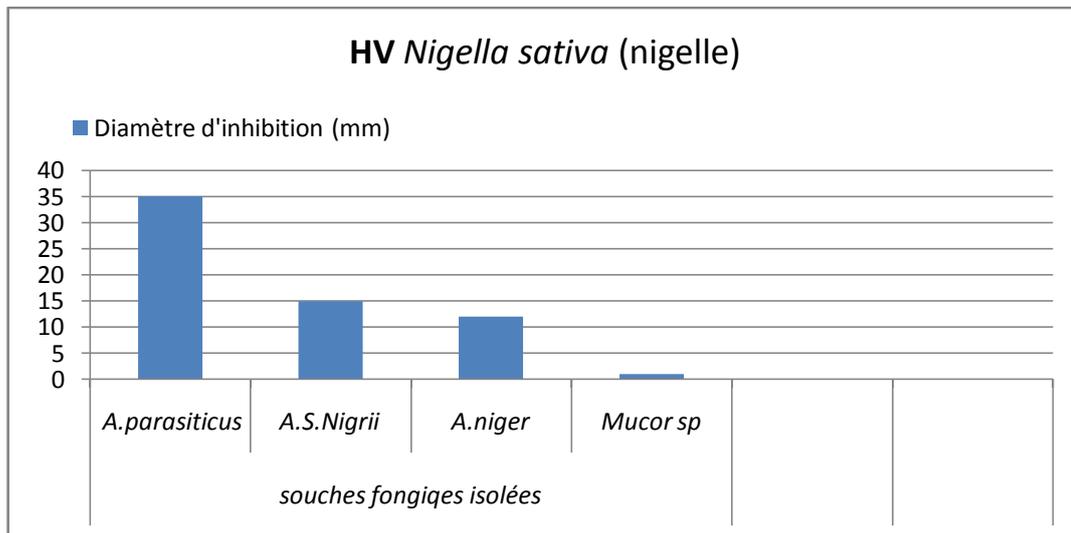


Figure 15 : Histogramme représentatif d'activité antifongique de l'huile essentielle de *Nigella sativa* vis-à-vis des souches fongiques isolées des figes sèches.

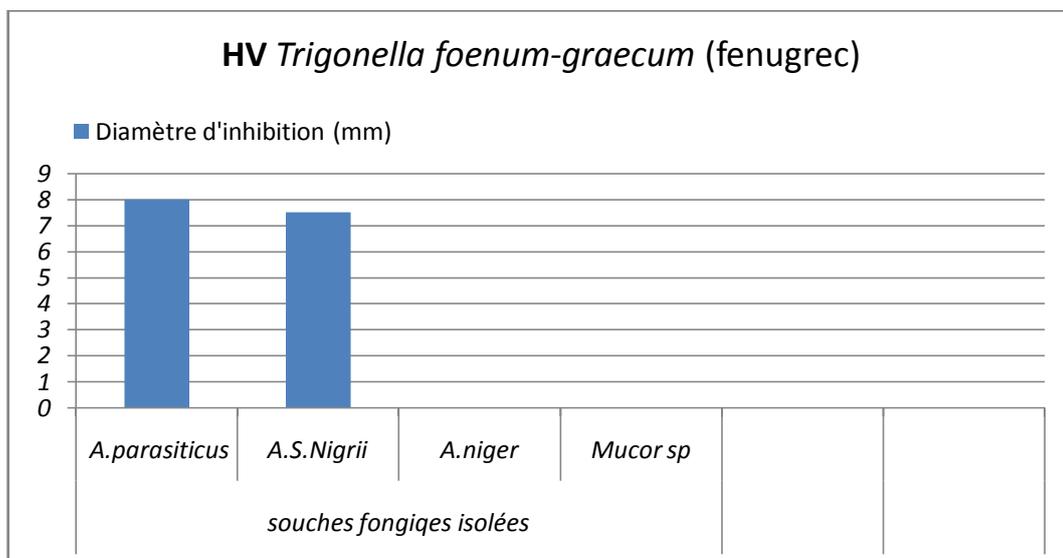


Figure 16 : Histogramme représentatif d'activité antifongique de l'huile végétale de *Trigonella foenum-graecum* vis-à-vis des souches fongiques isolées des figes sèches.

3) Détermination des CMI

Les résultats d'une deuxième expérience pour réévaluer l'activité antifongique des HES étudiés en présence d'un émulsionnant (DMSO). Ce dernier en concentration utilisé, n'a pas d'effet inhibiteur sur la croissance fongique. La détermination des concentrations minimales inhibitrices exprimés en facteurs de dilution (%) en présence de DMSO récapitulé dans le tableau V, et représentés dans les figures ci-dessous :

Tableau V. Concentration Minimale Inhibitrice relative (%) d'activité antifongique des huiles essentielles vis-à-vis les champignons toxigènes isolés des figes sèches.

HE	souches	1/2 (%)	1/4 (%)	1/8 (%)	1/16 (%)	1/32 (%)
HE1	<i>A.S.Nigrii</i>	80,76	50	30,76	0	0
	<i>A.parasiticus</i>	46,87	40,62	34,37	28,13	0
HE2	<i>A.S.Nigrii</i>	0	0	0	0	0
	<i>A.parasiticus</i>	60	48,57	57,14	52,85	48,57
HE3	<i>A.S.Nigrii</i>	60	0	0	0	0
	<i>A.parasiticus</i>	42,85	37,14	30	22,85	14,28
HE4	<i>A.S.Nigrii</i>	63,33	53,31	43,33	40	0
	<i>A.parasiticus</i>	51,42	40	34,28	28,57	22,85
HE5	<i>A.S.Nigrii</i>	/	/	/	/	/
	<i>A.parasiticus</i>	45,39	39,47	46,05	59,21	57
HE6	<i>A.S.Nigrii</i>	0	0	0	0	0
	<i>A.parasiticus</i>	57,14	48,57	42,85	34,28	28,57
HV7	<i>A.S.Nigrii</i>	48,64	40	35,13	27,02	21,2
	<i>A.parasiticus</i>	47,1	41,66	32,61	27,38	21,42
HV8	<i>A.S.Nigrii</i>	/	/	/	/	/
	<i>A.parasiticus</i>	0	0	0	0	0

/ Absence de croissance fongique

 : CMI(%)

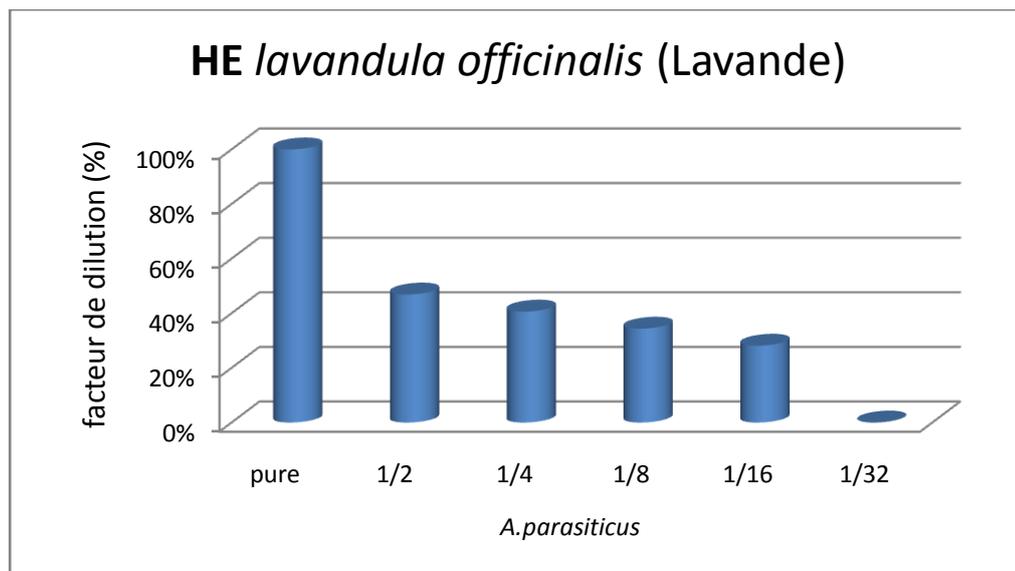
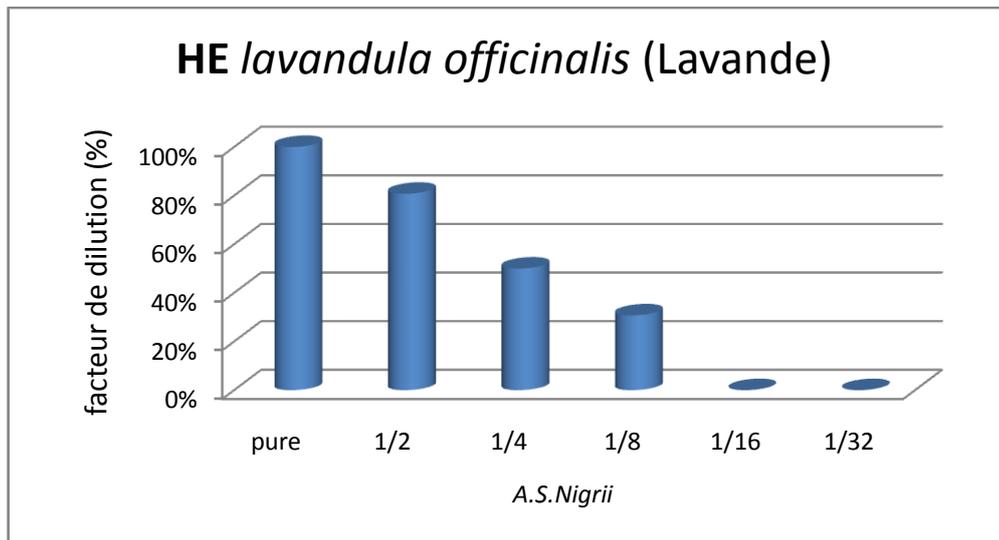


Figure 17 : Histogramme représentatif des CMI exprimé en facteur de dilution en présence de DMSO (%) de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* vis-à-vis *A.S.Nigrii* et *A.parasiticus*



Figure 18 : Représentation photographique de détermination des CMI de l'HE de *Lavandula officinalis* vis-à-vis *A.S.Nigrii* et *A.parasiticus*

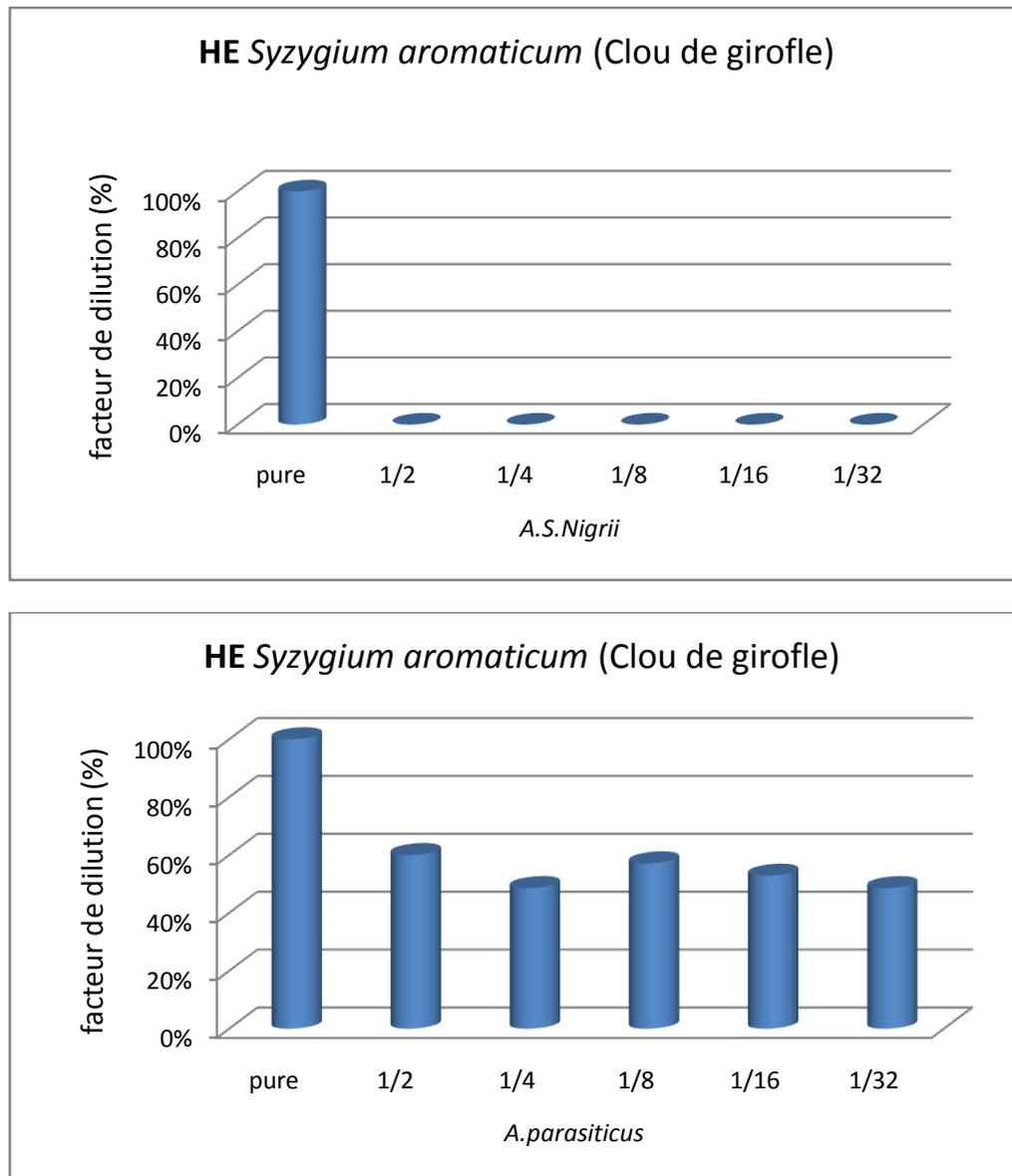


Figure 19 : Histogramme représentatif des CMI exprimé en facteur de dilution en présence de DMSO (%) de l’huile essentielle de *Syzygium aromaticum* vis-à-vis *A.S.Nigrii* et *A.parasiticus*



Figure 20 : Représentation photographique de détermination des CMI de l’HE de *Syzygium aromaticum* vis-à-vis *A.parasiticus*

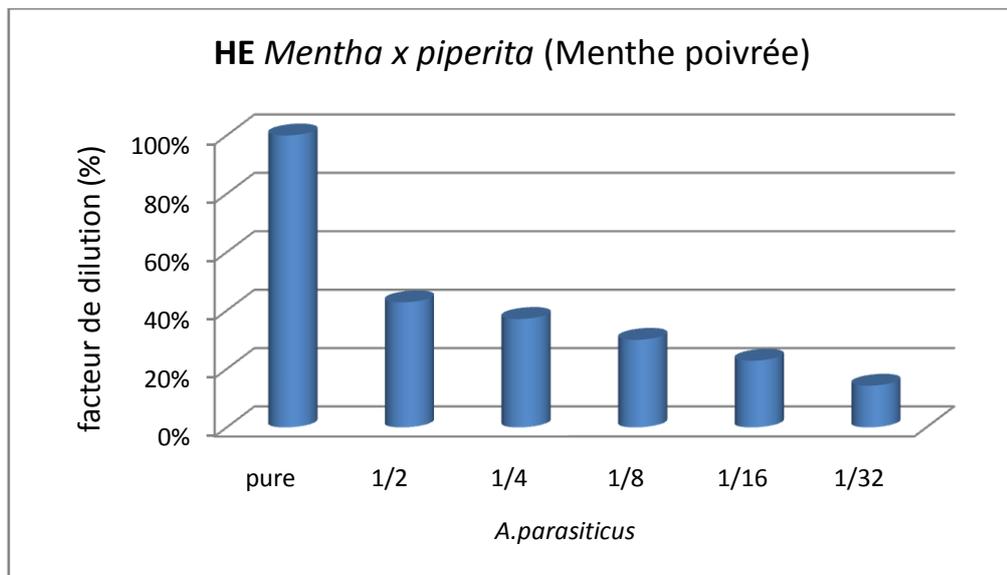
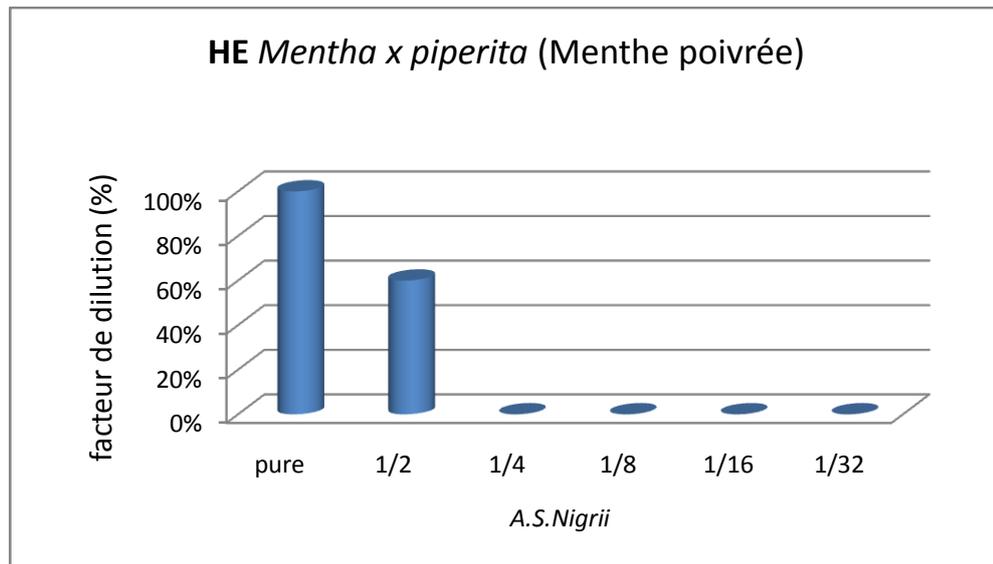


Figure 21 : Histogramme représentatif des CMI exprimé en facteur de dilution en présence de DMSO (%) de l'huile essentielle de *Mentha x piperita* vis-à-vis *A.parasiticus* et *A.S.Nigrii*



Figure 22 : Représentation photographique de détermination des CMI de l'HE de *Mentha x piperita* vis-à-vis *A.parasiticus*

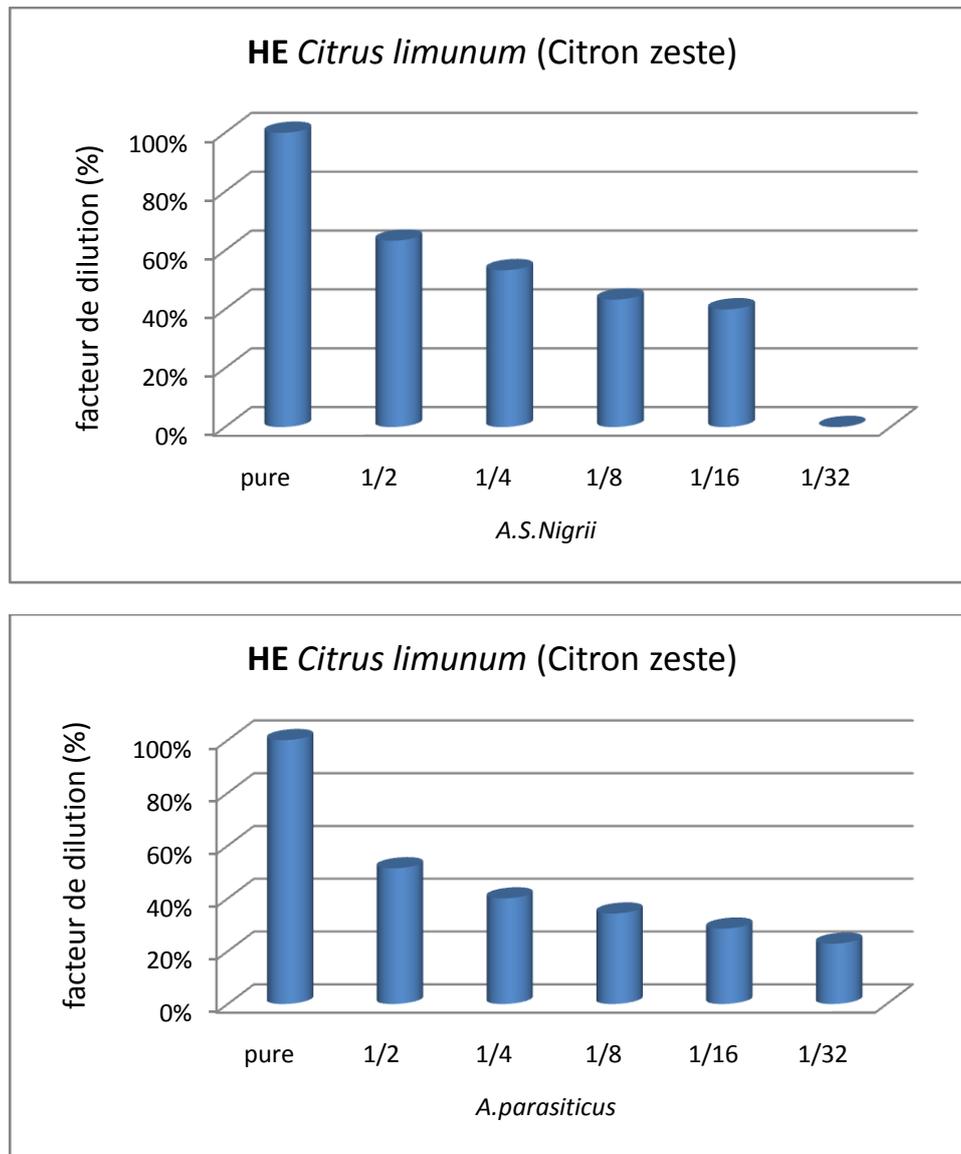


Figure 23 : Histogramme représentatif des CMI exprimé en facteur de dilution en présence de DMSO (%) de l'huile essentielle de *Citrus limunum* vis-à-vis *A.S.Nigrii* et *A.parasiticus*



Figure 24 : Représentation photographique de détermination des CMI de l'HE de *Citrus limunum* vis-à-vis *A.S.Nigrii* et *A.parasiticus*

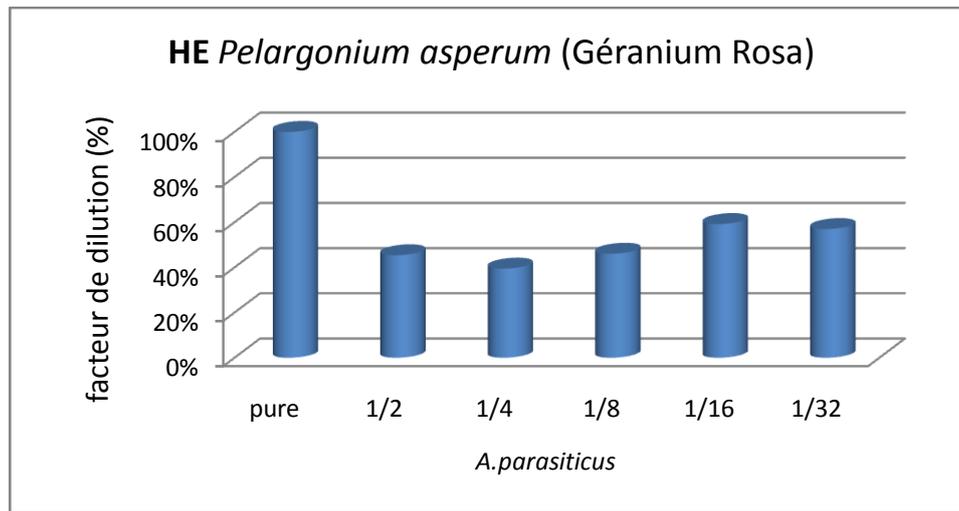


Figure 25 : Histogramme représentatif des CMI exprimé en facteur de dilution en présence de DMSO (%) de l'huile essentielle de *Pelargonium asperum* vis-à-vis *A. parasiticus*

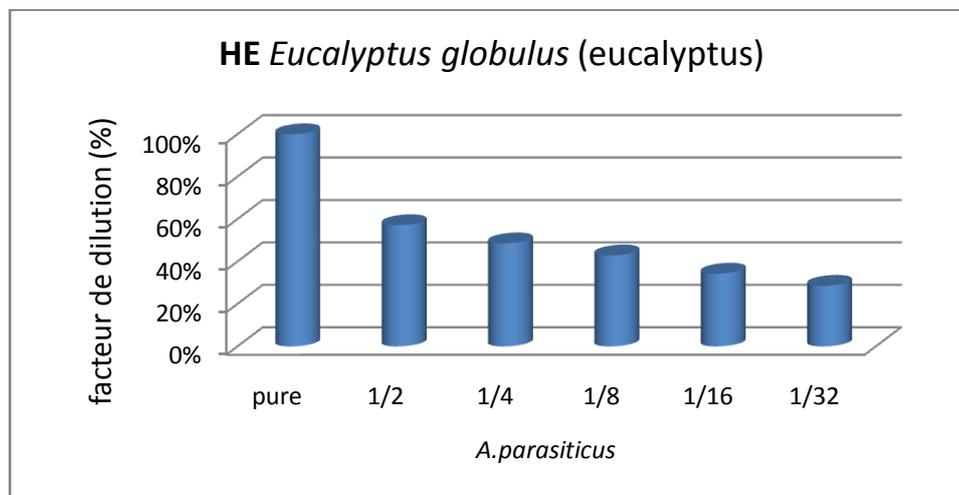


Figure 26 : Histogramme représentatif des CMI exprimé en facteur de dilution en présence de DMSO (%) de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* vis-à-vis *A. parasiticus*



Figure 27 : Représentation photographique de détermination des CMI de l'HE de *Pelargonium asperum* vis-à-vis *A. parasiticus*



Figure 28 : Représentation photographique de détermination des CMI de l'HE d'*Eucalyptus globulus* vis-à-vis *A. parasiticus*

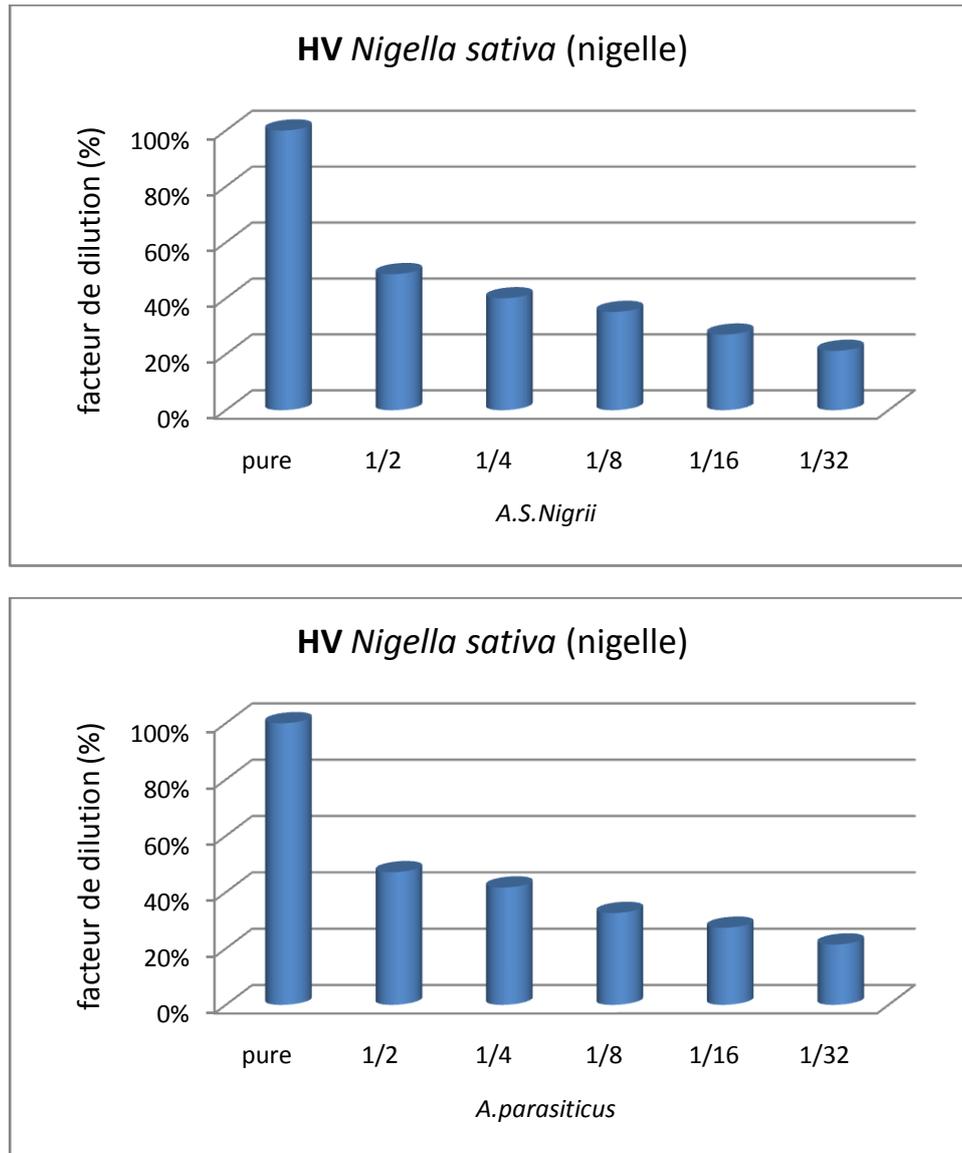


Figure 29 : Histogramme représentatif des CMI exprimé en facteur de dilution en présence de DMSO (%) de l'huile végétale de *Nigella sativa* vis-à-vis *A.S.Nigrii* et *A.parasiticus*



Figure 30 : Représentation photographique de détermination des CMI de l'huile végétale de *Nigella sativa* vis-à-vis *A.S.Nigrii* et *A.parasiticus*

4) Détermination de la nature de l'activité antifongique des HEs testées

Après 26 jours de la ré-incubation des boîtes comportant les champignons ayant présenté des zones d'inhibition (+) à 28°C, on a obtenu les résultats suivants :

*Une croissance fongique à nouveau sur la zone d'inhibition pour certaines souches ceci explique l'effet fongistatique de l'HE vis-à-vis de ces souches.

* Aucune croissance n'est observée sur la zone d'inhibition pour d'autres souches est ce phénomène est du à l'effet fongicide de l'HE vis-à-vis de ces souches.

Les résultats obtenus sont présentés en détaille dans le tableau VI.

Tableau VI. Nature de l'activité des huiles essentielles.

Huiles essentielles	Souches fongiques	Nature de l'activité
HE1	<i>A..Nigrii</i>	Fongistatique
	<i>A.niger</i>	Fongistatique
	<i>A.parasiticus</i>	Fongicide
	<i>Mucor</i>	Fongistatique
HE2	<i>A.s.Nigrii</i>	Fongicide
	<i>A.niger</i>	Fongicide
	<i>A.parasiticus</i>	Fongicide
	<i>Mucor</i>	Fongicide
HE3	<i>A.s.nigrii</i>	Fongistatique
	<i>A.niger</i>	Fongistatique
	<i>A.parasiticus</i>	Fongicide
	<i>Mucor</i>	Fongistatique
HE4	<i>A.s.nigrii</i>	Fongicide
	<i>A.niger</i>	Fongistatique
	<i>A.parasiticus</i>	Fongicide
	<i>Mucor</i>	Fongistatique
HE5	<i>A.s.nigrii</i>	Fongistatique
	<i>A.niger</i>	Fongicide
	<i>A.parasiticus</i>	Fongicide
	<i>Mucor</i>	Fongistatique
HV6	<i>A.s.nigrii</i>	Fongistatique
	<i>A.niger</i>	Fongistatique
	<i>A.parasiticus</i>	Fongicide
	<i>Mucor</i>	Résistante
HE7	<i>A.s.nigrii</i>	Fongicide
	<i>A.niger</i>	Fongicide
	<i>A.parasiticus</i>	Fongicide
	<i>Mucor</i>	Fongicide
HV8	<i>A.s.nigrii</i>	Fongistatique
	<i>A.niger</i>	Fongistatique
	<i>A.parasiticus</i>	Fongicide
	<i>Mucor</i>	Fongistatique

Au cours de notre étude nous avons constaté que les échantillons de figes sèches représentatifs de la variété « TAAMRIWT » collectée de la localité de BENI MAOUCHE (Bejaia) sujette à de forte contamination par une mycoflore potentiellement aflatoxinogène et/ ou ochratoxinogène, notre étude est dépendante de la quantité d'échantillon de figes sèches collectés pendant la saison d'automne des deux années 2020 et 2021.

L'analyse mycologique effectuée a permis de révéler une dominance presque à 70% par des souches fongiques de couleur noirs appartenant au genre *Aspergillus* section *Nigrii* ochratoxinogènes, par contre ; la présence des populations fongique du genre *Aspergillus* section *Flavi* producteurs d'Aflatoxines est presque estimé à 15%. Par contre ; 15% des populations fongiques qui reste sont représentées par le genre *Mucor*. Une étude similaire réalisé par Nafiseh et *al.*, (2017) sur l'isolement et l'identification des *Aspergillus* au niveau de l'air et le sol, apporté un taux de dominance à 46% par les *Aspergillus* section *Nigrii* et 19% des *Aspergillus* section *Flavi*, ce qui confirme la dominance des *Aspergillus* section *Nigrii* par rapport aux *Aspergillus* section *Flavi* et autres section d'*Aspergillus*, et qu'elles sont les sections les plus importante d'être un sujet d'étudié.

Ces résultats obtenus nous renseignent sur la qualité mycologique des échantillons de figes sèches collectées, qui se manifestent par une forte contamination de ces fruits secs par des champignons microscopiques potentiellement toxigènes, et cela explique les mauvaises conditions de stockage de ces figes sèches, surtout les deux facteurs à savoir la température et l'humidité, qui sont les deux principaux paramètres qui conditionnent la biosynthèse des mycotoxines.

Dans cette étude, toutes les huiles testées présentent une excellente activité antifongique à l'égard d'*Aspergillus parasiticus*, l'huile essentielle d'*Eucalyptus globolus* présente une excellente activité antifongique vis-à-vis d'*Aspergillus* section *Nigrii*, *Aspergillus niger* et vis-à-vis les souches *Mucorales*, l'huile essentielle de *Clou de girofle* et le *Geranium* présentent une forte activité vis-à-vis les souches d'*Aspergillus* section *Nigrii*, *Aspergillus niger* et à l'égard du *Mucor*, l'huile essentielle de la *lavande* montre une bonne activité vis-à-vis les souches de *Mucor*, une faible activité s'est présentée de la par de l'huile essentielle du genre *Citrus* à l'égard de *Mucor*, et une absence d'activité antifongique de l'huile essentielle de la *Menthe poivrée* et l'huile végétale de *Nigelle* et de *Funegrec* vis-à-vis les souches *Mucorales*, par contre, aucune activité antifongique vis-à-vis les souches d'*Aspergillus* ochratoxinogènes de l'huile

essentielle de la *Lavande*, *Menthe poivrée* et le *Citrus*, l'huile végétale de *Nigella sativa* et de *Funegrec* s'est manifesté.

Les résultats obtenus concernant la mise en évidence de l'activité de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulosus* révèle les pouvoirs inhibiteurs de ce dernier vis-à-vis *Aspergillus* section *Nigrii*, *Aspergillus niger* et *Aspergillus parasiticus*, conformément aux résultats obtenus par Hmiri et al. (2011) et vis-à-vis les souches *Mucorales*, avec un facteur de dilution > à 21,62% pour l'A section *Nigrii*, ce qui confirme le potentiel inhibiteur très élevé.

Confirmèrent à nos résultats obtenus vis-à-vis les souches d'*Aspergillus* section *Nigrii*, et vis-à-vis d'*Aspergillus niger* qui sont sensibles à l'huile essentielle de la *Menthe poivrée*, une étude à été faite par Hmiri et al. (2011) montre que les espèces fongiques responsables de la pourriture des pommes (*Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Fusarium culmorum*) sont tous sensibles aux composés bioactifs de l'huile essentielle de la *Menthe ponliot* qui a le même niveau taxonomique que la *Menthe poivrée* utilisé dans notre étude. Le facteur de dilution de cette huile est de 60% à l'égare d'A.S.*Nigrii*.

L'huile essentielle de la *Lavande* exerce un effet inhibiteur significatif a l'égard d'*Aspergillus* section *Nigrii*, *Aspergillus niger*, ces résultats sont identiques aux résultats obtenus par Zugarte et al. (2013), qui ont mis en évidence l'activité anti fongique de cette huile a l'égard d'*Aspergillus* sp., avec un facteur de dilution (CMI) de 30,76%. Cette huile présente un facteur de dilution correspond à 28.13% vis-à-vis *A.parasiticus*.

Concernant la souche *A.parasiticus*, nous avons enregistré des zone d'inhibitions a la dilution 1/32 pour l'ensemble des huiles testées, d'où la nécessité de poursuivre la dilution pour déterminer le facteur de dilution.

Conclusion

Conclusion

Les résultats de ces travaux ont révélé que tous les huiles essentielles testées possèdent une activité antifongique et qui peuvent être exploitées afin d'inhiber la prolifération de la flore fongique isolée des figues sèches et qui est représenté par des populations d'*Aspergillus* section *Nigrii* potentiellement ochratoxinogène et des *Aspergillus* section *Flavii* potentiellement aflatoxinogènes pendant l'entreposage des denrées alimentaires.

Les huiles essentielles de lavande, clou de girofle, menthe poivrée, *Citrus lemonum*, *Geranium rosa* et surtout *Eucalyptus globulus* exercent un effet antifongique assez élevé, ces derniers peuvent être utilisées comme moyen de lutte alternatif naturel dans la protection des aliments contre les altérations provoqués par les champignons microscopiques et leurs toxines.

Du moment que la présence des mycotoxines au niveau des aliments est inévitable, c'est pour cela la nécessité de bonnes pratiques sanitaires pendant la récolte, la transformation, la conservation et même la distribution s'avère indispensable afin de réduire d'une manière significative les risques liées à la contamination par les mycotoxines et bien sur d'assurer une meilleur qualité hygiénique et nutritionnelle au cours de la commercialisation des produits alimentaire sur le marché.

Perspective

- ✓ Séparation et purification d'un ou de plusieurs composant actifs des huiles essentielles possédant le pouvoir antiochratoxinogène et antiaflatoxinogène, pourra être une piste intéressante afin de lutter contre l'OTA et AFB1 (B2, G1 et G2), et d'évaluer leur possibilité d'application au plein champs et dans les locaux de stockage ainsi que sur les denrées alimentaires.
- ✓ L'identification par les outils de la biologie moléculaire (PCR) des isolats fongiques appartenant au genre *Aspergillus* section *Nigrii* au niveau des espèces.
- ✓ L'extraction et la purification d'ochratoxine A et d'aflatoxines par la méthode immunoaffinité qui consiste à l'utilisation des colonnes spécifiques dotées d'anticorps dirigés spécifiquement contre les toxines recherchées.
- ✓ Dosage des teneurs en aflatoxines et en ochratoxine A par HPLC/ SM ou FLD dans les échantillons de figues sèches collectées.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

-A-

- A.F.S.S.A (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments). (2009). Evaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires humaine et animale. Rapport synthétique, pp.309
- Ait-Ali E., EL Khetabi A., Belmalha S. et Lahlali R. (2021). Utilisation des extraits de plantes contre les maladies de post-récolte des fruits. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires:170-179 p.
- Andreia P. Oliveira, Luis R. Silva, Paula Guedes de Pinho, Angel Gil-Izquierdo, Patricia Valentao, Branca M. Silva, José A. Pereira, Paula B. Andrade. (2010). Volatile profiling of *Ficus carica* varieties by HS-SPME and GC-IT-MS. Food Chemistry 123:548-557.
- Asurmendi P., Barberis C., Dalcero A., Pascual L. and Barberis L. (2012). Survey of *Aspergillus* section Flavi and aflatoxin B1 in brewer's grain used as pig feedstuff in Córdoba, Argentina. Mycotoxin Res 29:3–7. DOI 10.1007/s12550-012-0148-5.
- Atailia I. et Djahoudi A. (2015). Composition chimique et activité antibactérienne de l'huile essentielle de géranium rosat (*Pelargonium graveolens* L'Hér) cultivé en Algérie. Lavoisier. 13:156-162.

-B-

- Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D. et Idaomar M. (2008). Biological effects of essential oils. Food and Chemical Toxicology, 46: 446 – 475.
- Bauwens P. (2008). Figues de tous pays. Edisud. Code ISBN : 9782744907463
- Benayad, N. (2008). Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines: moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Thèse de Doctorat. Université de Mohamed V Agdal, Maroc. 25p.
- Benmeggoura R. et Zerroukhi A. (2021). Contribution à l'étude phytochimique et l'activité antioxydante et antibactérienne de quelques extraits de *Pistacia lentiscus* L de l'Est Algérien. Mémoire de Master en Biochimie appliquée. Université Larbi ben M'hidi Oum El-Bouakhi, Algérie. 13p.
- Ben Miri Y. (2019). Etude du potentiel antifongique, antiaflatoxinogène et antioxydant de certaines huiles essentielles et leur efficacité dans le système alimentaire. Thèse Doctorat. Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou, Algérie. 3p.
- Blumenthal C.Z. (2004). Production of toxic metabolites in *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae* and *Trichoderma reesei*: justification of mycotoxin testing in food grade enzyme preparations derived from the three fungi. Regulatory Toxicology and Pharmacology 39: 214-228.

Bennett J.W. et Klich M. (2003). Mycotoxins. *Clinical Microbiology Review*, 16:497–516.

Botton B., Breton A., Fèvre M., Gauthier S., Guy P., Larpent J.P., Reymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y. et Veau P. (1990). Moisissures utiles et nuisibles Importance industrielle. Ed : Masson. Paris.512p.

Boubrit S. et Boussad N. (2007). Détermination du pouvoir antibactérien des huiles essentielles d'Eucalyptus, Myrte, Clous de girofle et Sarriette, et leur application à la conservation de la viande « viande hachée ». Mémoire d'ingénieur d'état en contrôle de qualité et analyses. Université Mammeri Mouloud de Tizi-Ouzou.Algerie.46p.

Boukhatem MN., Ferhat A. et Kameli A. (2019). Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles: Revue de littérature. *Revue Agrobiologia*.9(2):1653-1659p.

Bouyahya A., Abrini J., Bakri Y., & Dakka N. (2018). Les huiles essentielles comme agents anticancéreux: actualité sur le mode d'action. *Phytothérapie*, 16(5): 254-267.

Brahem M. (2013). Trapping adults of the Medfly *Ceratitis capitata* and non target insects: Comparison of low-cost traps and lures.*Tunisian Journal of Plant Protection* 8:107-118.

Brunechon J. (1987). Pharmacognosie, Ecole technique de documentation.Ed: *Ravoilie*.

-C-

Caillet S. et Lacroix M. (2007). Les huiles essentielles: leurs propriétés antimicrobiennes et leurs applications potentielles en alimentaire. INRS- Institut Armand-Frappier, RESALA.1-8.

Cassandra Mc Cullum., Paul Tchounwou., Li-Sheng Ding., Xun Liao. and Yi-Ming Liu. (2014). Extraction of Aflatoxins from Liquid Foodstuff Samples with Polydopamine-Coated Superparamagnetic Nanoparticles for HPLCMS/MS Analysis.*Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62:4261–4267. dx.doi.org/10.1021/jf501659m .

Chabasse D., Bouchra J.P., Gentile L., Brun S. and Penn P. (2002). Cahier de formation biofarma : les moisissures d'intérêt médical. Labo Analy De biomédicale.11p.

Chawla A., Kaur R. et Sharma A.K. (2012). *Ficus carica* Lin. A Review on its Pharmacognostic, Phytochemical and Pharmacological Aspects.*International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research - Punjab, India*; 1(4): 215-232.

Chouaki S. (2006). Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques. Institut National de la Recherche Agronomique (INRAA). 91p.

Chraïbi M., Fadil M., Farah A., Lebrazi S. et Fikri-Benbrahim K. (2021). Antimicrobial combined action of *Mentha pulegium*, *Ormenis mixta* and *Mentha piperita* essential oils against *S.aureus*, *E.coli* and *C.tropicalis*: Application of mixture design methodology. Elsevier. 145p.

Commission Européenne. (2006). Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuff. 2006R1881-EN-01.09. 2014-014.001-1

Commission Européenne de Pharmacopée. (2009). *Pharmacopée européenne*. Cook C.M., Lanaras T. (2016). Essential Oils: Isolation, Production and Uses, in: Encyclopedia of Food and Health. Elsevier, pp. 552–557. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00261-0>.

-D-

De Castro MDL., Carmona MMJ. et Pérez VP. (1999). Towards more rational techniques for the isolation of valuable essential oils from plants. Trends in analytical chemistry. 18(11):708-716.

Degryse A., Delpha I. et Voinier M. (2008). Risque et bénéfices possible des huiles essentielles. Agence française de sécurité sanitaire des produits de qualité des huiles essentielles. Atelier santé environnement-IGS-EHESP, France.

Deschepper R. (2017). Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. Thèse Doctorat. Université d'Aix-Marseille, France. 13p.

Desmares C., Laurent A. et Delerme C. (2008). Recommandations relatives aux critères de la qualité des huiles essentielles. AFSSAPS. Anatole, France. 18p.

Duverger F., Bailly S., Querin A., Pinson I., Gadais L., Guerre P. and Bailly J. (2011). Influence of culture medium and incubation time on the simultaneous synthesis of deoxynivalenol and zearalenone by *Fusarium graminearum*. Revue Méd. Vét 162 :93–97.

-E-

El Khouri R. (2016). La lutte biologique contre l'ochratoxine A: utilisation des extraits de plantes médicinales ainsi que des souches d'actinobactéries et mise en évidence de leur mode d'action. Doctoral dissertation. Toulouse. INPT.

Englebin M. (2011). Essences et huiles essentielles: précaution d'emplois et conseils d'utilisation. Centre de formation en aromathérapie. 1p.

-F-

FAO. (2006). Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination des aliments par les dioxines, les pbc de type dioxine et autres que ceux de type dioxine dans les aliments de consommation humaine et animale. CXC 62-2006.

FAO. (2010). Le Deuxième Rapport sur l'Etat des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde. Rome.

FAOSTAT. (2017). La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture, mettre les systèmes alimentaires au service d'une transformation rurale inclusive. ISSN 0251-1460.

Ferradji A., Chabour H. et Malek A. (2011). Séchage solaire des figes: Bilan thermique et isotherme de désorption. *Revue des Energies Renouvelables*. Vol.14 N°4. pp.717-719.

Finn K, Annick L. (2020). *Ficus carica* et sa pollinisation. *hal open science-02516842:45-52*.

-G-

Gamero Juan Luis. (2002). Exportacion de Mercancas Extremenas S,A, Vice- Président de l'O,I,A, des Figes Sèches et Dérivés- Espagne: 52-56.

Genevieve L. (2020). Les champignons forestières des forets québécoises : caractériser leur diversité et comprendre leur distribution. Thèse doctorat en Biologie cellulaire et moléculaire. Université du Québec à Trois-Rivières, Canada. 1P.

Ghizlane Salih. (2020). Figes sèches de basse catégorie au Maroc: Etat sanitaire et possibilité de valorisation. IAV Hassan II. Doi: Remav_Salih2_-2.

Groopman J.D., Kensler T.W. et Wild C.P. (2008). Protective interventions to prevent aflatoxin induced carcino genesis in developing countries. *Annu.Rev.Public Health*, 29:187-203.

Guinoiseau Elodie. (2010). Molécules antibactériennes issues d'huiles essentielles: séparation, identification, et mode d'action. Thèse doctorat en Biochimie-Biologie moléculaire. Université Pasquale Paoli de Corse, France. 77p.

Guiraud Joseph-Pierre. (2003). Microbiologie alimentaire. Ed: Dunod, Paris. 651p.

-H-

Haesslein D. et Oreiller S. (2008). Fraîche ou séchée, la fige est dévoilée. *Filière Nutrition et diététique*, Haute école de santé, Genève. 1-4.

Hend Bejaoui. (2005). Champignons ochratoxinogènes et ochratoxine A (OTA) dans des vignobles Français et procédés biologiques de décontamination de l'OTA dans les moûts de raisin. Thèse doctorat en génie des procédés et de l'environnement. Institut National Polytechnique de Toulouse, France: 8-74.

Heperkan D., Karbancioglu Güler F. et Oktay H.I. (2012). Mycoflora and natural occurrence of aflatoxin, cyclopiazonic acid, fumonisin and ochratoxin A in dried figs. *Food additives and contaminants: Part A*, 29(2):277-286. Doi: 10.1080/19440049.2011.597037.

Hmiri S., Rahouti M., Habib Z., Satrani B., Ghanemi M. et El Ajjouri M. (2011). Evaluation du potentiel antifongique de l'huile essentielle de *Mentha pulegioides* et d'*Eucalyptus* dans la lutte biologique contre les champignons responsables de la

détérioration des pommes en conservation. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège,80:824-836.

Houissa Hela. (2020). Les Mycotoxines du mil: occurrence et flore fongique. Thèse doctorat en sciences biologiques. Université Montpellier, France.2p.

-I-

IARC. (1993). Some naturally occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines, and mycotoxins. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans, vol 56. International Agency for Research on Cancer, France.

Isman M.B. et Machial C.M. (2006). Pesticides based on plant essential oils: From traditional practice to commercialization. Advances in Phytomedicine, 3:29-44.

-J-

Joya Makhoulf., Amaranta Carvajal-Campos., Arlette Querin., Souria Tadrist., Olivier Puel., Sophie Lorber., Isabelle P. Oswald., Monzer Hamze., Jean-Denis Bailly. et Sylviane Bally. (2019). Morphologic, molecular and metabolic characterization of *Aspergillus* section *Flavi* in spices marketed in Lebanon. Scientific Reports,9:1-11.

Justain Raj S. et Joseph B. (2011). Pharmacognostic and phytochemical properties of *Ficus carica* Linn—An overview. International Journal of Pharm Tech Research, vol 3,1:08-12.

-K-

Kabak Bulent., Dobson Alan D.W. et Var Isil. (2006). Strategies to Prevent Mycotoxin Contamination of Food and Animal Feed: A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition,46.8; ProQuest Health and Medical Complete pg.593.

Kermiche N. et Chougui M. (2014). Les activités antifongiques et antioxydantes des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* et *Eucalyptus globulus*. Mémoire de Master en biologie et physiologie végétale. Université de Constantine 1, Algérie.74p.

Klančnik A., Piskernik S., Jeršek B., and Možina S. (2010). Evaluation of diffusion and dilution methods to determine the antibacterial activity of plant extracts. Journal of microbiological methods, 81(2):121-126.

Kouassi K.S. (2017). Extraction, phytochemical analysis by CCM and evaluation of the antioxydant activity of the essential oil of *olax subcorpioidea* Oliver: Ivory coast's *olacaceae*. Master of Fundamental and Applied Sciences. Research and Formation. Cote d'Ivoire.

-L-

Le Bars J. (1998). Facteurs de l'accumulation d'acide pénicillique dans les denrées d'origine végétale. *Science des Aliments*, 2 (hors série II), 29-33.

Lee Young-Soo. and Cha Jeong-Dan. (2010). Synergistic Antibacterial Activity of Fig (*Ficus carica*) Leaves Extract Against Clinical Isolates of Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Korean Journal of Microbiology and Biotechnology*, 38:405-413.

Louhibi Sara. (2018). Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles de certaines plantes aromatiques et médicinales, contre les principales maladies de post-récolte des agrumes au Maroc. Thèse doctorat en Biotechnologie. Université de Sidi Mohamed ben Abdellah, Maroc.p

-M-

Macheix J.J., Fleuriet A. and Sarni-Manchado P. (2005). Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique.PPUR.Presses polytechniques.

Mazid S., Kalita J.C. and Rajkhowa R.C. (2011). A review on the use of biopesticides in insect_ pest management. *International Journal of science and Advanced Technology*,1(7), 169-178. <https://doi.org/10.1007/s10886-005-4244-2>.

Mebarki R.et Bougueffa I. (2012). Mise en évidences des huiles essentielles de quelques plantes médicinales. Mémoire de Master en Génie Chimique. Université Larbi Ben M'Hidi Oum El Bouaghi, Algérie.8p.

Mouas Yamina., Benrebiha Fatma Zohra. et Chaouia Cherifa. (2017). Evaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle et de l'extrait méthanolique du Romarin (*Rosmarinus Officinalis L*). *Revue Agrobiologia* 7(1): 363- 370.

-N-

Nafiseh Mohebbi Ashtiani., Reza Kachuei., Roozbeh Yalfani., Asghar Beigi Harchegani., Mohsen Nosratabadi. (2017). Identification of *Aspergillus* sections Flavi, Nigri, and Fumigati and their differentiation using specific primers. *Le Infezioni in Medicina*, n.2, 127-132.

Nazzaro F., Fratianni F., Coppola R. et De Feo V. (2017). Essential Oils and Antifungal Activity. *Pharmaceuticals (Basel)*. 10(4). 86p.

-O-

Olsen M., Jonsson N., Magan N., Banks J., Fanelli C., Rizzo A., Haikar A., Dobson A., Frisvad J., Holmes S., Olkku J., Persson S.J. et Börjesson T. (2003). Prevention of Ochratoxin A in Cereals. OTA PREV. Final report. Quality of Life and Management of Living Ressources. Project No. QLK1-CT-1999-00433.

ONS. (2020). La production agricole campagne 2019/2020. Office National des Statistiques, Direction Technique chargée des Statistiques Régionales et de la Cartographie Direction des publications et de la Diffusion – 8 et 10. Publication N°976. Site Web: <http://www.ons.dz>.

Ouaouich A. et Chimi H. (2005). Guide du sécheur de figes. 1ère édition. Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, Maroc, 10-28.

-P-

Pena A., Seifrtova M., Lino C., Silveira I., Solich P. (2006). Estimation of Ochratoxin A in Portuguese population: New data on the occurrence in human urine by high performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Food and Chemical Toxicology*, 44 : 1449-1454.

Pfohl-Leszkowicz A. (1999). Métabolisation des mycotoxines- Effets biologiques et pathologies- Ecotoxicogénèse. Dans « Les mycotoxines dans l'alimentation : évaluation et gestion du risque » de Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. Technique et Documentation, Paris, pp. 18-35.

Pfohl-Leszkowicz A. (2001). Définition et origines des mycotoxines dans l'alimentation: évaluation et gestion du risque, Ed. Technique et Documentation: 3-14.

Pitt J. I., Hocking A. D. (1997). *Fungi and Food spoilage*, 2nd ed. London. Blackie Academic and Professional.

-R-

Raveau R., Fontaine J. et Lounès-Hadj Sahraoui A. (2020). Essential Oils as Potential Alternative Biocontrol Products against Plant Pathogens and Weeds. *Foods*. 9(365): 1-31p.

Rémi PECOUT. (2017). Conduite du figuier en agriculture biologique. Association à vocation interprofessionnelle de l'agriculture biologique. (Chambre d'Agriculture Départementale du Var).

ROGER J. P. (2002). La conduite du figuier *Ficus carica* L. famille des moracées genre *Ficus* ; in : « Actes de la journée figuier potentialité et perspectives de développement de la figue sèche au Maroc. Institut nationale de la recherche agronomique, 1ère édition, INRA, Rabat.

-S-

Salma., Yasmeen Shamsi., Saba Ansari., Sadia Nikhat. (2020). *Ficus carica* L: A PANACEA OF NUTRITIONAL AND MEDICINAL BENEFITS. *CellMed Orthocellular Medicine Pharmaceutical Association*, 10(1):1-4.

Samson R. A., Houbraeken J. Q. M. P., Kuijpers A. F. A., Frank J. M. et Frisvad, J. C. (2004). New Ochratoxin A or sclerotium producing species in *Aspergillus* section *Nigri*. *Studies in Mycology*, 50: 45-61.

Shams-ghahfarokhi M., Kalantari S. et Razzaghi-abyaneh M. (2013). Terrestrial Bacteria from Agricultural Soils : Versatile Weapons against Aflatoxigenic Fungi. In Razzaghi-abyaneh M (Ed): *Aflatoxins-Recent Advances and Future Prospects*. IntechOpen, Iran. pp.23-39.

Slatnar A., Urska Klancar., Franci Stampar. and Robert Veberic. (2011). Effect of drying of figs (*Ficus carica* L.) on the contents of sugars, organic acids, and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 9: 6-21. DOI: 10.1021/jf202707y.

Solomon A., Golubowicz S., Yablowicz Z., Grossman S., Bergman M., Gottlieb H.E., Altman A., Kerem Z. and Flaishman M.A. (2006). Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, V.54, n° 20: 7717-7723.

Svoboda KP et Svoboda TG. (2000). *Secretory structures of aromatic and medicinal plants. A review and Atlas of micrographs*. Edition: Microscopix Publications. 61p.

-T-

Tabuc C. (2007). Incidence of *Fusarium* species and of their toxins in the compound feeds for poultry. *International Scientific symposium: Performances and competitiveness in animal production*, 26-27.

Tan J. B. L. et Lim Y. Y. (2015). Critical analysis of current methods for assessing the in vitro antioxidant and antibacterial activity of plant extracts. *Food chemistry*, 172: 814-822.

Tariq S., Wani S., Rasool W., Shafi K., Bhat . M. A., Prabhakar A., Shalla A.H. et Rather M.A. (2019). A comprehensive review of the antibacterial, antifungal and antiviral potential of essential oils and their chemical constituents against drug-resistant microbial pathogens. *Microbial pathogenesis*, 134: 103-580.

Tom A. (2015). *Contribution au séchage solaire des produits carnés: Modélisation et réalisation d'un séchoir adapté aux pays tropicaux*. Thèse de doctorat en Génie Energétique. École Nationale Supérieure d'Arts Et Métiers, Paris, France. 245p.

-V-

Vinson J.A. (1999). The functional food properties of figs. *Cereal Foods World*, V 44(2): 82-87.

-Y-

Yiannikouris A. et Jouany J.P. (2002). Mycotoxins in feeds and their fate in animals: a review. *Journal Applied Animal Research*, 15:81-99.

-Z-

Zuzarte M., Gonçalves M.J., Cavaleiro C., Cruz M.T., Benzarti A., Marongiu B., Maxia A., Piras A. et Salgueiro L. (2013). Antifungal and anti-inflammatory potential of *Lavandula stoechas* and *Thymus herba-barona* essential oils. *Ind Crops Prod*, 44: 97–103.

Annexes

Les annexes

Annexe N°1 :

Le materiel utilisé

- Balance
- Bain marie
- Vortex
- Microscope optique
- Etuve
- Plaque chauffante agitatrice
- Autoclave
- Etuve (28°C)

La verreries

- Tubes à essais
- Erlenmeyer
- Eprouvettes
- Micropipettes
- Boites pétris
- Bec bunsen
- Ances de platine
- Ecouvillons
- Pipettes pasteur



Vortex



Bain marie



Autoclave



Etuve



Microscope optique



Plaque agitatrice



Balance

Annexe N°2 :

Composition des solutions et milieux de culture utilisés :

*Eau physiologique stérile :Composition en g/l

-Chlorure de sodium (NaCl)9g
 -Eau distillée1000ml
 pH=7

Stérilisation à 121°C/15min

*Gélose Mueller Hinton (MH) (BIOKAR) : Composition en g/L

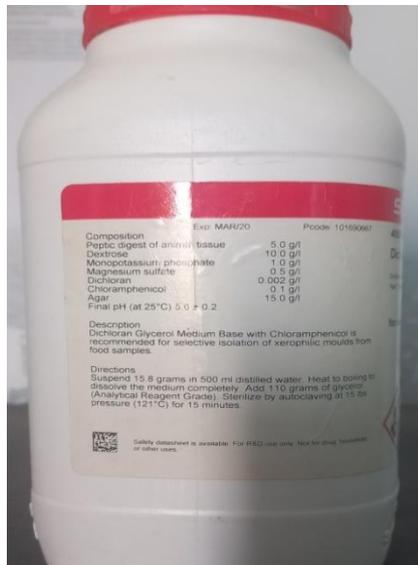
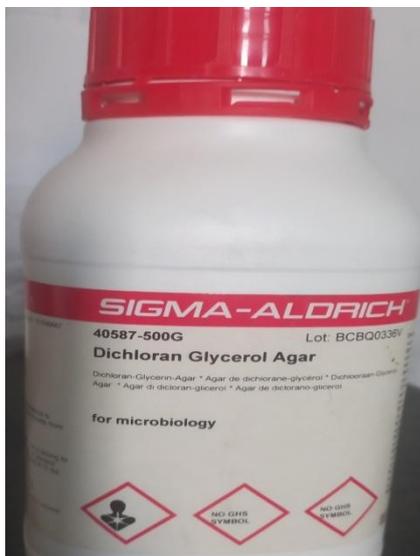
-Hydrolysate acide de caséine.....17,5g
 - Infusion de viande.....2g
 -Amidon soluble.....1,5g
 -Agar agar bactériologique..... 17g

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C =7,3 ± 0,2.

Stérilisation à 120°C/15 min

*Le Milieu de culture DG18

-Glucose..... 10 g
 -Peptone bactériologique..... 5g
 - KH₂PO₄..... 1,0 g
 -MgSO₄..... 0,5 g
 -Gélose..... 15g
 -Eau distillée..... 1L



Annexe N°3 :

Tableau N° : Les diamètres de la zone d'inhibition des HEs vis-à-vis les isolats fongique obtenus (mm) :

HE	souches	D1	D2	Moyenne
HE1	<i>A.S.Nigrii</i>	26	26	26
	<i>A.niger</i>	11,5	12,5	12
	<i>A.parasiticus</i>	34	30	32
	<i>Mucor sp</i>	15	15	15
HE2	<i>A.S.Nigrii</i>	18	19	18,5
	<i>A.niger</i>	26	26	26
	<i>A.parasiticus</i>	37	33	35
	<i>Mucor sp</i>	32	34	33
HE3	<i>A.S.Nigrii</i>	22	13	17,5
	<i>A.niger</i>	22	16	19
	<i>A.parasiticus</i>	35	35	35
	<i>Mucor sp</i>	15	15	15
HE4	<i>A.S.Nigrii</i>	30	30	30
	<i>A.niger</i>	13	13	13
	<i>A.parasiticus</i>	34,5	35,5	35
	<i>Mucor sp</i>	10	8	9
HE5	<i>A.S.Nigrii</i>	34	28	31
	<i>A.niger</i>	25	21	23
	<i>A.parasiticus</i>	38	38	38
	<i>Mucor sp</i>	35	35	35
HE6	<i>A.S.Nigrii</i>	34	40	37
	<i>A.niger</i>	35	25	30
	<i>A.parasiticus</i>	40	44	42
	<i>Mucor sp</i>	37	37	37
HV7	<i>A.S.Nigrii</i>	15	15	15
	<i>A.niger</i>	12	12	12
	<i>A.parasiticus</i>	35	35	35
	<i>Mucor sp</i>	0	0	0
HV8	<i>A.S.Nigrii</i>	7	8	7,5
	<i>A.niger</i>	0	0	0
	<i>A.parasiticus</i>	8,5	7,5	8
	<i>Mucor sp</i>	0	0	0

Tableau N° : diamètre d'inhibition des dilutions des HEs vis-à-vis *A.parasiticus* et *A.S.Nigrii* (mm) :

HE	souches	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32
HE1	<i>A.S.Nigrii</i>	21	13	8	0	0
	<i>A.parasiticus</i>	15	13	11	9	0
HE2	<i>A.S.Nigrii</i>	0	0	0	0	0
	<i>A.parasiticus</i>	21	17	20,5	18,5	17
HE3	<i>A.S.Nigrii</i>	13	0	0	0	0
	<i>A.parasiticus</i>	15	13	10,5	8	5
HE4	<i>A.S.Nigrii</i>	19	16	13	12	0
	<i>A.parasiticus</i>	18	14	12	10	8
HE5	<i>A.S.Nigrii</i>	/	/	/	/	/
	<i>A.parasiticus</i>	17,25	15	17,25	22,5	21,66
HE6	<i>A.S.Nigrii</i>	0	0	0	0	0
	<i>A.parasiticus</i>	20	17	15	12	10
HV7	<i>A.S.Nigrii</i>	18	15	13	10	8
	<i>A.parasiticus</i>	20	17,5	13,7	11,5	9
HV8	<i>A.S.Nigrii</i>	/	/	/	/	/
	<i>A.parasiticus</i>	0	0	0	0	0

Résumé: Le but de cette étude était d'évaluer l'effet inhibiteur des huiles essentielles sur la croissance du genre *Aspergillus* producteurs d'ochratoxine A et d'aflatoxines isolés des figes sèches Algériennes. L'isolement fongique et l'identification morphologique ont révélé la présence de 2 genres fongiques (*Aspergillus*, et *Mucor*) avec la dominance d'*Aspergillus* section *Nigrii* dans la plupart des échantillons de figes sèches étudiés, 15 souches d'*Aspergillus* noir et 8 souches d'*Aspergillus* section *Flavi* ont été isolés et étudiées pour leur capacité à produire l'ochratoxine A et les aflatoxines. Six HEs à savoir : *Lavandula officinalis*, *Syzygium aromaticum*, *Mentha x piperita*, *Citrus limunum*, *Pelargonium asperum*, *Eucalyptus globulus* et deux huiles végétales à savoir : *Nigella sativa*, *Trigonella foenum-graecum* ont été testés pour leur activité antifongique à l'égard d'*Aspergillus* section *Nigrii*, *A.niger*, *A. flavus*, *A.ochraceus*, *A.parasiticus* et *Mucor*, l'objectif principal est de maîtriser la contamination des figes sèches par la mycoflore d'altération et leurs pouvoir toxigène et bien sur d'assurer une meilleur qualité hygiénique et nutritionnelle lors de la commercialisation de ses fruits secs, l'extrait brut de ces huiles a présenté une activité antifongique très significatif vis-à-vis presque la majorité des souches fongiques sélectionnées en se référant à des diamètres de zones d'inhibition >20mm. La concentration minimale inhibitrice de 1/32 a permet de confirmer l'efficacité du potentiel antifongique des huiles testées.

Mots clé : Moisissures, Huiles essentielles, Algérie, fige sèche, Ochratoxines A, Aflatoxines, Activité antifongique, CMI.

Abstract: the main of this study is to evaluate the effect of inhibitive essential oils on the growth of the type *Aspergillus* producers of ochratoxin A and aflatoxins isolated from Algerian dried figs. The fungal isolation and the morphological isolation have revealed the presence of two fungal types (*Aspergillus*, and *Mucor*) with the dominance of *Aspergillus* section *Nigrii* in most of sampled studied dried figs. 15 stumps of black *Aspergillus* and 8 stumps *Aspergillus* section *Flavii* have been isolated and studied for their capacity of producing ochratoxin A and aflatoxins. Six essential oils to be known: *Lavandula officinalis*, *Syzygium aromaticum*, *Mentha x piperita*, *Citrus limunum*, *Pelargonium asperum*, *Eucalyptus globulus* and two vegetable oils: *Nigella sativa*, *Trigonella foenum-graecum*. And were tested for their antifungal activity *Aspergillus Nigrii* section, *A.niger*, *A. flavus*, *A.ochraceus*, *A.parasiticus* and *Mucor*. The main objective is to master the contamination of dried figs with mycoflore alteration and their toxinogene power and of course to insure a best nutritional and hygienic quality during the commercialization of these dried fruits the raw extract of this oils has presented a very significant antifungal activity of the selected fungal stumps with the reference to > 20 mm diameters. The inhibitory minimal concentration of 1/32 permitted to confirm the efficiency of the potential antifungal tested oils.

Key words: Mold, Essential oils, Algeria, dried figs, Ochratoxin A, Aflatoxins, antifungal, CMI

المخلص: تهدف هذه الدراسة إلى تقييم قدرة تثبيط الزيوت الأساسية لنمو نوع من فطريات *Aspergillus* التي تنتج A ochratoxin و Aflatoxins المعزولة من التين الجزائري المجفف. أظهرت الدراسة الشكلية للعزلات وجود جنسين من الفطريات *Aspergillus* و *Mucor* مع غلبة قسم *Aspergillus Nigrii* في معظم عينات التين المجفف المدروس. 15 سلالة من *Aspergillus* noir و 8 سلالات من *Aspergillus* قسم *Flavi* تم عزلها و اختبار قدرتها على إنتاج أوكراتوكسين أ و الأفلاتوكسين. ستة زيوت أساسية مستخلصة من نبات: *Lavandula officinalis* ، *Syzygium aromaticum* ، *Mentha x piperita* ، *Citrus limunum* ، *Pelargonium asperum* ، *Eucalyptus globulus* ، وزيتان نباتيان لـ : *Nigella sativa* ، و *Trigonella foenum-graecum*، تم اختبار نشاطهم المضاد للفطريات ضد *Aspergillus* قسم *Nigrii* ، *A.niger* ، *A.flavus* ، *A.ochraceus* ، *A.parasiticus* ، و *Mucor*. الهدف الرئيسي هو السيطرة على تلوث التين المجفف بالفطريات الشعيرية وقدرتها على إفراز السموم وبالطبع لضمان أفضل جودة غذائية وصحية أثناء تسويق هذه الفاكهة المجففة ، فقد قدم المستخلص الخام من هذه الزيوت نشاطاً مضاداً للفطريات مهمًا للغاية ضد السلالات الفطرية المختارة، معبرا عنه بلقطار < 20 مم. يسمح التركيز الأدنى المثبط البالغ 32/1 لتأكيد الكفاءة المحتملة المضادة للفطريات للزيوت المختبرة.

الكلمات المفتاحية: الفطريات، الزيوت الأساسية، الجزائر، التين المجفف، الأوكراتوكسين أ، الأفلاتوكسين، النشاط المضاد للفطريات، التركيز الأدنى المثبط.