

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
جامعة عمار تليجي بالأغواط  
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم  
FACULTE DES SCIENCES  
قسم البيولوجيا  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



## Mémoire

*En vue de l'obtention du diplôme de Master*

*Filière : Sciences Biologiques*

*Option : Microbiologie Appliquée*

### THEME

---

**Etude de l'effet des huiles essentielles extraites  
d'*Artemisia campestris* et d'*Alpinia officinarum* sur  
le *Fusarium culmorum***

---

**Devant le jury :**

|                   |                    |             |
|-------------------|--------------------|-------------|
| <b>Président</b>  | M. LEBOUKH Mourad  | ENS-Ouargla |
| <b>Rapporteur</b> | M. GOUZI Hicham    | UATL        |
| <b>Examineur</b>  | M. BENACEUR Farouk | UATL        |

**Présenté par :**

|  |
|--|
| M <sup>lle</sup> . KHELIFA Assia Amira |
| M <sup>lle</sup> . CHADNI Amina        |

**Soutenu publiquement le :23 Mai 2018**

## *Dédicaces*

D'abord, louange à ALLAH qui m'a guidé sur le bon chemin tout au long du travail et qui m'a inspiré les bons pas et les justes réflexes, sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.

*Je dédie mon travail à :*

*Ma très chère mère, Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'Amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'a soutenir et de M'encourager durant toutes les années de mes études. Qu'ALLAH te protéger et te.*

*Donner la santé, le bonheur et longue vie.*

*Mon très cher père m'avoir soutenu moralement et matériellement jusqu'à ce jour, pour leur amour, Leurs encouragements. Que ce travail, soit pour toi. Qu'ALLAH le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur et te protège.*

*A La Mémoire DeMon cher frère **Abdelkader***

*J'aurais bien aimé que vous soyez parmi nous pour que vous nous Partagez ce bonheur.*

*Puisse Dieu vous réserver sa clémence à sa bien large miséricorde et Vous accueillir en son vaste paradis auprès des prophètes et des saints.*

*A mes très chers sœurs et frères : Ahlem, Souad ,Abdelrahman, Imen, Islem.*

*à qui je souhaite beaucoup de réussite et de bonheur que ALLAH vous garde toujours pour moi*

*A toute ma chère famille*

*À ma chère sœur et binôme: Assia*

*A mes chères amies, Messaouda, Ilham, Sarah que ALLAH se protège et  
donner la santé et le bonheur.*

*Et à tous mes professeurs de département de biologie  
à tous étudiant(e)s de la promotion de M2 Microbiologie 2017-2018*

**CHADNI Amina**

# *Dédicaces*

*D'abord, louange à ALLAH qui m'a guidé sur le bon chemin tout au long du Travail et qui m'a inspiré les bons pas et les justes réflexes, sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.*

*vraiment aucune dédicace ne saurait exprimer mon attachement, mon amour et mon affection A ceux que j'aime du fond de mon cœur, à qui je dois la vie et qui n'ont cessé, à aucun moment, de me soutenir et de m'encourager par leurs prières et leurs sacrifices : Mes cher parents Si j'en suis arrivée là, c'est grâce à chacun de vous. Qu'ALLAH vous protégée et donner la santé et le bonheur*

*J'espère de tout mon cœur qu'en ce jour vous êtes fières de moi, et que je réalise l'un de vos rêves.*

*Puisse Dieu vous accorder sa sainte miséricorde, santé et longue vie, afin que je puisse vous combler à mon tour*

*A mes très chers frères Amine et Yaakoub  
Pour l'affection qui nous lie, pour l'intérêt que vous portez à ma vie,  
Pour vos soutiens, vos compréhensions et vos encouragements.  
Que ce travail soit le témoin de la reconnaissance infinie.  
Je vous souhaite une vie pleine de bonheur et que je sois toujours la sœur dont vous serez fiers.  
A toute ma chère famille*

*À ma chère sœur et binôme: Amina*

*A mes chères amies, Messaouda, Fatiha, Meriem que ALLAH se protège et donner la santé et le bonheur.*

*Et à tous mes professeurs de département de biologie*

*A tous étudiant(e)s de la promotion de M2*

*Microbiologie 2017-2018*

**Khelifa Assia Amira**

## *Remerciements*

*Nous remercions avant tout ALLAH tout puissant, de nous avoir guidés durant toutes les années d'études et de nous avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.*

*Nous voudrions exprimer toute notre gratitude à nos Parents pour leur sacrifice, leur patience et leurs encouragements.*

*Nos remerciements vont à Dr. Hicham GOUZI (Enseignant-Chercheur à l'Université Amar Thelidji de Laghouat) pour avoir accepté de diriger ce travail et leur disponibilité et leurs conseils.*

*Sans oublier de remercier l'ingénieur Melle : Aouissi Fatima Zohra et les ingénieurs de laboratoire pour leur présence continuel ainsi que leur générosité tous les moments de travail passés au laboratoire*

*Enfin, nous adressons nos remerciements aux membres du jury qui ont acceptés d'examiner notre travail.*

*Nos remerciements vont aussi à tous les amis et tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail.*

**AMIRA ET AMINA**

## Tableaux des matières

|                              | Page |
|------------------------------|------|
| Dédicaces .....              | I    |
| Remerciements .....          | II   |
| Liste des tableaux .....     | III  |
| Liste des figures .....      | IV   |
| Liste des abréviations ..... | V    |
| Introduction .....           | 01   |

### Partie I. Synthèse Bibliographique

#### I. Généralités sur les moisissures

|  |    |
|--|----|
| I.1. Définition .....                      | 03 |
| I.2. Caractéristiques morphologiques ..... | 03 |
| I.3. Le genre <i>Fusarium</i> .....        | 04 |
| I.3.1 Historique .....                     | 04 |
| I.3.2. Habitat .....                       | 04 |
| I.3.3. Morphologie .....                   | 05 |
| I.3.4. Taxonomie des <i>Fusarium</i> ..... | 06 |
| I.4. <i>Fusarium culmorum</i> .....        | 07 |
| I.4.1 Taxonomie .....                      | 07 |
| I.4.2. Caractère culturaux .....           | 07 |

#### II. Généralités sur les plantes aromatiques étudiées

|  |    |
|--|----|
| II.1. <i>Artemisia campestris</i> . .....                    | 08 |
| II.1.1. Description botanique .....                          | 08 |
| II.1.2. Systématique .....                                   | 08 |
| II.2. <i>Alpinia officinarum</i> .....                       | 09 |
| II.2.1. Description botanique .....                          | 09 |
| II.2.2. Systématique .....                                   | 10 |
| III. Les huiles essentielles .....                           | 10 |
| III.1. Définition .....                                      | 10 |
| III.2. Répartition et localisation .....                     | 10 |
| III.3. Propriétés physico-chimiques .....                    | 11 |
| III.3.1. Les propriétés physiques .....                      | 11 |
| III.3.2. Les propriétés chimiques .....                      | 11 |
| III.4. La composition chimique .....                         | 12 |
| III.4.1. Les composés terpéniques .....                      | 12 |
| III.4.2. Les monoterpènes .....                              | 12 |
| III.4.3. Les sesquiterpènes .....                            | 13 |
| III.4.4. Les composés aromatiques .....                      | 13 |
| III.5. Extraction .....                                      | 14 |
| III.5.1. La distillation .....                               | 14 |
| III.5.2. L'expression .....                                  | 14 |
| III.5.3. L'enfleurage .....                                  | 14 |
| III.5.4. L'extraction par solvants chimiques .....           | 15 |
| III.5.5. L'extraction au CO <sub>2</sub> supercritique ..... | 15 |

|  |    |
|--|----|
| III.6. Activités biologiques .....   | 15 |
| III.6.1. Activité antioxydant .....  | 15 |
| III.6.2. Activité antibactérienne .....  | 16 |
| III.6.3. Activité antifongique .....   | 16 |
| III.6.4. Activité antivirale .....   | 16 |
| III.7. Propriétés alimentaires .....   | 16 |
| III.8. Mode d'action des huiles essentielles dans l'activité antifongique..... | 16 |
| III.9. Toxicité des huiles essentielles .....                                  | 17 |

## **Partie II : Matériels et méthodes**

|   |    |
|---|----|
| I. Matériels .....  | 18 |
| I.1. Matériels végétales .....                                    | 18 |
| I.2. Matériels fongique .....                                     | 18 |
| II. Méthodes .....  | 18 |
| II.1. Procédé d'extraction des huiles essentielles .....          | 18 |
| II.2. Calcul du rendement d'extraction en huile essentielle ..... | 19 |
| II.3. Calcul de la densité de l'huile essentielle .....           | 19 |
| II.4. Préparation du milieu PDA .....                             | 19 |
| II.5. Etude de l'activité antifongique .....                      | 19 |

## **Partie III: Résultats et discussion**

|   |    |
|---|----|
| III.1. Rendement d'extraction en huiles essentielles .....            | 21 |
| III.2. Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles ..... | 22 |
| Conclusion .....  | 25 |
| Références bibliographiques .....                                     | 26 |
| Annexes.....  | 35 |

## Liste des tableaux

|  |    |
|--|----|
| <b>Tableau 01:</b> Les propriétés physico-chimiques des huiles des plantes étudiées. | 21 |
|--|----|

## Liste des figures

|                   |   |    |
|-------------------|---|----|
| <b>Figure01:</b>  | Structure d'un hyphe et son développement vers la formation d'un mycélium   | 04 |
| <b>Figure02:</b>  | Mycélium, sporodochie et spores de <i>Fusarium</i> species  | 05 |
| <b>Figure03:</b>  | Caractéristiques de <i>Fusarium culmorum</i>  | 06 |
| <b>Figure 04:</b> | Les symptômes de la fusariose observées chez le blé   | 07 |
| <b>Figure 05:</b> | représente la plante <i>Artemisa campestris</i>   | 09 |
| <b>Figure 06:</b> | photo représente la plante de <i>Alpinia officinarum</i>  | 10 |
| <b>Figure07:</b>  | structures histologiques sécrétrices spécialisées   | 11 |
| <b>Figure08:</b>  | Exemples de structures de monoterpènes  | 12 |
| <b>Figure09:</b>  | Exemples de structures de sesquitérpenes  | 13 |
| <b>Figure10:</b>  | Exemples de structures de composés dérivés du phénylpropane   | 13 |
| <b>Figure 11:</b> | Photo représente le dispositif Clevenger  | 18 |
| <b>Figure12:</b>  | figure représente la couleur d'extraits des huiles essentielles   | 21 |
| <b>Figure13 :</b> | Effet de DMSO (100%) sur le <i>F. culmorum</i>  | 22 |
| <b>Figure14:</b>  | Résultats de l'effet de l'huile essentielle d' <i>Alpinia officinarum</i> sur <i>Fusarium culmorum</i> .  | 22 |
| <b>Figure15:</b>  | Résultats de l'effet de l'huile essentielle d' <i>Artemisia campestris</i> sur <i>Fusarium culmorum</i> .   | 23 |
| <b>Figure16:</b>  | Effet des huiles essentielles d' <i>Alpinia officinarum</i> et d' <i>Artemisia campestris</i> sur l'inhibition de la croissance radiale de <i>Fusarium culmorum</i> aux différentes concentrations. | 23 |

## Liste des abréviations

°C: degré Celsius.

µl: microlitre.

CMFC: concentration minimale fongicide.

CMFS: concentration minimale fongistatique.

CMI: concentration minimale inhibitrice.

DC: diamètre des disques mycéliens témoins.

De : diamètre des disques mycéliens avec l'huile essentielle.

DMSO: Le diméthyle Sulf oxyde.

Fig.: Figure.

Hess : Huiles essentielles

IA : index antifongique.

PDA : Potta Dextrose Agar.

pH: potentiel d'hydrogéné.

T°: Température.

**Résumé :**

Les plantes médicinales aromatiques sont connues depuis un longtemps comme étant une source naturelle prometteuse d'agents antimicrobiens. Ce travail vise l'étude de l'effet d'huiles essentielles de *Artemisia campestris* et de *Alpinia officinarum* extraites par hydro distillation contre *Fusarium culmorum*. La teneur moyenne en huile essentielle de *Artemisia campestris* et *Alpinia officinarum* sont respectivement 0.24 et 0.51% par rapport à la matière sèche des deux plantes. L'huile essentielle de *Artemisia campestris* a une activité fongistatique plus élevée par rapport à l'huile essentielle de *Alpinia officinarum*.

A une concentration de 0.26 mg/μl, seule l'huile essentielle *Artemisia campestris* inhibe totalement la croissance mycélienne du champignon *Fusarium culmorum*.

L'huile essentielle de *Artemisia campestris* peut être donc considérée comme source d'agent antifongique qui pourra être utilisé pour le traitement de la fusariose des céréales en particulier le blé.

Mots clés : **huiles essentielles, *Artemisia campestris*, *Alpinia officinarum*, fusariose, antifongique, *Fusarium culmorum*.**

# ***Introduction***

Les pays nord-africains appelés aussi pays du Maghreb Arabe, le Maroc, l'Algérie, la Tunisie et la Libye, qui font partie du pourtour méditerranéen présentent une multitude de paysages et de milieux diversifiés avec une grande richesse en termes de biodiversité faunistique et floristique. Ils renferment de nombreux types d'écosystèmes : côtiers, insulaires, montagneux, désertiques, oasiens et de zones humides (**Khia et al., 2014**). En effet, l'Algérie, de par sa situation géographique, constitue un cadre naturel tout à fait original offrant une gamme complète de bioclimats méditerranéens favorisant une flore riche et variée avec un endémisme très marqué.

Parmi toutes les espèces végétales, seulement 10% sont dites aromatiques. Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs, ils sont presque exclusivement de l'embranchement des Spermaphytes, les genres qui sont capables de les élaborer sont rassemblés dans un nombre restreint de familles comme les : Lamiaceae, Lauraceae, Asteraceae, Rutaceae, Myrtaceae, Poaceae, Cupressaceae, Piperaceae (**Srifi et al., 2013**).

Environ 80 % de la population mondiale profite des apports de la médecine traditionnelle à base des plantes reconnaissant ainsi les savoirs empiriques de nos ancêtres (**EL Rhaffari et Zaid., 2004**).

Différentes espèces de végétaux sont connues depuis longtemps pour leurs effets antimicrobiens. Les plantes aromatiques et médicinales constituent une richesse naturelle très importante dont la valorisation demande une parfaite connaissance des propriétés à mettre en valeur.

Les propriétés médicales des plantes médicinales dépendent de la présence d'agents bioactifs variés et appartenant à différentes classes chimiques (**Ouraini et al., 2005; Ouis., 2015**). Ces propriétés, dues souvent à la fraction d'huile essentielle, peuvent être mises à profit pour traiter certaines maladies infectieuses d'origine bactérienne et d'origine fongique, comme les dermatophytes les moisissures allergisantes ou les champignons opportunistes pour lesquelles les antibiotiques de synthèse deviennent de moins en moins actifs ou dans la préservation des aliments contre l'oxydation comme alternatives aux produits chimiques de synthèse ((**Maurice., 1997 ; de Billerbeck., 2007 ; Ouis., 2015**). L'usage des huiles essentielles en médecine ne fut jamais abandonné malgré la découverte de processus de synthèse organique et la naissance de l'industrie pharmaceutique.

Les huiles essentielles sont considérées comme un véritable réservoir de molécules de base qui sont irremplaçables. L'activité antifongique des huiles essentielles des plantes aromatiques a été donc confirmée par de nombreux auteurs (**Ouraini et al., 2005**).

La fusariose est une des maladie phytopatogène causé par la champignon du genre *Fusarium* qui provoque le plus souvent des pertes économiques dans la production agricole. Le *Fusarium culmorum* est l'agent principal responsable de la fusariose des produits céréaliers tels que l'orge, le maïs et le blé.

Actuellement, l'utilisation des pesticides pour lutter contre ce pathogène c'est avéré inefficace et parfois limité vue l'apparition des souches fongiques résistances ainsi que leur toxicité pour le consommateur. Les antifongiques de synthèse sont aussi des polluants environnementaux à cause de leur dégradation lente dans le sol. Pour cela, il serait intéressant d'utiliser les produits naturels comme moyen de lutte contre la fusariose.

Dans notre étude, nous avons évalué l'activité des huiles essentielles de deux plantes aromatiques, le petit galanga (*Alpinia officinarum*) et l'armoise rouge (*Artemisiacampestris L.*) extraites par hydro-distillation, sur le *Fusarium culmorum* qui est responsable du piétin fusarien observé chez les plantes céréaliers. Cette étude va nous permettre aussi de justifier l'usage traditionnel de ces deux plantes par les populations locales.

Notre travail présenté dans ce manuscrit est réparti en trois parties :

La première partie est scindée en deux chapitres réservés à un rappel bibliographique sur le *Fusarium* et les huiles essentielles des plantes étudiées (*Artemisia campestris* et *Alpinia officinarum*).

Dans la deuxième partie, il sera question de l'extraction des huiles essentielles de l'armoise rouge et du petit galanga ainsi que de la détermination de leurs propriétés physico-chimiques et de leurs effets sur le *Fusarium culmorum*.

La troisième partie est consacrée à la discussion des résultats d'une part des rendements d'extraction et des propriétés physico-chimiques des huiles essentielles isolées et d'autre part à la mise en évidence de leur activité antifongique.

## ***Synthèse bibliographique***

## I. Généralités sur les moisissures

### I.1. Définition

Les moisissures sont des champignons filamenteux hétérotrophes : certains vivent en symbiose avec des végétaux, d'autres sont des parasites des végétaux ou des animaux, d'autres encore sont des saprophytes qui se développent sur des déchets organiques ou contaminent les produits alimentaires (Meyer *et al.*, 2004).

Les moisissures peuvent être :

- Nuisibles, car agents d'altérations d'aliments ;
- Utiles, car intervenant dans la production d'aliments, d'antibiotiques, d'enzymes et dans diverses fermentations (Leyral et Vierling., 2007).

Ce sont des organismes hétérotrophes et jouent un rôle essentiel dans la décomposition de la matière organique. Les sources de carbone les plus utilisées sont les glucides. La flore glucidolytique dans de nombreuses denrées se développe dans un premier temps aux dépens d'oses et ultérieurement à partir des polyosides : l'amidon, la cellulose, la chitine etc. sont dégradés, par l'action d'enzymes glucidolytiques exocellulaires (Leyral et Vierling., 2007).

Certaines moisissures ne se développent que sur substrat humide et d'autres peuvent proliférer sur des substrats dont l'humidité est très faible (Leyral et Vierling., 2007). La végétation maximale est produite entre 20°C et 30°C. Certaines espèces sont très résistantes à la chaleur (supérieur à 50°C). A l'opposé, il existe des moisissures psychrophiles supportant des températures basses et même négatives (Leyral et Vierling., 2007).

La plupart des moisissures sont aérobies strictes, c'est-à-dire qu'elles ont besoin d'oxygène pour se développer. Les moisissures vont donc croître préférentiellement en surface des aliments. Néanmoins, certaines souches sont micro aérophiles : elles sont capables de se développer même à de très faibles taux d'oxygène résiduel.

De telles souches sont donc aptes à se développer dans la masse. Certaines peuvent même supporter une anaérobiose très stricte (Dela charlerie *et al.*, 2008).

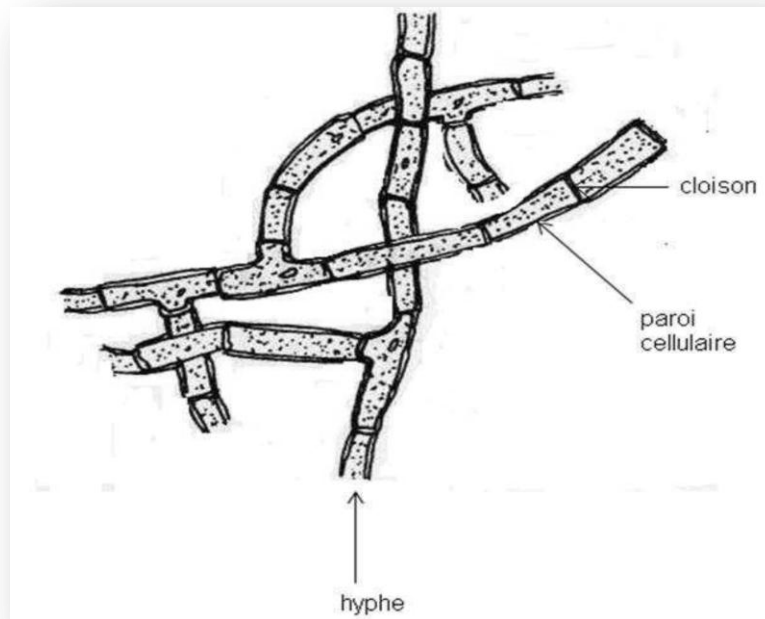
Les moisissures sont extrêmement tolérantes aux différents pH puisqu'elles sont susceptibles de se développer dans une gamme de pH allant de 2 à 9, avec un optimum de 4 à 6,5 (Dela charlerie *et al.*, 2008).

### I.2. Caractéristiques morphologiques

La structure des moisissures repose sur leur appareil végétatif appelé thalle, constitué d'hyphes ou cellules allongées en forme de filaments tubulaires de 2 à 10 µm de diamètre. Ces hyphes

comprennent les organites classiques d'une cellule : noyau, mitochondrie, cytoplasme, vésicules. Ils peuvent être cloisonnés ou non et leur association forme le mycélium (Figure 01).

Comme pour tout substrat, la colonisation des supports papiers est réalisée par extension et ramification des hyphes parfois visibles sous forme de petites tâches colorées à leur surface. Les hyphes puisent l'eau et les substances organiques dans les différents substrats qu'ils colonisent pour leur développement.



**Figure 01** : Structure d'un hyphe et son développement vers la formation d'un mycélium, (Chabasse et *al.*, 2002).

### **I.3. Le genre *Fusarium***

#### **I.3.1 Historique**

La première et véritable description du genre *Fusarium* a été réalisée par Link en 1809. Il doit son nom du latin *fusus* (fuseau) en rapport à la forme de ses macroconidies fusiformes et cloisonnées. C'est en 1809 que Link décrit le genre *Fusarium* pour la première fois. Le genre *Fusarium* tient son nom du latin *Fusus*, car ses spores sont en forme de fuseau.

#### **I.3.2. Habitat**

Les champignons du genre *Fusarium* sont très répandus et peuvent être isolés de la plupart des sols, des insectes, de l'eau courante, des racines, graines et autres tissus d'une grande variété de plantes herbacées et ligneuses sauvages ou cultivées. Ces organismes sont retrouvés aussi bien sous les climats tempérés que sous les climats sub-tropicaux. Certaines espèces

s'attaquent plus particulièrement aux céréales et sont plus fréquemment rencontrées sur les cultures françaises.

### 1.3.3. Morphologie

Les *Fusarium* ont un thalle à croissance généralement rapide, blanc à crème, jaune brunâtre, rose, rouge, violet ou lilas. Les conidiophores parfois très ramifiés forment sur le thalle des coussinets (sporodochies) et portent des masses de spores d'aspects gras (Figure 2).



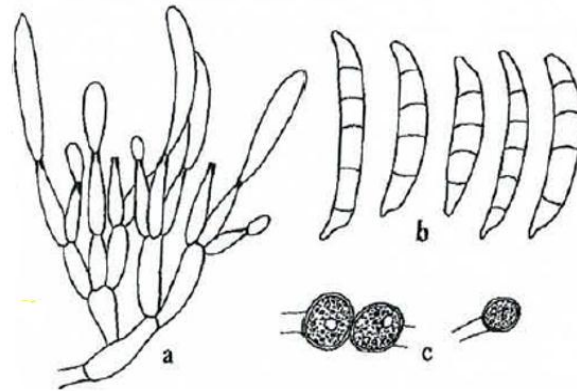
**Figure 2:** Mycélium, sporodochie et spores de *Fusarium sp.* (\*2500) (Champion.,1997).

Les phialides sont plus ou moins allongées et peuvent produire deux types de conidies:

- des macro conidies fusiformes, souvent courbées, pluri septées, avec une cellule basale pédicellée, portant une sorte de talon ,
- des micro conidies petites, généralement septées, piriformes, fusiformes ou ovoïdes.

Certaines espèces produisent les deux types de spores, d'autres ne forment que des macro conidies. Les chlamydospores sont présentes ou absentes, terminales ou intercalaires, différenciées par le mycélium ou par les conidies (Botton *et al.*,1985).

Le *Fusarium culmorum* n'a pas une forme parfaite connue. Le thalle est à croissance rapide, d'abord blanc à jaunâtre ou rose puis occase à rouge brunâtre avec un revers rouge à pourpre. Les microconidies sont absentes. Les phialides sont courtes et larges formées sur le mycélium aérien ou groupées en sporodochies. Les macro conidies sont fusiformes, courbes, septées, à cellule apicale courte et pointue. Les chlamydospores sont intercalaires ou terminales, formées par le mycélium ou par les conidies sub-globuleuses, brunâtre, lisses ou verruqueuses (9-14  $\mu\text{m}$  de diamètre) (Botton *et al.*,1985). Dans la Figure 3 sont présentés les principaux caractères morphologiques de *Fusarium Culmorum* (Tabuc., 2007).



**Figure 3:** Observation par microscope photonique du *Fusarium culmorum* (Botton *et al.*, 1985), (x75) : (a) macrophialides et macroconidies; (b) macroconidies; (c) chlamydospores (Tabuc., 2007).

### I.3.5. Taxonomie des *Fusarium*

La taxonomie des *Fusarium* a longtemps été confuse et soumise à controverse (Messiaen et Cassini., 1968) et les *Fusarium* ont fait l'objet de nombreuses tentatives de classification aux cours du 20<sup>ème</sup> siècle. La taxonomie des *Fusarium* débute par la publication du système de classification de Wollenweber et Reiking en 1935. Ils définirent 16 sections et 65 espèces (Wollenweber et Reiking., 1935). La séparation en section reposait sur des caractères morphologiques assez simples, mais la différenciation des espèces à l'intérieur des sections étaient moins aisée. En effet, elle reposait sur des caractères culturels sujets à variations donc aléatoires. Finalement, cette classification ne fut pas reconnue par la suite.

En 1940, Snyder et Hansen proposèrent de regrouper plusieurs sections en une même espèce, mais cette modification fut l'objet de controverse de par les études réalisées par la suite. Le genre *Fusarium* appartient à la division des Ascomycètes et à la famille des Nectriacées. A l'heure actuelle, le classement le plus couramment est celui de Nelson *et al.*, (1983) qui regroupe les *Fusarium* dans 15 sections. Ce classement a été amendé par Burgess *et al.* (1994), puis par d'autres chercheurs grâce à l'utilisation des techniques de biologie moléculaire (Leslie et Summerell., 2006). De nombreuses espèces fusariennes ont été identifiées dans la nature dont les principales capables d'induire la fusariose de l'épi de blé: *F. tricinctum*, *F. poae*, *F. langsethiae*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. arthrosporioides*, *F. avenaceum*, *F. sporotrichioides*, *F. equisetii* *F. crookwellense* (Xu et Nicholson., 2009). Les champignons du genre *Fusarium* sont capables de produire des métabolites secondaires toxiques, les mycotoxines, dont la présence augmente l'incidence de la maladie sur les productions agricoles.

Sur le plan économique le genre *Fusarium* est très important ; il regroupe beaucoup d'espèces phyto pathogènes, susceptibles d'induire des maladies chez de nombreuses plantes (Fusariose). La majorité de ces espèces sont susceptibles de produire des mycotoxines et sont ainsi impliquées dans des intoxications.

#### ***I.4.Fusarium culmorum***

Le *Fusarium culmorum* est une espèce de champignon ascomycète de la famille des Nectriaceae. C'est un agent phyto-pathogène responsable de divers tels que la fonte de semis, la pourriture racinaire la fusariose de l'épi la pourriture de la tige ...etc. (Figure 04). Chez de nombreuses espèces de plante mono- et dicotylédones en particulier chez les céréales surtout le blé et l'orge (Tabuc., 2007 ; Scherm et al., 2013).



**Figure 04:** Les symptômes de la fusariose observés chez le blé (Scherm et al., 2013).

#### **I.4.1 Taxonomie**

- Règne: fungi
- Division: Ascomycota
- Classe: Sordariomycetes
- Sous-classe : Hypocreomycetidae
- Ordre: Hypocreales
- Famille: Nectriaceae
- Genre: *Fusarium* (Link, 1809).

#### **I.4.2. Caractère culturaux**

Le genre *Fusarium* pousse rapidement sur gélose PDA et au malt. Les colonies sont duveteuses, d'abord blanches à jaunâtres ou rose puis ocracées à rouge brunâtre. Le revers est rouge à pourpre (Tabuc, 2007).

## II. Généralités sur les plantes aromatiques étudiées

### II.1. *Artemisia campestris*

L'armoise champêtre ou auronne-des-champs (*Artemisia campestris*L.) est une plante appartenant à la famille des Astéracées. Elle est assez commune sur les sols siliceux et les bords des rivières jusqu'à 1500 m. Les feuilles de cette plante sont largement utilisées dans la médecine traditionnelle comme anti-venin, anti-inflammatoire (Le Floch., 1983). *Artemisia campestris* L. a des propriétés allélo chimiques inhibant la croissance et la germination de certaines plantes qui l'entourent (Neffati., 1984). Cette plante est appelée en arabe Allala ou Tgouft.

#### II.1.1. Description botanique

*Artemisia campestris* est un arbuste aromatique à tiges robustes, d'une hauteur de 30 à 80 cm. cette plante possède des capitules très petits, étroits (1 à 1,5 mm) ovoïdes ou coniques, à involucre scarieux, ne contient que 3 à 8 fleurs de couleur jaunâtre bordées de rouge, et à pédoncule muni de poils blanchâtres à brunâtre. Les feuilles d'*Artemisia campestris* sont glabres de couleur verte foncée, les inférieures dipinnati séquées, les supérieures spinnati séquées, les basales pétiolées et auriculées, les tiges sont ligneuses à la base striée (David, Hervé., 1994 ; Ozenda., 1983 ; Quezel et Santa., 1962).

#### II.1.2. Systématique

Selon Caratini., 1971, la plante *Artemisia campestris* est classée comme suit :

**Règne:***Plantae*  
**Sous règne:***Tracheobionta*  
**Embranchement:***Spermatophyta*  
**Sous embranchement:***Magnoliophyta*  
**Classe:***Magnoliopsida*  
**Sous classe:***Asteridae*  
**Ordre:***Asterales*  
**Famille:***Asteraceae*  
**Sous famille:***Asteroideae*  
**Tribu:***Anthemideae*  
**Sous Tribu:***Artemisiinae*  
**Genre:***Artemisia*  
**Espèce:***Artemisia campestris* L.



<http://3.bp.blogspot.com/>

**Figure 05** : photo représente la plante *Artemisa campestris*.

## II.2. *Alpinia officinarum*

Le Petit galanga est un plant annuel bien connue dans la région de Sud-Est d'Asie (Hans., 2007) et largement cultivée dans le sud de la Chine (Xusheng et al., 2012), Taiwan (Hisashi., 2009) en Inde, le Vietnam et la Thaïlande (Griangsak et al., 2010). Il est l'un des importants médicaments chinois traditionnels (Zhao et al., 2010 ; Ling et al., 2010), appartient à la famille des Zingiberaceae, qui comprend d'autres plantes médicinales importantes comme *Curcuma longa* et *Zingiber officinale* avec des propriétés médicinales bien documentés (Krishnan et al., 2009). Cette plante est appelée par la communauté arabe « Khorjlane ».

### II.2.1. Description botanique

Grande plante herbacée, vivace pouvant mesurer jusqu'à 1.5 m, annuel (Hans., 2007 ; Ken et al., 2008 ; Jisuk et al., 2009) avec des fleurs blanches, veinées de rose, à long filet (Paul et Ferdinand., 2010) en forme de lance (Iserin et al., 2001) staminal. Rhizome noueux entouré de bandes circulaires de coloration plus claire (Paul et Ferdinand., 2010). Il ya environ 46 espèces de ce genre en Chine (Bei-Bei et al., 2010) dont on utilise le rhizome qu'est piquant et aromatique (Griangsak et al., 2010 ; Tram et al., 2008).

### III.2.2. Systématique

- Règne** : Plantae
- Embranchement** : Angiospermes
- Sous embranchement** : Monocotylédones
- Ordre** : Zingiberales

- **Famille** : Zingiberaceae
- **Genre** : *Alpinia*
- **Espèce** : *Alpinia officinarum* (Arti *et al.*, 2015 ; Ghosh et Rangan., 2013).



<http://www.choicenature.com/>

**Figure 06:** photo représente la plante de *Alpinia officinarum*

### III. Les huiles essentielles

#### III.1. Définition

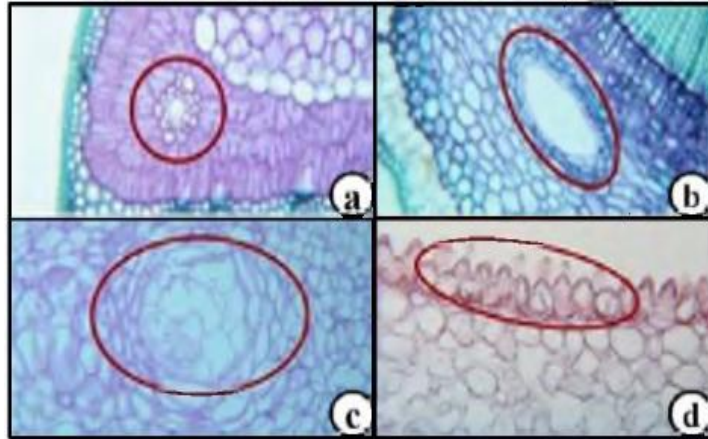
Les huiles essentielles (HEs) sont des substances organiques aromatiques liquides qu'on trouve naturellement dans diverses parties des arbres, des plantes, des épices, etc. Elles sont aussi très concentrées, volatiles, non huileuses et sensibles à la décomposition sous l'effet de la chaleur (Piochon., 2008). Les HEs ne contiennent pas de corps gras (lipides) (Hamdani., 2012 ; Khenaka., 2011). La norme française AFNOR NF T75-006 définit l'huile essentielle comme : un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, et qui sont séparés de la phase aqueuse par procédés physiques (Garnero., 1996).

#### III.2. Répartition et localisation

Les HEs se localisent dans toutes les parties vivantes de la plante et se forment dans le cytoplasme de certaines cellules végétales spécialisées (Tseng *et al.*, 1997). Elles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : fleurs, feuilles, des écorces, des bois, des racines, des rhizomes, des fruits, des graines (Figueredo., 2007).

La synthèse et l'accumulation sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées, souvent localisées à la surface de la plante : cellules à huiles essentielles des Lauracée ou des Zingibéracée, polis sécréteurs des Lamiaceae, des poches sécrétrices des Myrtaceae ou des Rutaceae, canaux sécréteurs des Apiaceae ou des Asteraceae

(Bruneton., 1993), Plusieurs catégories de tissus sécréteurs peuvent coexister simultanément chez une même espèce, voire dans un même organe (Figure 7) (Fahn., 1979, 1988).



Source : [www.apoticarius.com](http://www.apoticarius.com)

**Figure 07** : structures histologiques sécrétrices spécialisées : (a,b) canaux sécréteurs (c) poches sécrétrices (d) cellules épidermiques.

### III.3. Propriétés physico-chimiques

En ce qui concerne les propriétés physico-chimiques, les huiles essentielles forment un groupe très homogène (Bernard *et al.*, 1988 ; Bruneton., 1993).

#### III.3.1. Les propriétés physiques

- Liquides à température ambiante.
- Elles sont volatiles, ce qui les oppose aux huiles grasses
- Leur densité est en général inférieure à celle de l'eau
- Elles sont liposolubles et solubles dans les solvants organiques usuels (Bruneton., 1999).
- Elles ne sont que très rarement colorées, en général, elles sont de couleur jaune, mais Certains se distinguent : l'huile essentielle de camomille allemande est bleu, celle de sarriette est rouge, la bergamote est d'une très jolie verte pale, l'inule est vert émeraude..une belle palette de couleurs (Bruneton., 1999 ; Daniele., 2007).

#### III.3.2. Les propriétés chimiques

Les huiles essentielles peuvent contenir une centaine de composées différentes, appartenant deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques spécifiques : les terpènes et les dérivés du phénylpropane bio synthétisé essentiellement à partir de l'acide shikimique (Bruneton., 1993). L'ensemble de leurs constituants se caractérise par un faible poids moléculaire (Girard., 2010).

### III.4. La composition chimique

#### III.4.1. Les composés terpéniques

Les terpènes sont des dérivés de l'isoprène  $C_5H_8$  (2-méthylbutadiène) et ont pour formule de base des multiples de celle-ci, c'est-à-dire  $(C_5H_8)_n$  (Mondello et al., 2003). Les mélanges de terpènes (ou terpenoïdes) et leurs dérivés sont généralement responsables de la caractéristique aromatique de la matière végétale (Lamarti et al., 1994; Reverchon et al., 1995). Les terpènes peuvent être considérés comme des dérivés de l'isoprène, sont des isoprenoïdes (Guignard., 2000). Selon le nombre d'unités isopréniques qui les constituent, on distingue : les terpènes proprement dits ou mono terpènes en  $C_{10}$ , les sesquiterpènes en  $C_{15}$ , les di terpènes en  $C_{20}$ , les tri terpènes ( $C_{30}$ ) (ex. stéroïdes), les tetraterpènes ( $C_{40}$ ) (ex. caroténoïdes), et les polyterpènes (Guignard, 2000 ; Liao et al., 2006). Les constituants d'huile essentielle sont principalement les mono- et sesquiterpènes (Julsing et al., 2006); les terpènes les plus volatils, c'est-à-dire ceux dont la masse moléculaire est faible (Bruneton, 1999).

#### III.4.2. Les monoterpènes

Les mono terpènes sont constitués par 10 atomes de carbone ou deux unités isopréniques. Ils sont volatils, entraînés à la vapeur d'eau, d'odeur souvent agréable et présentent la majorité des constituants des huiles essentielles (Lamarti et al., 1994). Ont pour formule  $C_{10}H_{16}$  (Mondello et al., 2003). Les monoterpènes sont synthétisés par un monoterpène synthétase. Souvent, cette enzyme catalyse la production des composés multiples, incluant les mono terpènes de types acycliques, monocycliques, et bi cycliques (Yamasaki et Akimitsu., 2007). À ces terpènes se rattachent un certain nombre de produits naturels à fonctions chimiques spéciales, surtout alcool et aldéhyde (Figure 8). (Hernandez Ochoa., 2005).

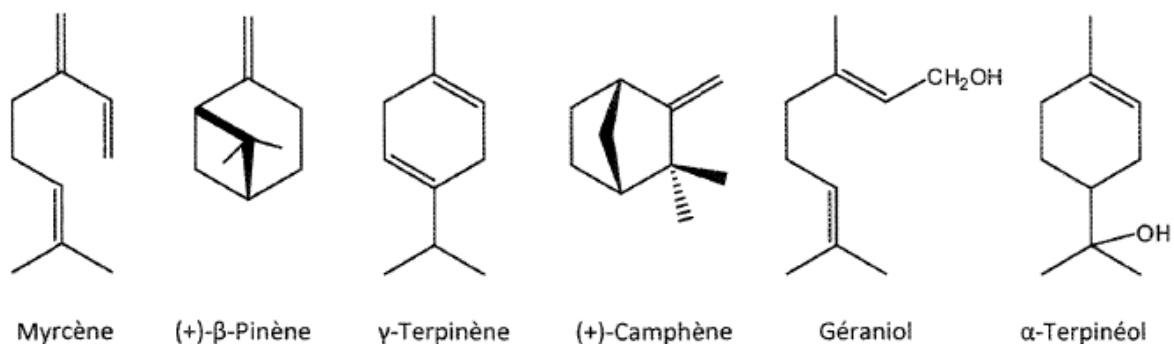


Figure 08: Exemples de structures de monoterpènes (Piochon., 2008).

### III.4.3. Les sesquiterpènes

Ce sont des hydrocarbures de formule C<sub>15</sub>, soit une fois et demi (sesqui) La molécule des terpènes (en C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>) (figure 9). Les variations structurales dans cette série sont de même nature que dans le cas précédent, carbures, alcools, cétones étant les plus fréquents (Bruneton., 1999).

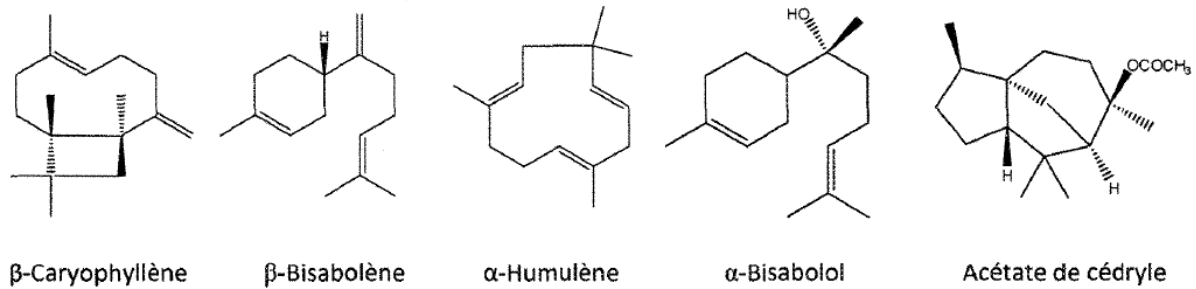


Figure 09: Exemples de structures de sesquiterpènes (Piochon., 2008).

### III.4.4. Les composés aromatiques

Les phényl propanoïdes sont beaucoup moins fréquents que les précédents, mais quelques plantes peuvent en avoir des proportions significatives. Le terme "phénylpropanoïdes" se rapporte à des composés avec une chaîne à trois carbones liés à un anneau aromatique de six carbones. Les phénylpropanoïdes dérivent principalement de la phénylalanine synthétisée par la voie métabolique de shikimate, qui est spécifique des micro-organismes et des plantes (Calsamiglia et al., 2007). On peut également rencontrer dans les huiles essentielles des composés en C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub> comme la vanilline (assez fréquente) ou comme l'eugénol (Figure 10) (Bruneton., 1999). Les phénylpropanoïdes sont moins représentés dans l'HE que les terpènes, néanmoins elles sont caractéristiques dans certaines huiles essentielles d'Apiaceae (anis, fenouil, persil, (eugénole, myristicine, asarones, cinnamaldehyde)) (Bruneton., 1999).

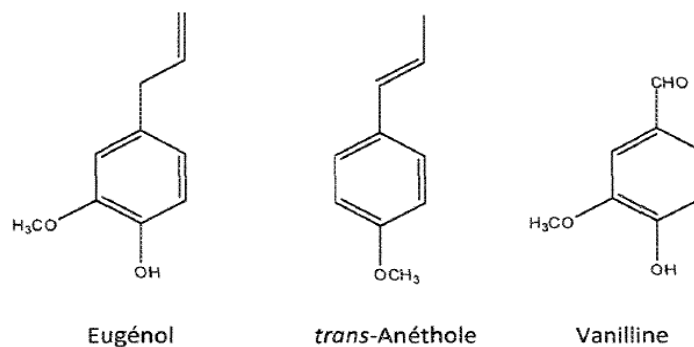


Figure 10 : Exemples de structures de composés dérivés du phénylpropane (Piochon., 2008).

### III.5. Extraction

L'extraction est un procédé chimique qui permet de séparer un composé d'un mélange ou d'une solution (**Djabau., 2006**). L'extraction des HEs de la matière végétale peut être réalisée au moyen de plusieurs méthodes, base sur les techniques anciennes, qui se pratiquent en fonction de la partie végétale choisie, dont :

- L'expression à froid ;
- L'extraction à l'eau surchauffée ;
- L'extraction par fluide supercritique (SFE), qui utilise du gaz carbonique (**Bruneton., 1999 ; Malecky., 2008**)
- L'extraction par microondes (**Lucchesi et al., 2007**) ;
- L'extraction par l'enfleurage (**Moro Buronzo., 2008**) ;
- L'extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau et par l'hydro distillation(**Bruneton., 1999**).

#### III.5.1.La distillation

Cette technique implique la condensation de la vapeur et la récupération des fractions liquides résultantes(**Hernandez Ochoa., 2005**). L'entraînement à la vapeur d'eau est l'un des procédés d'extraction les plus anciens et l'une des méthodes officielles pour l'obtention des HE. Les parties de plante choisies soit placées dans une première cuve, traversée par de la vapeur d'eau. La vapeur qui provient de la première cuve traverse la deuxième en entraînant avec elle les principes actifs de la plante. Ensuite, la vapeur se refroidit en passant dans un long tube pour arriver dans la troisième cuve, ou elle redevient de l'eau (**Moro Buronzo., 2008**).Selon **Piochon (2008)**, il existe trois différents procédés utilisant le principe de la distillation : l'hydro distillation, l'hydro diffusion et l'entraînement à la vapeur d'eau.

#### III.5.2. L'expression

L'expression aussi appelée (pression à froid)ou grattage. Est souvent utilisée pour extraire les HE des agrumes comme le citron, l'orange, la mandarine, etc. Son principe consiste à rompre mécaniquement les poches à essences. L'HE est séparé par décantation ou centrifugation. D'autres machines rompent les poches par dépression et recueillent directement l'HE, ce qui évite les dégradations liées à l'action de l'eau (**Hemat., 2009**).

#### III.5.3.L'enfleurage

L'enfleurage et l'extraction donnent des essences destinées à l'industrie de la parfumerie. (**Grosjean., 1993**). Les plantes sont disposées à température ambiante sur des plaques de graisse qui ont pour but d'absorber le parfum.

Une fois la plaque Bien imprégnée, la matière grasse est séparée de l'huile essentielle à l'aide d'un solvant. Grace à cette méthode, on obtient des huiles essentielles de grande qualité (Moro Buronzo., 2008).

#### III.5.4. L'extraction par solvants chimiques

Cette méthode est pratiquée au niveau industriel et utilise des produits chimiques (Moro Buronzo., 2008), Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol moins fréquemment le di chloro méthane et l'acétone (Le grand.,1993 ; Dapkevicius et al., 1998 ; Kim et Lee., 2002).

#### III.5.5. L'extraction au CO<sub>2</sub> supercritique

Il s'agit d'une technique moderne, très coûteuse : du dioxyde de carbone à haute pression est employée pour faire exploser les poches végétales contenant l'essence, qu'il est alors possible de récupérer (Moro Buronzo., 2008).

#### III.6. Activités biologiques

L'activité biologique d'une huile essentielle est à mettre en relation avec sa composition chimique et les possibles effets synergiques entre ses composants, les plus célèbres sont la réduction de la compétition avec les autres espèces de plante (allelopathie) par inhibition chimique de la germination des graines, la protection contre la flore microbienne infectieuse par les propriétés fongicides et bactéricides et la protection contre les herbivores par goût et effets défavorables sur le système nerveux (Porter., 2001 ; Lahlou., 2004).

Certains auteurs pensent que la plante utilise l'huile pour repousser ou attirer les insectes, dans ce dernier cas, pour favoriser la pollinisation. D'autres considèrent l'huile comme source d'énergie facilitant certaines réactions chimiques et permettant la conservation de l'humidité des plantes dans les climats désertiques (Belaiche., 1979). Les huiles essentielles ont des propriétés antitoxiques, antivenimeuses, antivirales et antiparasitaires.

Du leurs vaste utilisation dans les domaines pharmaceutique, alimentaire, cosmétique. Néanmoins, une seule huile peut avoir plusieurs utilisations à la fois (Laib.,2011).

##### III.6.1. Activité anti oxydante

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

### III.6.2. Activité antibactérienne

Le mode d'action des HEs dépend en premier lieu du type et des caractéristiques des composants actifs, en particulier leur propriété hydrophobe qui leur permet de pénétrer dans la double couche phospholipidique de la membrane de la cellule bactérienne. Cela peut induire un changement de conformation de la membrane. Les bactéries à Gram positif sont plus sensibles à l'action des HEs, par rapport aux bactéries à Gram négatif (Khenaka., 2011). Les HEs peuvent aussi inhiber la synthèse de DNA, ARN, des protéines et des polysaccharides des bactéries (Laib., 2011).

### III.6.3. Activité antifongique

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

### III.6.4 .Activité antivirale

Les huiles essentielles renferment des substances antivirales (Herman., 1993).Les virus sont généralement fortement sensibles aux molécules aromatiques des HEs telles que les mono terpenols et les mono terpenals. De nombreuses pathologies virales sévères traitées avec des HEs ont montrées des améliorations importantes. L'effet antiviral de l'HE de *Mentha piperita* a été étudié (*in vitro*. contre les virus de Herpès Simplex (HSV-1 et HSV-2), une inhibition de 50% est obtenue avec des concentrations entre 0,002% et 0,008% (Schumachet et Reichling., 2003).

### III.7. Propriétés alimentaires

L'industrie alimentaire utilise les huiles essentielles pour rehausser le gout, aromatiser et colorer les aliments (Aprotosoie et al., 2010). D'autre part, les huiles essentielles possèdent des profils de composition chimique différents permettant de les utiliser comme agents naturels de conservation des aliments (Holley et Patel., 2005).

Des études de l'équipe du Laboratoire de Recherche en Sciences Appliquées à l'Alimentation (RESALA) de l'INRS-IAF, ont montré que l'incorporation des huiles essentielles ou l'application par vaporisation en surface des aliments, contribue à les préserver des phénomènes d'oxydation (Caillet et Lacroix., 2007).

### III.8. Mode d'action des huiles essentielles dans l'activité antifongique

La plupart des études sur le mécanisme d'action des huiles essentielles se sont accentuées sur leurs effets sur les membranes cellulaires. En fait, les composés actifs attaquent la paroi et

la membrane cellulaire, affectant de ce fait la perméabilité et le dégagements des constituants intracellulaires, en interférant également avec la fonction de la membrane (**Rasooli et Owlia, 2005; Pinto et al.,2006; Carmo et al.,2008**). En outre, l'activité antifongique des huiles essentielles pourrait également être liée a l'interférence des composants de l'huile essentielle dans des réactions enzymatiques de la synthèses de la paroi cellulaire, qui affecte la croissance fongique (**Carmo et al.,2008**). **Sharma et Tripath (2007)** ont constaté que les huiles essentielles peuvent causer des changements morphologiques comprenant l'insuffisance des sporulation, la perte de pigmentation, le développement anormal des conidiospores et la déformation des hyphes. D'autres recherches sont penchées sur l'évaluation de l'interférence de l'huile essentielle dans la synthèses de mycotoxines par quelques espèces toxico gènes (**Carmo et al.,2008**).

### **III.10.Toxicité des huiles essentielles**

Les huiles essentielles ne sont pas des produits qui peuvent être utilisés sans risque. Comme tous les produits naturels : "ce n'est pas parce que c'est naturel que c'est sans danger pour l'organisme". Cet aspect des huiles essentielles est d'autant plus important que leur utilisation, de plus en plus populaire, tend à se généraliser avec l'émergence de nouvelles pratiques thérapeutiques telle que l'aromathérapie. Généralement, les huiles essentielles ingérées par voie orale ont une toxicité aigüe faible. Certaines huiles essentielles sont dangereuses lorsqu'elles sont appliquées sur la peau en raison de leur pouvoir irritant (huiles riches en thymol ou en carvacrol), allergène (huiles riches en cinname aldéhyde (**Smith et al.,2000**) ou photo toxique (huiles de *citrus* contenant des fur coumarines (**Naganuma et al., 1985**)).D'autres huiles essentielles ont un effet neurotoxique. Les cétones comme l'a-thujone sont particulièrement toxiques pour les tissus nerveux (**Franchomme et al.,1990**). Elle engendre des effets secondaires plus ou moins néfastes dans l'organisme (allergies, coma, épilepsie, etc.) principalement chez les populations sensibles (enfants, femmes enceintes et allaitantes, personnes âgées ou allergiques) (**Degryse et al..1996**).

## ***Matériel et méthodes***

## I. Matériels

### I.1. Matériels végétales

Le matériel végétal retenu pour l'étude correspond à deux plantes aromatiques : *Alpinia officinarum* et *Artemisia campestris*. Ces deux plantes ont été achetées du marché local chez un herboriste de la région de Laghouat.

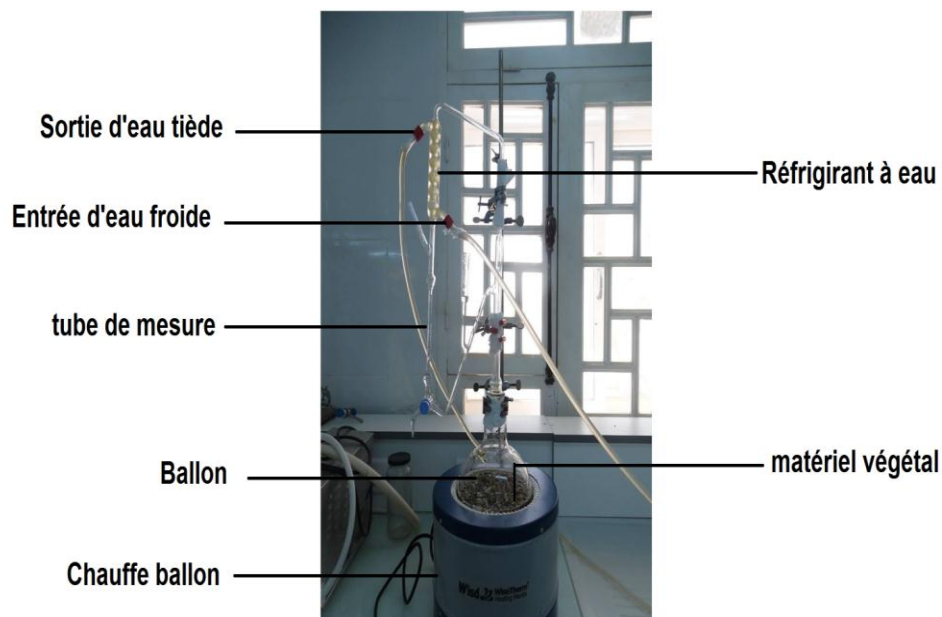
### I.2. Matériels fongique

La souche fongique *Fusarium culmorum* est un champignon phytopathogène et mycotoxinogène a été fournie par Docteur Touati HATTAB du département d'Agronomie de l'Université de Laghouat.

## II. Méthodes

### II.1. Procédé d'extraction des huiles essentielles

Les huiles essentielles des deux plantes aromatiques, *Alpinia officinarum* et *Artemisia campestris* sont extraite par hydro distillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger durant deux heures à raison de 200 g de matériel végétal broyé pour 1000 ml d'eau distillée. Enfin, les huiles essentielles sont récupérées à l'aide d'une pipette pasteur après centrifugation des tubes ceci afin d'éliminer les traces d'eau. Les huiles ainsi obtenues sont stockées dans des tubes en verre bien fermé à une température de 4 °C à l'abri de la lumière jusqu'au moment de leur utilisation.



**Figure 11** :Photo représente le dispositif Clevenger.

## **II.2. Calcul du rendement d'extraction en huile essentielle**

Le rendement en huile essentielle est exprimé par le volume d'huile en millilitres obtenu pour la masse de 100 gramme de matière végétale sèche par la relation suivante :

$$Rdt(\%) = \left( \frac{V}{ms} \right) \times 100$$

Rdt (%) : rendement en huiles essentielles.

V : volume d'huiles essentielles recueilli (ml).

ms : masse végétale sèche (g).

## **II.3. Calcul de la densité de l'huile essentielle**

La détermination de la densité des huiles essentielles des plantes étudiées est réalisée à l'aide d'un flacon d'une capacité de 1 ml pour calculer les masses volumiques des huiles ensuite la densité de chaque huile a été calculée à partir de la relation suivante :

$$d = \frac{MV_{HE}}{MV_{ED}}$$

d :densité d'HE.

MV<sub>HE</sub> : masse volumique d'HE.

MV<sub>ED</sub> : masse volumique d'eau distillée.

## **III.4. Préparation des milieux de culture**

Le PDA (Potato Dextrose Agar) est le milieu de culture utilisé pour l'entretien de souche fongique et la réalisation des tests antifongiques comme un milieu solide. Le milieu PDA est utilisé comme milieu de référence pour la description macroscopique de la zone d'inhibition. La préparation du milieu PDA consiste à bouillir sous agitation 39 gramme de poudre de PDA déshydratée dans un litre d'eau distillée dans une erlémeyer placée sur une plaque chauffante. Après ajustement du pH à 7.0, le milieu est stérilisé par autoclavage à 120°C pendant 20 mn. Le milieu stérilisé est conservé à 4°C jusqu'à son utilisation ultérieure.

## **III.5. Etude de l'activité antifongique**

Les huiles essentielles sont diluées dans le diméthyle sulfoxyde (DMSO) comme solvant. Ce choix a été fait, parce que, le DMSO est capable de solubiliser parfaitement l'huile essentielle dans le milieu de culture et n'a aucun pouvoir antifongique( **Mohammedi., 2006 ; Ownagh et al., 2010**).

Des concentrations comprises entre 0.09 et 0,89 mg/μl ont été préparées pour chaque l'huile essentielle dans des tubes ependorph en utilisant le DMSO comme solvant.

A l'aide d'un écouvillon, 100 μl de chaque dilution d'huile essentielle est étalées sur une boîte de pétri contenant le milieu PDF solidifié. Ensuite un disque de 6.0 mm de diamètre d'une culture de 5-7 jours du champignon *Fusarium culmorum* est déposé en surface. Après 7 jours d'incubation des boîtes de pétri à 27°C le diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque disque est mesuré à l'aide d'un pied à coulisse sur le fond de la boîte.

Le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne est exprimé par l'index antifongique (**Derwich et al., 2010**), cet index est calculé par la formule suivant :

$$IA (\%) = \left( \frac{D_c - D_e}{D_c} \right) \times 100$$

IA : index antifongique.

D<sub>c</sub>: diamètre des disques mycéliens témoins.

D<sub>e</sub> : diamètre des disques mycéliens avec l'huile essentielle.

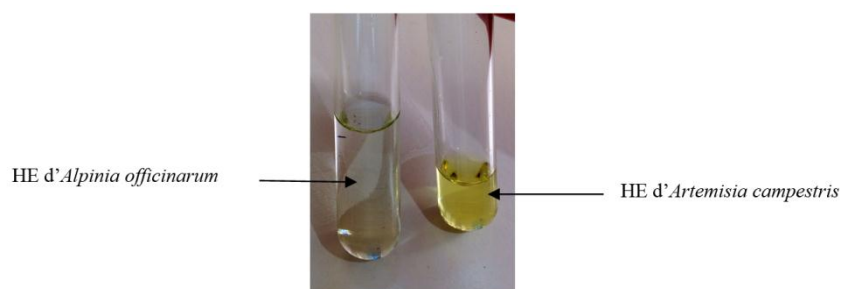
La CMI correspond à la plus petite concentration de l'huile essentielle pour laquelle aucune croissance mycélienne n'est visible à l'œil nu. Pour les boîtes qui ne présentent pas de croissance, le disque de mycélium est transfère sur un milieu PDA neuf pour confirmer s'il s'agit d'un effet fongistatique ou fongicide sur le *Fusarium Culmorum*. La fongicide (CMFc) ont été définies comme étant les plus faibles concentrations de l'agent pour lesquelles il y a absence totale de croissance mycélienne en comparaison avec les témoins après 3 jour de culture a 27°C. Par contre le redémarrage de la croissance mycélienne chez les restes concentration classez comme des concentrations fongistatiques (CMFs) (**Derwich et al.,2010**).

## ***Résultats et discussion***

### III.1. Rendement d'extraction en huile essentielle

Le rendement d'extraction exprimé en pourcentage, est calculé par le rapport de la quantité d'HE extraite sur la quantité de la plante.

D'après la Figure (12), on constate que l'huile de *Artemisia campestris* est plus jaunâtre par rapport à celle obtenu à partir de *Alpinia officinarum*.



**Figure 12:** Aspect des huiles essentielles de *Artemisia campestris* et *Alpinia officinarum*.

Les résultats de calcul des rendements obtenus lors de l'hydrodistillation sont présentés dans le Tableau (1).

**Tableau 1 :** Les propriétés physico-chimiques des huiles des plantes étudiées.

| Plante                      | Couleur      | Aspect            | odeur  | Densité | Rendement (%) |
|-----------------------------|--------------|-------------------|--------|---------|---------------|
| <i>Alpinia officinarum</i>  | Jaune claire | Liquide et mobile | épicée | 0.89    | 0.51±0.08     |
| <i>Artemisia campestris</i> | jaunâtre     | Liquide et mobile | épicée | 0.89    | 0.24±0.03     |

Le rendement de l'huile essentielle de *Alpinia officinarum* est supérieur à celui de *Artemisia campestris*. Ceci pourrait s'expliquer par les poches de sécrétion et un pouvoir sécrétoire plus importants chez *Alpinia officinarum*. *Artemisia campestris* présente un rendement très faible en huile essentielle. Il a fallu plusieurs hydrodistillations pour obtenir une quantité à analyser.

**Houicher et al., (2016)** ont trouvé un rendement d'extraction en huile essentielle de 0.71% (v/p) chez *Artemisia campestris*.

Le rendement d'extraction en huile essentielle dépend de l'âge de la plante, au mode d'extraction, à la période et à l'endroit de récolte, à la partie de la plante utilisée sans négliger la nature même de cette plante aromatique.

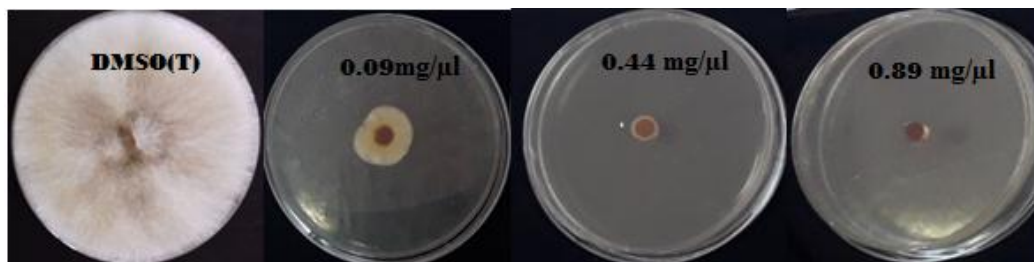
### III.2. Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles

Nous avons pu mis en évidence l'effet antifongique des huiles essentielles obtenues à partir de deux plantes aromatiques, *Artemisia campestris* et *Alpinia officinarum*, sur *Fusarium culmorum* qui est l'un des champignons phyto pathogènes et mycotoxino gènes responsables des maladies des céréales. Le DMSO qui été utilisé pour la solubilisation des HE dans le milieu de culture PDA n'a aucun effet sur la croissance mycélienne sur la souche de *Fusarium culmorum* (Figure 13).

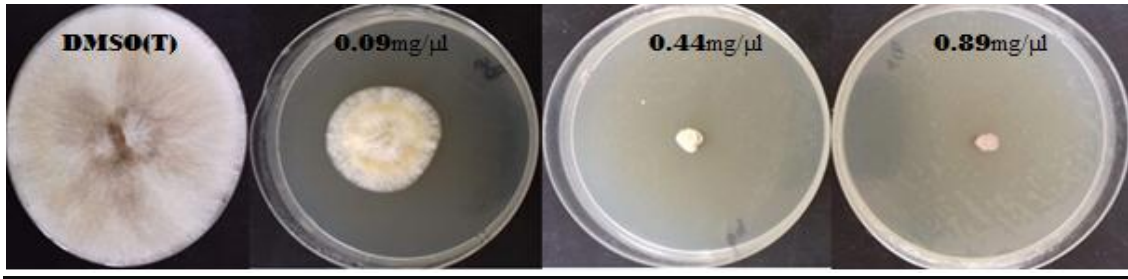


**Figure 13 :** Effet de DMSO sur le *Fusarium culmorum*.

Les deux huiles essentielles testées ont marqué une activité antifongique intéressante contre la croissance de la souche fongique *Fusarium culmorum*. Cette activité est traduite par une inhibition de la croissance mycélienne. D'après les Figures (14) et (15), on remarque que le pourcentage d'inhibition de la croissance fongique varie en fonction de l'huile essentielle testée mais également de la concentration en huile essentielle dans le milieu de culture.



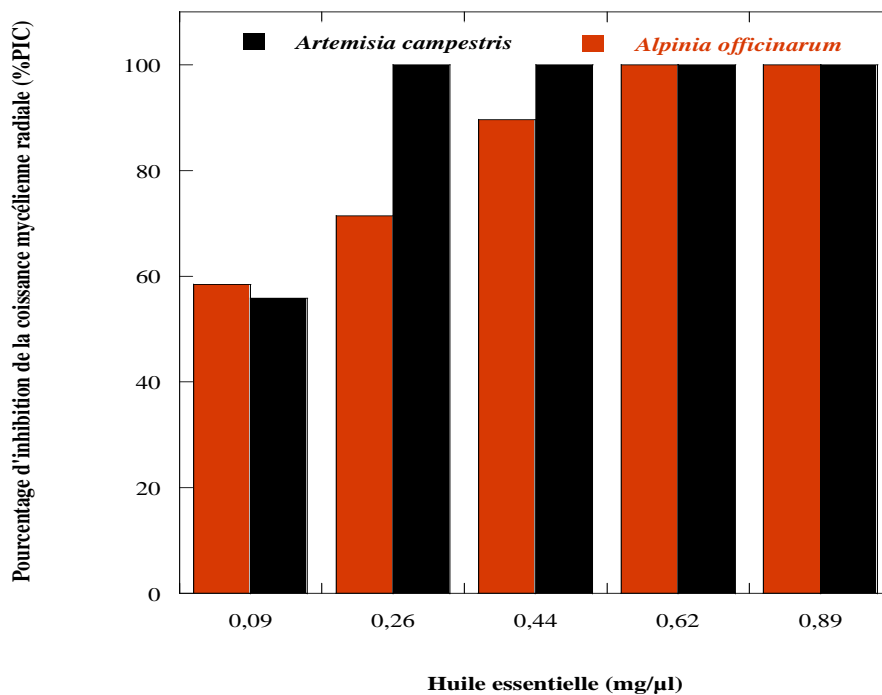
**Figure 14 :** Résultats de l'effet de l'huile essentielle d'*Alpinia officinarum* sur *Fusarium culmorum*.



**Figure 15:** Résultats de l'effet de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* sur *Fusarium culmorum*.

D'après les résultats indiqués dans la Figure (16), l'huile essentielle de *Artemisia campestris* possède le pouvoir antifongique le plus puissant et provoque une inhibition totale de la croissance du *Fusarium culmorum* à partir d'une concentration de 0.26 mg/μl.

En présence de l'huile essentielle de *Alpinia officinarum*, cette même concentration provoque seulement un taux d'inhibition de l'ordre de 71.4%.



**Figure 16 :** Effet des huiles essentielles d'*Alpinia officinarum* et d'*Artemisia campestris* sur l'inhibition de la croissance radiale de *Fusarium culmorum* aux différentes concentrations.

De plus, nous avons pu trouver que l'effet des huiles essentielles sur la souche fongique est seulement fongistatique.

**Houicher et al., (2016)** ont trouvé que l'huile essentielle obtenu à partir de *Artemisia campestris* est capable d'inhiber la croissance du champignon *Fusarium culmorum*. Ces mêmes auteurs ont attribué cette activité aux  $\alpha$ -pinéne,  $\beta$ -pinéne,  $\beta$ -myrcéne, et germacrène D qui sont les composés majoritaires de cette huile.

D'après les travaux de **Charles et al., (1992)**, l'huile essentielle obtenue à partir de la racine de *Alpinia officinarum* est riche en myrcéne et 1,8-cineole. Par conséquent, ces deux composés peuvent être responsables de l'activité antifongique de cette huile essentielle.

## ***Conclusion***

Actuellement, les plantes aromatiques et médicinales possèdent un atout considérable grâce à la découverte progressive des applications de leurs huiles essentielles et leurs extraits végétaux dans la médecine, le cosmétique ainsi que leurs utilisations dans d'autres domaines d'intérêt économique. Dans cette optique, l'objectif de cette présente étude était la valorisation des huiles essentielles de deux plantes aromatiques comme source de nouveaux agents antifongiques pour être utilisés contre la fusariose des céréales.

Le rendement d'extraction en huile essentielle obtenu à partir de *Alpinia officinarum* est supérieur à celui obtenu pour *Artemisia campestris*. Les huiles essentielles de ses deux plantes aromatiques sont pourvues d'activités antifongiques contre *Fusarium culmorum*. L'activité antifongique se traduit par une diminution de la croissance mycélienne du champignon dans le milieu de culture.

L'huile essentielle de *Artemisia campestris* a le pouvoir antifongique le plus élevé par rapport à l'huile essentielle de *Alpinia officinarum*. L'activité antifongique des huiles essentielles est plutôt fongistatique que fongicide.

Les propriétés antifongiques des huiles essentielles étudiées semblent être intimement liées à leur composition chimique et de leur composant majeur. La valorisation de ces résultats en plein champ constitue une perspective alléchante et prometteuse quoique l'application et l'exploitation de ces caractéristiques et propriétés susmentionnées sont tributaires de l'absence d'effets indésirables vis-à-vis de la faune, du sol et du respect de l'environnement.

Comme perspectives, il serait envisageable de faire un analyse de la composition chimique des huiles essentielles et d'étudier surtout pour l'huile essentielle de *Artemisia campestris* d'autres propriétés antimicrobiennes.

## ***Références bibliographiques***

- Arti, D., Ankur, R., et Vijender, S. (2012).** *Alpinia officinarum*: Phytochemistry and Pleiotropism. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*, 122-124.
- Aprotosoai, A.C., Spac, A.D., Hancianu, M., Miron, A., Tanasescu, V.F., Dorneanu, V., Stanescu, U. (2010).** The chemical profile of essential oils obtained from fennel fruits (*Foeniculum vulgare* Mill.). *FARMACIA*, pages 46-54.
- Bei-Bei, Z., Yuan D., Zhi-Xin, L., et Li-Sheng, D. (2010),** Three new antibacterial active diarylheptanoids from *Alpinia officinarum*, *Fitoterapia*, 81; 948-952.
- Belaiche, P. (1979).** Trait. de Phytothérapie et d'Aromathérapie: Tome 1 l'Aromathérapie, Ed. Maloine S. A. Paris.
- Bernard, T., Periau, F., Brav, O., Delmas, M., Gaset, A. (1988).** Extraction des huiles essentielles. Chimie et Technologie. Information chimie.
- Botton, R., Breton, A., Fevre, M., Guy, PH., Larpent, J.P. et Veau, P.(1985).** Moisissures utiles et nuisibles. Importance industrielle. Biotechnologies. Masson, pages 139-145.
- Bruneton, J. (1993).** Pharmacognosie : phytochimie, plantes m.dicinales. Tec et Doc, Lavoisier, Paris. 915pages.
- Bruneton, J. (1999).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes m.dicinales. 3eme edition, Ed. TEC et DOC, Paris.
- Caillet,S., Lacroix,M. (2007).** Les huiles essentielles : leurs proprietes antimicrobiennes et leurs applications potentielles en alimentaire. INRS-Institut Armand-Frappier, (RESALA). pages1-8.
- Calsamiglia,S., Busquet,M., Cardozo,P,W., Castillejos, L., Ferret, A.( 2007).** Essential Oils as Modifiers of Rumen Microbial Fermentation. *Journal of Dairy Science*, 90: 2580-2595.
- Caratini ,R. (1971).** Bordasencyclopedie.Ed *Bodas*.Belgique.23: 137-195.
- Carmo, E.S., Lima, E.D.O. De Souza, E.L. (2008).**The potential of *Origanum vulgare* L. (Lamiaceae) essential oil in inhibiting the growth of some food-related *Aspergillus* species. *Brazilian Journal of Microbiology* 39:362-367.
- Chabasse, D., Bouchara, J-P., De gentile, L., Brun, S., Cimmon, B.et Penn, P. (2002).** Cahier de formation les moisissures d'intérêt médicale.

- Champion,R. (1997).** Identifier les champignons transmis par les semences. Techniques et Pratiques. INRA Editions, pages 166-197.
- Charles D.J., Simon J .E., and Singh N.K. (1992).** The Essential Oil of *Alpinia galanga* Willd., *Journal of Essential Oil Research*, 4: 81-82.
- Daniele, F. (2007).** Ma bible des huiles essentielles. pages15-30.
- Dapkevicius,A., Venskutonis,R, Van Beek, T.A., Linssen, J.P.H. (1998).** Antioxidantactivity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbsgrown in Lithuania. *Journal of Science Food and Agriculture*. pages140-146.
- David A., Hervé M. (1994).** Flore de la suisse. Ed Du Griffon Neuchâtel. Suisse. 428pages.
- Degryse, A.C., Delpla, I ,Voinier, M.A. (2006).** Atelier Sante Environnement, Risques et bénéfiques des huiles essentielles ., IGS. EHESP.
- Delacharlerie ,S., De Biourge, S., Chéné, C., Sindic ,M.et Deroanne ,C.,(2008).** HACCP organoleptique : Guide Pratique. Les Presses Agronomiques de Gembloux; 176Pages.
- Derwich,E., Benziane, Z., Boukir, A. (2010).** GC/MS Analysis and antibacterial activityof the essential oil of *Mentha pulegium* grown in Morocco. *Res. J. Agric. & Biol. Sci.*, pages 191-198.
- Djabau, N. (2006).***SambucusNigra* L., une plante de la pharmacopee traditionnelle Nordafricaine. These de Magistere. Universite Abou BekrBelkaid, Tlemcen. 123pages.
- El-Rhaffari L., et Zaid A. (2004),** Pratique de la phytothérapie dans le sud-est du Maroc (Tafilalet). Un savoir empirique pour une pharmacopée rénovée.
- Fahn, A.( 1979).**Secretary tissues in plants, London: Academic Press.
- Fahn,A. (1988).**Tansley Review No. 14 Secretary tissues in vascular plants. *New Phytol.*, 108 : pages 229-257.
- Figueredo,G. (2007).** Etude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'origans (*Lamiaceae*) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne, thèse présentée pour obtenir le grade de docteur d'université, universite Blaise pascal. page15-17.

- Franchomme, P., Penoel, D. (1990).** L'aromathérapie exactement. Encyclopedie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Roger Jalloiséditeur. Limoges. 445pages.
- Ghosh, S., et Rangan ,L. (2013),** Alpinia: the gold mine of future therapeutics, *Biotech* (REVIEW ARTICLE) 3:173–185.
- Girard, G. (2010).** Les propriétés des huiles essentielles dans les soins bucco - Dentaires d'hier a au jour d'hui : Mise au point d'un model préclinique de lésion buccale de type aphte pour tester les effets thérapeutiques des huiles essentielles. Th.se de doctorat en pharmacie. Université Henri Poincare - Nancy 1 : 100 pages.
- Garnero J. (1996).** Les huiles essentielles. Techniques de l'ingénieur, K 345, Paris.
- Griangsak,E., Santi,S., et Supatcharee,S.(2010),** Reversing  $\beta$ -lactam antibiotic resistance of *Staphylococcus aureus* with galangin from *Alpiniaofficinarum*Hance and synergism with ceftazidime, *Phytomedicine*, (18) 40-45.
- Guignard, J.L.( 2000).** Biochimie végétale Paris : Dunod, 2eme ed. 274 pages.
- Grosjean, N. 1993.** L'aromathérapie, sante et bien etre par les huiles essentielles. Ed Albin Michel, Paris.
- Hamdani, D. (2012).** Action des poudres et des huiles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche de Haricot acanthoscelidesobtecussay. Coleoptera Bruchidae. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Mémoire en vue de l'obtention de magister en sciences biologiques. 97pages.
- Hans ,W. (2007),**1000 plantes aromatique et médicinales. terres édition. Toulouse, Pages39.
- Hemat, F. (2009).** Essential oils and aromas: Green extractions and Applications. HKB Publishers, Dehradun, ISBN : 978-81-905771-3-7. 311pages.
- Herman, A. W., Cochrane, N. A., Sameoto, D.D. (1993).** Detection and Abundance Estimation of Euphausiids Using an Optical Plankton Counter. *Marine Ecology Progress Séries*, 94: pages 165-173.

- Hernandez Ochoa, L.R. (2005).** Substitution de solvants et matières actives de synthèse par un combine solvant/actif d'origine végétale. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de TOUTOUSE. N° 2264, 224 pages.
- Hisashi ,M., Souichi,N., Yoshimi,O., Seikou N., et Masayuki Y. (2009),** Melanogenesis inhibitors from the rhizomes of *Alpinia officinarum* in B16 melanoma cells, *Bioorganic & Medicinal Chemistry*,17,6048-6053.
- Holley, R.A., Patel, D. (2005).** Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials. *Food Microbiol.* pages 273-292.
- Houicher A, Hechachna H and Özogul F. (2016).** In Vitro Determination of the Antifungal Activity of *Artemisia campestris* Essential Oil from Algeria. *International Journal of Food Properties*, 19: 1749-1756.
- Iserin ,P., Masson, M., Restellini ,J .,Ybert ,E., Meux ,L., Moulard, F., et Botrel ,A. (2001).** *Larousse des plantes médicinales : identification, préparation, soins* (larousse ED) : Pages3 .
- JiSuk ,L., Kyoung, A., SeonHui ,J., SungGeum, L., Hi Joon ,P., Nam, J., et Sabina Lim., (2009),** Anti-inflammatory, anti-nociceptive, and anti-psychiatric effects by the rhizomes of *Alpinia officinarum* on complete Freund's adjuvant-induced arthritis in rats, *Journal of Ethnopharmacology*, (126) 258-264.
- Julsing,M.K.,Koulman,A.,Woerdenbag,H.J.,Quax,W.J.,etKayser,O.,(2006).** Combinatorial biosynthesis of medicinal plant secondary metabolites. *Biomolecular Engineering*, 23,pages 265-279.
- Ken ,Y ., Yi ,S ., Susumu, K , Naoyuki, T., Motofumi ,M ., et Shigeyasu, M. (2008),** Inhibitory effect of the rhizomes of *Alpinia officinarum* on TPA-induced inflammation and tumor promotion in two-stage carcinogenesis in mouse skin, *NATURAL RESOURCE LETTER*, 62:374–378.
- Khenaka, K. (2011).** Effet de diverses plantes médicinales et de leurs huiles essentielles sur la méthanogénèseruminale chez l'ovin, Diplôme de Magister En Microbiologie Appliquée, Université Mentouri Constantine. pages19-24.
- Khia; A., Ghanmi ,M., Satrani ,B., Aafi, A., Aberchane ;M., Quaboul ,B., Chaouch ,A., Amusant, N., Charrouf, Z. (2014) .** Effet de la provenance sur la qualité chimique et microbiologique des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis L.* du Maroc. *Phytothérapie* ,12:341-347.

- Kim, N.S., Lee, D.S., (2002).** *Comparison of different extraction methods for the analysis of fragrances from Lavandula species by gas chromatography-mass spectrometry*, *Journal of Chromatography* .98: pages 31-47.
- Krishnan ,S., Chinnasamy, S., Kontham, S., Nabajyoti, G., Sankaranarayanan ,M., Arun, B., et Baddireddi ,S.,(2009),** *Tackling multiple antibiotic resistance in enteropathogenic Escherichia coli (EPEC) clinical isolates: a diarylheptanoid from Alpinia officinarum shows promising antibacterial and immunomodulatory activity against EPEC and its lipopolysaccharide-induced inflammation*, *International Journal of Antimicrobial Agents*,33, 244–250.
- Lahlou, M. (2004).** Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research*, 18 : pages 435-448.
- Laib, I. (2011).** Etude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs seches de Lavandula officinalis sur les moisissures des legumes secs, diplôme de Magister en Sciences Alimentaires, universite Mentouri Constantine., pages 25- 27.
- Lamarti, A., Badoc, A., Deffieux, G., Carde, J. P. (1994).** Biogenese des monoterpenes. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 133 : pages 79-99.
- Le Floch, E., (1989).** Biologie et écologie des principaux taxons dans "Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisienne: I. Eléments de botanique et de phyto-écologie". 193 pages.
- Legrand, G. (1993).** Manuel de préparateur en Pharmacie, Masson, Paris.
- Leslie ,JF, Summerell ,BA (2006).** *The Fusarium Laboratory Manual*, Blackwell Publishing.
- Leslie, J.F., Zeller, K.A. et Summerell, R.A. (2001).** Icebergs and species in populations of Fusarium. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 59. 107-117.
- Leyral ,G. et Vierling ,É., (2007).** *Microbiologie et toxicologie des aliments: hygiène et sécurité alimentaires*. 4<sup>ème</sup> édition; 287 Pages.
- Liao, Z.H., Chen, M., Gong, Y.F, Miao, Z.Q., Sun, X-F., Tang, K.X. (2006).** *Isoprenoid Biosynthesis in Plants: Pathways, Genes, Regulation and Metabolic Engineering*. *Journal of Biological Sciences*, pages 209-219.

- Ling Z., Jing Y., Jing Z., et Yun C.(2010)**, A novel diarylheptanoid bearing flavonol moiety from the rhizomes of *Alpinia officinarum* Hance, Chinese Chemical Letters, 149-196.
- Link H.F., (1809)**.Observationes in ordines plantarum naturalis, Dissetatio 1. Mag. Ges. Naturf. Freunde, Berlin 3 : 3-42.
- LIU, D., QU ,W., ZHAO ,L., GUAN, F., et LIANG ,J.(2014)**, A new dimeric diarylheptanoid from the rhizomes of *Alpinia officinarum*,*Chinese Journal of Natural Medicines*,12: 0139- 0141.
- Lucchesi, M.E., Smadja, J., Bradshaw, S., Louw, W. etChemat, F.( 2007)**. Solvent free microwave extraction of Elletariacardamomum L: A multivariate study of a new technique for the extraction of essential oilJ. Food Engineer; pages 1079-1086.
- Malecky, M. (2008)**. Métabolismes des trepenoides chez les carprins. Thèse de Doctorat. L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'environnement (Agro Paris Tesh). 205 pages.
- Maurice, N.(1997)**, L'herboristerie d'antan à la phytothérapie moléculaire du XXIe siècle. Ed. Lavoisier, Paris, pages. 12-14.
- Messiaen ,C.M et Cassini ,R, (1968)**. Recherche sur les Fusarioses. IV La systématique des *Fusarium*. Ann. Epiphyties 19, 387-454.
- Mohammedi, Z., (2006)**. Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et des flavonoides de quelques plantes de la region de Tlemcen. These magistere, Universite Abou Bakr Belkaid Tlemcen. 155pages.
- Meyer ,A., Deiana ,J. et Bernard, A., (2004)**. Cours de microbiologie générale: avec problèmes et exercices corrigés. 2ème édition, Doin, pages 115- 172.
- Mondello, L., Casilli, A., Tranchida, P. Q., Cicero, L., Dugo, P., Dugo, G. 2003**.*Comparison of fast and conventional GC analysis for citrus essential oils. Journal of Agricultural and Food Chemistry.*, 51 : pages 5602-5606.
- Moro Buronzo,A. (2008)**.Grande guide des huiles essentielles. HACHATTE pratique. N° 23.7362.9. 244 pages.

- Multon, J.L., (1982).** Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés: Céréales, oléagineux, aliments pour animaux. Lavoisier Technique & Documentation, Paris, 576 pages.
- Naganuma, M., Hirose, S., Nakayama, Y., Nakajima, K., Someya, T. (1985).** A study of the phototoxicity of lemon oil. Arch. Dermatol. Res. 278 : p 31-36.
- Nampoothiri S.V., Menon A.N, Esakkidurai T. and Pitchumani, K. (2016).** Essential Oil Composition of *Alpinia calcarata* and *Alpinia galangal* Rhizomes- A Comparative Study, Journal of Essential Oil Bearing Plants, 19: 82-87.
- Neffati, (2002).** Allelochimique comportement *d'Artemisia campestris* L. dans les parcours de la Djeffara tunisienne. Mémoire de fin d'étude. INAT éditions, pages 100-109., Tunis, Tunisie..
- Nelson, P.E., Toussoun T.A. et Marasas W.F.O., (1983).** *Fusarium* species. An illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press, University Park, Pa, 193 pages.
- Ouis, N., (2015)** ,étude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre de fenouil et de persil , université d' Oran 1 ,pages 3.
- Ouraini, D., Agoumi, A., Ismaili-Alaoui, M., Alaoui, K., Cherrah, Y., Amrani, M., Belabba, M.-A. (2005).** Étude de l'activité des huiles essentielles de plantes aromatiques à propriétés antifongiques sur les différentes étapes du développement des dermatophytes. *Phytothérapie*, 4: 147-157.
- Ozenda, P. (1983).** Flore du Sahara Ed : éditions du centre nationale de la recherche.
- Ownagh, A., Hasani, A., Mardani, K., Ebrahimzadeh, S., 2010.** Antifungal effects of thyme, agastache and satureja essential oils on *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus* and *Fusarium solani*. *Veterinary Research Forum*. pages 99-105.
- Paul, S., Ferdinand. (2010).** Guide des plantes médicinales, Delachaux et Niestlé. Paris. Pages 370.
- Pinto, E., Pina-Vaz, C., Salgueiro, L., Goncalves, M.J., Costa-de-Oliveira, S., Cavaleiro, C., Palmeira, A., Rodrigues, A., Martinez-de-Oliveira, J. (2006),** Antifungal activity of the essential oil of *Thymus pulegioides* on *Candida*, *Aspergillus* and dermatophyte species. *Journal of Medical Microbiology*, 55 : pages 1367-1373.

- Piochon, M. (2008).** Etude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne: composition chimique, activités pharmacologiques et hémisynthèse. Maîtrise En Ressources Renouvelables. Université du Québec à Chicoutimi, 213pages.
- Porter, N. (2001).** Essential oils and their production. Crop et Food Research Limited. Number, 39 pages.
- Quezel et Santa. (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie Ed : éditions du centre nationale de la recherche scientifique .Paris. Tome I. 990 ,pages.
- Quezel P. et Santa S. (1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionale. Tome. II Ed. CNRS. Paris.
- Rasooli, I. Owlia, P.( 2005).** Chemoprevention by thyme oils of *Aspergillus parasiticus* growth and aflatoxin production. *Phytochemistry*, 66: pages 2851-2856.
- Reverchon, E., Della Porta, G., et Senatore, F. (1995).***Supercritical CO2 Extraction and Fractionation of Lavender Essential Oil and Waxes. Journal Agriculture Food Chemistry*, 43 : pages 1654-1658.
- Scherm, B., Balmas,V., Spanu, F., Pani, G., Delogu, G., Pasquali, M and Migheli, Q. ( 2013).** *Fusarium culmorum*: causal agent of foot and root rot and headblight on wheat. *Molecular Plant Pathology*, 14: 323–341.
- Schumachet, A., Reichling, P. (2003).** Virucidal effect of oil on the enveloped virusesherps simplex virus type 1and type 2 in vitro. *Phytomedicine*, 10 : pages 504-510. scientifique -Paris- 441pages.
- Sharma, N., Tripath, A. (2007).** Effects of Citrus (L.) Osbeck epicarp essential oil on growth and morphogenesis of *Aspergillus niger* (L.) Van Tieghem. *Microbiol. Res. In press*.
- Smith, C.K., Moore, C.A., Alahi, E.N.,Smart, A.T., Hotchkiss, S.A. (2000).** Human skin absorption and metabolism of the contact allergens, cinnamic aldehyde and cinnamic alcohol. *ToxicoS. Appl. Pharmacol.* 168 : pages 99-189.
- Srifi A., Rahmouni B., Boudida El H., Alaoui K., Cherrah Y., Il Idrissi A., El Mellouki W., Bouchrik M., Lmimouni B. (2013).** Étude phytochimique et activité antifongique in vitro des huiles essentielles de quatre espèces du genre *Nepeta* du Maroc , Springer-Verlag France, 11:161-171.

- Tabuc,C.(2007).**flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. thèse de doctorat .université de Bucarest Toulouse. 190pages.
- Tram N., Makoto S., Koji K., et Ryo Y. (2004),** Antioxidative compounds isolated from the rhizomes of smaller galanga (*Alpiniaofficinarum*Hance), *BioFactors*, 21: 305-308.
- Tseng, T.H., Kao, E.S., Chu, C.Y., Chou, F.P., Lin, Wu. H.W., Wang, C.J. (1997).** Protective effect of dried flower extracts of Hibiscus sabdariffa L. against oxidative stress in rat primary hepatocytes. *Food Chem. Toxicol.*, 35: pages 1159-1164.
- Ullree ,A., Slump ,R.A, Steging, G. &Smid E.J. (2002).** Antimicrobial activity of carvacrol on rice. *Journal of Food Protection*, 620-624.
- de Billerbeck V.-G. (2007).** Huiles essentielles et bactéries résistantes aux antibiotiques, *Springer*, 5: 249–253.
- Yamasaki, Y., Akimitsu, K. (2007).** In situ localization of gene transcriptions for monoterpene synthesis in irregular parenchymic cells surrounding the secretory cavities in rough lemon (*Citrus jambhiri*). *Journal of Plant Physiology*, 1436-144.
- Wollenweber H.W. etReiking O.A. (1935).** Die Fusarien, ihreBeschreibung, SchadwirkungaundBekämpfung. Paul Parey. Berlin 335pages.
- Xu ,S., Huang ., Wang Y., et Wen-Cai Y. (2012),** A new cadinanesesquiterpene from the rhizomes of *Alpiniaofficinarum*, *Chinese Journal of Natural Medicines*, 10:0374-0377.
- Xu XM, Nicholson, P, (2009).** Community ecology of fungal pathogens causing wheat head blight. *Annual Review of Phytopathology* 47, 83–103.
- Zhao, L., QU ,W., Ju-Qin ,F., et Jing-Yu ,L.(2010),** A New Diarylheptanoid from the Rhizomes of *Alpiniaofficinarum*, *Chinese Journal of Natural Medicines*. 0241-0243.

# ***Annexe***

**Composition de milieude culture PDApotato dextrose Agar**

Dextrose .....20.0g  
Infusion from potatoes.....200g  
Bactenological .....Agar 15.0g  
qsp.....1000 Eau distillée

Le pH du milieu PDA est ajusté à 7.0 avec une solution de soude ou acide chlorhydrique diluées.

**Résumé.** Les plantes médicinales aromatiques sont connues depuis un long temps comme étant une source naturelle prometteuse d'agents antimicrobiens. Ce travail vise l'étude de l'effet d'huiles essentielles de *Artemisia campestris* et de *Alpinia officinarum* extraites par hydro distillation contre *Fusarium culmorum*. La teneur moyenne en huile essentielle de *Artemisia campestris* et *Alpinia officinarum* sont respectivement 0.24 et 0.51% par rapport à la matière sèche des deux plantes. L'huile essentielle de *Artemisia campestris* a une activité fongistatique plus élevée par rapport à l'huile essentielle de *Alpinia officinarum*.

A une concentration de 0.26 mg/µl, seule l'huile essentielle *Artemisia campestris* inhibe totalement la croissance mycélienne du champignon *Fusarium culmorum*.

L'huile essentielle de *Artemisia campestris* peut être donc considérée comme source d'agent antifongique qui pourra être utilisé pour le traitement de la fusariose des céréales en particulier le blé.

**Mots clés :** huiles essentielles, *Artemisia campestris*, *Alpinia officinarum*, fusariose, antifongique, *Fusarium culmorum*.

---

**Abstract.** The aromatic medicinal plants has been known from a long time as a promising natural source of antimicrobials agents. The work aims to study the effect of essential oils extracted from *Artemisia campestris* and *Alpinia officinarum* by hydrodistillation method. The extraction yield of essential oil for *Artemisia campestris* and *Alpinia officinarum* were respectively, 0.24 and 0.51% per rapport the dry matter of the both plants. The essential oil of *Artemisia campestris* have a high fongistatic activity when compared to essential oil of *Alpinia officinarum*. From the essential oils tested, at 0.26 mg/µl only *Artemisia campestris* can inhibit completely the mycelial growth of *Fusarium culmorum*. The essential oil of *Artemisia campestris* can be considered as a natural source of new antifungal agent that can be used for treatment of fusarioses of cereal in particularly wheat.

**Keywords:** Essential oils, *Artemisia campestris*, *Alpinia officinarum*, fusarioses, antifungal, *Fusarium culmorum*.

---

**الملخص:** منذ فترة طويلة تعرف النباتات الطبية العطرية لتكون مصدرا طبيعيا واعداد من العوامل المضادة للميكروبات . ويهدف هذا العمل الى دراسة تاثير الزيوت الاساسية من الشيح الحقلي و خولنجان طبي المستخلصة عن طريق التقطير بالبخار ضد *Fusarium culmorum* , متوسط محتوى الزيت العطري في الشيح الحقلي و الخولنجان الطبي هي 0.24 و 0.51 % على التوالي بالنسبة الى المادة الجافة في كلا النباتين. يعتبر الزيت العطري للشيح الحقلي اعلى نشاطا على فطريات *Fusarium culmorum* مقارنة بالزيت العطري في الخولنجان الطبي . عند تركيز 0.26 mg/µl فان زيت الشيح الحقلي فقط يمنع كليا نمو ميسيليوم الفطر *Fusarium culmorum* . يمكن اعتبار الزيت العطري للشيح الطبي كعامل مضاد للفطريات يمكن استخدامه لمعالجة مرض *fusariose* من على الحبوب و خاصة القمح .

**الكلمات المفتاحية :** زيوت عطرية الشيح الحقلي ,خولنجان طبي , *Fusarium culmorum* , *fusariose* ,مضاد للفطريات .