

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA
TERRE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Réf :/UAMOB/FSNVST/DEP.AGRO/23

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Phytopathologie

Présenté par :

BELKACEMI Nassima & LARIBI Razika

Thème

**Essai fongicide de *Dittrichia viscosa* et *Artemisia arborecens* CAS de
*Fusarium Culmorum***

Soutenu le : 03 / 07 / 2023

Devant le jury composé de

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
Mr. BENCHIKH Chafie	MAA	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
Mme. MEBDOUA Samira	MCB	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>
Mr. MENZER Noureddine	MCB	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Co-promoteur</i>
Mme. AGRANE Sihem	MAA	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promotrice</i>

Année Universitaire : 2022/2023

REMERCIEMENTS

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude tout d'abord à dieu de nous avoir donné courage, volonté, santé et force pour réaliser ce travail.

*Nous remercions vivement **Mr. MENZER Noureddine** d'avoir accepté de nous encadrer ainsi que pour tous ses conseils, son suivi et sa disponibilité.*

***Mme. AGRANE Sihem** nous tenons à lui exprimer toute notre gratitude pour avoir ses précieux conseils, ses orientations, pour toute son aide.*

*Nos remerciements sont également adressés à **Mr. BENCHIKH Chafie** qui a généreusement accepté de présider le jury de notre soutenance et à **Mme. MEBDOUA Samira** d'avoir accepté l'examen de ce travail et sa mise en valeur.*

Nous remercions également l'ensemble des enseignants qui ont veillé à notre formation durant notre parcours Universitaire.

Enfin, nos remerciements s'adressent à toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

DÉDICACES

Dédicace

قبل كل شيء، الشكر لله الذي أمدني بالإرادة والقوة لتحقيق هذا العمل المتواضع، فالحمد لله والشكر لله
أولا وأخرا على عونه وفضله لإتمام هذا العمل

Je dédie le présent mémoire à :

*Mes très chers parents, OMI FATIMA et ABI Mohamed
qui m'ont aidé et encouragé pour ma réussite dans la vie et les
études ; Et à qui je voudrais exprimer mes affections et mes
gratitudes*

Mes chères sœurs « Frida Amina et Meriem »

Mes chers frères « Atheman Ahmed et Adel »

Mes chers amis : « Asma Chahinez et Chaima »

A toute ma famille BELKACEMI.

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

Nassima

Dédicace

*Tout d'abords, je tiens à remercier dieu de m'avoir donné la
force et le courage de mener*

A bien ce modeste travail.

Je tiens à dédier cet humble travail à :

Ma tendre mère, mon père,

Et mes sœurs et mon frère.

A mes amis.

*A tous mes amis d'enfance et du long parcours scolaire
universitaire*

A toute ma famille

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

Razika

LISTES DES TABLEAUX

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 01 : Les concentrations d'HE utilisées.....	25
Tableau.02 : Caractéristiques organoleptiques des extraits végétaux des deux plantes.	27
Tableau.03 : Rendements calculés des extrais liquides de <i>D. viscosa</i> et d' <i>A. arborescens</i>	27
Tableau 04 : Effet inhibiteur de l'extrait éthanolique de <i>D. viscosa</i> sur le <i>F. colmorum</i>	28
Figure 18 : Evolution de la croissance mycélienne de <i>Fusarium colmorum</i> en fonction de l'extrait éthanolique de <i>D. viscosa</i>	29
Tableau 05 : Photos, après 2 et 7 jours de croissance du <i>F. culmorum</i> sur PDA en fonction des concentrations de l'extrait éthanolique de <i>D.viscosa</i>	29
Tableau 06 : Effet inhibiteur de l'huile essentielle d' <i>A. arborescens</i> sur le <i>F. culmorum</i>	30
Tableau 07 : Photos après 3 jours de croissance du <i>F. culmorum</i> sur PDA en fonction des concentrations de l'huile essentielle d' <i>A. arborescens</i>	31
Tableau 08 : Photos après 7 jours de croissance du <i>F. colmorum</i> sur PDA en fonction des concentrations de l'huile essentielle d' <i>A. arborescens</i>	23

LISTES DES FIGURES

LISTES DES FIGURES

Figure 01 : Schéma du principe de la technique d'hydro distillation (Lucchesi, 2005).	9
Figure 02 : Hydrodistillation assistée par micro-ondes (Lucchesi, 2005).....	10
Figure 03 : Répartition géographique du genre <i>Dittrichia</i> (Benyahia, 2014).....	12
Figure 04 : Fructifications et modes de fructification de <i>Fusarium</i> (Thomas, 2017).....	16
Figure 05 : Les plantes utilisée (originale, 2023).....	18
Figure 06 : <i>Dittrichia viscosa</i> séché à l'aire libre.	19
Figure 06 : <i>Artemisia arborescens</i> séchée dans une étuve microbiologique.....	19
Figure 08 : <i>Dittrichia viscosa</i> séché puis finement broyé.....	20
Figure 09 : <i>Artemisia arborescens</i> séchée.....	20
Figure 10 : L'extraction éthanolique par soxhlet (Originale, 2023).....	21
Figure 11 : Montage de Rota-vapore employé pour l'extraction brut éthanolique (Original, 2023).....	22
Figure 12 : Montage de type Clevenger (Original, 2023).....	23
Figure 13 : Préparation de milieux gélosé (Original, 2023).	24
Figure 14 : Technique de confrontation indirecte (à distance).....	25
Figure 15 : Préparation des concentrations de l'HE (Original, 2023).	26
Figure 16 : Identification macroscopique sur milieu PDA (Original, 2023).	27
Figure 17 : Observation microscopique de <i>F.colmorum</i> sur PDA (Original, 2023).....	28
Figure 19 : Evolution de la croissance mycélienne de <i>F. colmorum</i> en fonction de l'huile essentielle d' <i>A. arborescens</i>	30

LISTES DES ABRÉVIATIONS

ABRÉVIATION

F.A.O: Food and Agriculture Organization

HE : Huiles essentielles

EE : Extrait éthanolique

DMSO : DiMéthylSulfOxyde

AFNOR : Association Française de Normalisation – Norme Française.

PDA : Potato Dextrose Agar

***A.arborescens* :** Artemisia arborescens

***D.viscosa* :** Dittrichia viscosa

***F.Culmorum* :** Fusarium culmorum

SOMMAIRES

SOMMAIRES

Introductions	1
Chapitre I : Synthèses bibliographiques	
I.Généralité sur la lutte biologique.....	3
I.1.Lutte biologique.....	3
I.2.Historique	3
I.2.1.Dans le monde	3
I.2.2.En Algérie	3
I.3.Intérêt des extraits aqueux et des huiles essentielles	4
I.3.1.Les extraits aqueux	4
I.3.2.1.Activités biologiques des extraits :.....	4
I.3.2.1.1.Activité antifongique	4
I.3.2.1.2.Activité antibactérienne.....	4
I.3.2.1.3.Activité insecticide	4
I.3.2.Les huiles essentielles.....	5
I.3.2.1.Historique	5
I.3.2.2.Définition.....	5
I.3.2.3.Origine et rôle des huiles essentielles.....	6
I.3.2.4.Répartition et localisation des huiles essentielles dans la plante.....	6
I.3.2.5.Composition chimique des huiles essentielles.....	7
I.3.2.5.6.Les terpènes	7
I.3.2.6.Propriétés biologiques des huiles essentielles	8
I.3.2.7.Méthodes d'extractions.....	9
I.3.2.7.2.Extraction assistée par micro-onde :.....	10
I.2.Plantes médicinales et aromatiques	10
I.2.1.Les plantes médicinales et aromatiques en Algérie :.....	11
1.2.2.Présentation des espèces végétale étudiée	11
1.2.2.1.Dittrichia viscosa	11
1.2.2.2.Taxonomie :	12
1.2.2.3.Répartition géographique.....	12
1.2.2.4.Caractéristiques morphologiques.....	13
1.2.2.2.Artimisia arboresence	13
1.2.2.2.1.Description Botanique :	13
1.2.2.2.3.Origine et répartition :.....	13
1.2.2.2.4.Importance thérapeutique :	13

I.3.Généralités sur les champignons	14
I.3.1.Les caractéristiques des mycètes :	14
I.3.2.Classification des champignons.....	14
I.3.2.Genre Fusarium sp.....	15
I.3.2.1.Généralité.....	15
I.3.2.2.Les critères d'identification du genre Fusarium sp.....	15
I.3.2.3.Classification de Fusarium sp	16
I.3.2.4.2.La lutte physique	17
I.3.2.4.3.La Luttés chimique	17
I.3.2.4.4.La lutte biologique.....	17
Chapitre II:Matériels et méthodes	
II.1.Matériels	18
II.1.1.Matériel biologique	18
II.1.1.1Matériel végétal.....	18
II.1.1.2.Matériel fongique	18
II.1.1.2.1.Repiquage et conservation de la souche.....	18
II.1.1.3.Autre matériel.....	18
II.2.Méthode expérimentales	18
II.2.1.Séchage.....	18
II.2.2.Broyage	20
II.2.2.Méthode d'extraction	20
II.2.2.1.Extraction par Soxlet :.....	20
II.2.2.1.1.Préparation de l'extrait éthanolique	20
II.2.2.1.2.Distillation sous vide.....	22
II.2.2.1.2. Extraction par hydrodistillation.....	22
II.2.2.1.2.1.Méthode de réalisation	22
II.2.3.Détermination des rendements des extraits.....	23
II.2.3.1.Calcul de rendement de l'extrait éthanolique de <i>Dittrichia viscosa</i>	23
II.2.3.2.Calcul du rendement de l'huile essentielle d' <i>A. arborescens</i>	23
II.2.4.Evaluation de l'activité antifongique	23
II.2.4.1.Essais antifongiques de l'extrait éthanolique de l'inule visqueuse	24
II.2.4.1.1.Méthode de contact direct	24
II.2.4.1.2.Inoculation des milieux et incubation	24
II.2.4.1.3.Lectures des résultats	24
II.2.4.2.Essais antifongiques de l'huile essentielle (HE) de l'armoise arboréssante	25

II.2.4.2.1. Méthode de Confrontation indirecte	25
II.2.4.2.2.Préparation des concentrations de l'HE	25
Disque d'huile essentielle	25
Disque de champignon.....	25
Boite de pétri.....	25
II.2.4.2.3.Dépôt des disques.....	26
Chapitre III: Résultat et discussion	
III.1.Résultats.....	27
III.1.1.Paramètres des extraits liquides (Extrait végétal et huile essentielle)	27
III.1.2.Rendements des extraits liquides	27
III.1.3.Isolement des champignons :.....	27
III.1.3.1.Étude macroscopique	27
III.1.3.2.Étude microscopique.....	28
III.1.4.Effet de l'extrait éthanolique de <i>D. viscosa</i> sur la croissance radiale de <i>F. colmorum</i>	28
III.1.4.1.Diamètres des colonies traitées.....	28
III.1.5.Effet de l'huile essentielle d' <i>A. arborescens</i> sur l'activité antifongique de <i>F. colmorum</i> .	30
III.2. Discussions	33
III.2.1. Evaluation de l'activité antifongique.....	33
III.2.1.1. Evaluation de l'activité antifongique de l'extrait éthanolique (D. viscosa)	33
CONCLUSION	35
Références bibliographiques	36
Résumé	42
Annexes	43

INTRODUCTION

INTRODUCTION

INTRODUCTIONS

Au cours de leur vie, les plantes et les pathogènes interagissent avec une variété d'organismes. Ces interactions peuvent influencer positivement ou négativement la santé des plantes (**Corbaz, 1990 ; Nakkeeran et al., 2005**). On estime que près de 50% de la production agricole mondiale est gaspillée avant et après la moisson. L'inquiétude vis-à-vis des maladies des plantes s'intensifie avec la croissance de l'agriculture intensive (**Seitz et al., 1982 ; Alderman et al., 1996**). Les pertes économiques sont énormes. D'après la F.A.O (1999) les maladies phytopathogènes réduisent de 12 à 14% la production agricole mondiale, 70% des dommages étant d'origine fongique.

Les maladies des plantes causées par les champignons phytopathogènes entraînent une baisse notable de la productivité agricole mondiale. Ces champignons ne se contentent pas de provoquer des pourritures dans les cultures, ils affectent aussi de nombreuses espèces d'arbres en forêt. Cependant, recourir de manière excessive aux pesticides pour combattre ces maladies peut contaminer l'environnement et les nappes phréatiques. De surcroît, l'efficacité des fongicides peut être réduite en raison de l'apparition de pathogènes résistants (**Gerhardson, 2002**).

La principale méthode de protection des plantes contre les attaques fongiques repose sur l'utilisation de fongicides synthétiques. Cependant, leur utilisation excessive, associée à des coûts élevés, à la présence de résidus dans les plantes et au développement de résistance, a un impact négatif sur la santé humaine et sur l'environnement (**Paſter et Bullerman, 1988**).

Face à ce défi, il est de plus en plus urgent de privilégier des produits écologiques en remplacement des produits chimiques traditionnels (**Schultz et Nicholas, 2000**). Les extraits de plantes se profilent comme l'une des solutions alternatives les plus efficaces contre les maladies végétales, avec un moindre impact sur la santé des individus et l'environnement (**Hanafey et Sabry, 2013**).

La lutte biologique contre les phytopathogènes au moyen d'extraits végétaux issus des plantes médicinales est une solution prometteuse à ce problème, soutenue par de nombreuses recherches qui ont mis en évidence leur activité antimicrobienne. (**Satrani et al., 2006 ; Kalemba et Kunicka, 2003 ; Amarti et al., 2010 ; Carson et Riley, 1995**) et spécifiquement antifongique (**El Ajjouri et al., 2008 ; Bouaine, 2017**).

Les métabolites secondaires sont des composés organiques élaborés produits en faibles quantités par les plantes autotrophes (**Lutge et al., 2002 ; Abderrazak et Joël, 2007**). Ils jouent un rôle essentiel dans l'adaptation des plantes à leur environnement. Ces métabolites assurent des fonctions clés dans la résistance aux contraintes biotiques (**tels que les phytopathogènes et les herbivores**) et abiotiques (**comme les rayons UV et la température**).

Depuis des millénaires, l'homme a utilisé les plantes de son entourage pour soigner divers maux. Ces végétaux renferment une abondance de composés, principalement des métabolites secondaires, remarquables par leur variété structurale et leur vaste spectre d'actions biologiques. Néanmoins, l'étude de ces activités demeure un défi captivant qui attire l'attention de nombreux chercheurs (**Zeghad, 2008**). Parmi les composés fascinants produits par les plantes, citons les alcaloïdes, terpènes, stéroïdes, polyphénols et huiles essentielles comme exemples notables (**Akroum, 2011**). Ces molécules peuvent avoir des propriétés antibactériennes et antifongiques.

Les extraits des plantes aromatiques, grâce à leur large spectre d'action contre de nombreuses espèces fongiques, représentent une alternative extrêmement prometteuse. Ils offrent une solution sans risque pour la santé humaine et sans pollution pour l'environnement (**Broydé et Doré, 2013**).

Le but de cette recherche est d'identifier des pesticides d'origine naturelle, surtout végétale, en tant qu'alternatives aux produits chimiques traditionnellement utilisés en phytopathologie.

INTRODUCTION

Dans ce cadre, nous envisageons d'évaluer l'effet inhibiteur de l'extrait éthanolique concentré de la plante *Dittrichia viscosa* ainsi que de l'huile essentielle d'*Artemisia arberescens* sur la croissance mycélienne de souches fongiques phytopathogènes, isolées de plants de blé infectés.

Cette étude est structurée en trois chapitres :

Chapitre I : Il offre une synthèse bibliographique regroupant des notions générales sur la lutte biologique, les extraits végétaux, les plantes médicinales couramment utilisées, ainsi que des informations sur les champignons phytopathogènes tels que *Fusarium*.

Chapitre II : Ce chapitre détaille les protocoles expérimentaux mis en œuvre pour identifier le champignon en question, les méthodologies d'extraction des extraits de plantes et les essais antifongiques utilisés.

Chapitre III : Cette partie se focalise sur les méthodes analytiques employées dans notre étude, mettant en avant les résultats acquis et leur analyse approfondie.

CHAPITRE I: SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE I: SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE I : SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES

I. Généralité sur la lutte biologique

I.1.Lutte biologique

Ces dernières années, la lutte biologique a pris le devant de la scène, surtout face aux insuffisances de la lutte chimique, préjudiciable pour l'environnement et la santé humaine. L'adoption de méthodes biologiques pour contrer les agents phytopathogènes adverses a ainsi enregistré une augmentation notable durant les vingt dernières années (**Mouria et al., 2013**).

Selon l'OILB, « la lutte biologique utilise un ensemble de méthodes satisfaisant les exigences à la fois économiques, écologiques et toxicologiques ; en réservant la priorité à la mise en oeuvre délibérée des éléments naturels de limitation et en respectant les seuils de tolérance » (**Lenail, 1980**).

D'après **Abbou (2012)**, la lutte biologique peut être considérée, dans son sens le plus strict, comme l'utilisation d'organismes vivants ou de leurs produits pour empêcher ou réduire les pertes ou dommages causés par des organismes nuisibles.

I.2.Historique

I.2.1.Dans le monde

La première utilisation de la lutte biologique remonte à environ 304 avant Jésus-Christ. Ce sont les Chinois qui ont utilisés des fourmis tisserandes indigènes (**Oecophylla smaragdina Fabricius**) pour assurer la protection des agrumes (**Peng, 1983**). Aussi, ils encourageaient la propagation de ces fourmis en installant des tiges de bambou entre les arbres ; ce qui constituait une forme de lutte biologique visant à la fois à augmenter leur population et à les protéger.

Bien que des recherches sur les prédateurs, parasitoïdes et maladies affectant les ravageurs aient jalonné l'histoire, c'est véritablement vers la fin du XIXème et durant le XXème siècle que ces études ont pris un essor significatif (**Waage, 2004**). Ce n'est qu'en 1868, avec l'introduction accidentelle de la cochenille australienne (**Icerya purchasi**), dans les vergers d'agrumes de Floride (**Jourdheuil et al., 1991**). Cette infestation a causé des dommages considérables à l'industrie des agrumes. En l'absence de solutions alternatives, un entomologiste a décidé d'introduire, de l'Australie, une coccinelle prédatrice de la cochenille, connue sous le nom de *Rodolia cardinalis*. Cette action a conduit au premier grand succès de la lutte biologique classique, car la coccinelle a joué un rôle efficace dans la réduction des populations de cochenilles et a aidé à contrôler l'infestation (**Jourdheuil et al., 1991**).

Après la deuxième guerre mondiale, le développement du DDT en tant qu'insecticide ainsi que d'autres pesticides chimiques puissants et peu coûteux, a diminué l'intérêt pour la lutte biologique. Sa réapparition, une seconde fois, était nécessaire pour pallier aux problèmes de toxicologie et d'écotoxicologie résultant de l'emploi de la lutte chimique (**Waage, 2004**). Par ailleurs, L'apparition de résistances chez les organismes ciblés, la montée en puissance de prédateurs autrefois secondaires, ainsi que les effets des pesticides synthétiques sur des organismes non ciblés et sur l'homme, ont suscité des interrogations sur le futur des pesticides (**Jourdheuil et al., 1991**). A ce moment, se développe la lutte intégrée avec une reprise des recherches en lutte biologique (**U.S. Congress, Office of Technology Assessment, 1995**). Néanmoins, la sauvegarde des cultures et la gestion de la plupart des nuisibles restent fortement liées à l'utilisation des pesticides, même si certaines méthodes ont évolué.

I.2.2.En Algérie

En 1922, les premiers essais d'adaptation et d'emploi d'agents auxiliaires ont vu le jour, notamment avec la mise en oeuvre de la coccinelle *Novius (Rodolia) cardinalis* pour combattre la cochenille australienne *Icerya purchasi* (**Doumandji et al., 2014**).

En 1925, deux autres prédateurs, une coccinelle nommée *Pharoscyrmus ancharago* et un coléoptère

CHAPITRE I: SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES

de la famille des Nitidulidae, *Cybocephalus seminulum*, ont été déplacés d'El Goléa à Béchar pour contrer la cochenille blanche du palmier-dattier, *Parlatoria blanchardi*, nuisible majeur pour les palmeraies. Quelques mois après cette introduction, ces prédateurs se sont solidement implantés et ont prospéré avec efficacité (**Doumandji et al., 2014**).

En 1931, *Cryptolaemus montrouzieri*, une autre coccinelle prédatrice, a été déployée contre la cochenille farineuse, *Pseudococcus citri*, un parasite des agrumes et de nombreuses plantes en serre. Ces trois coccinelles ont été introduites afin de contrer trois variétés de cochenilles nuisibles qui s'en prenaient aux agrumes et aux palmiers dattiers (**Doumandji et al., 2014**).

I.3. Intérêt des extraits aqueux et des huiles essentielles

I.3.1. Les extraits aqueux

Des travaux de recherche scientifique ont démontré que les extraits de plantes possèdent des propriétés intéressantes dans la lutte contre les microorganismes, tout comme les huiles essentielles. En effet, (**Suresh et al., 1997**), ont montré que l'extrait des feuilles vertes de neem réduit l'infection due à *Puccinia arachidis*. De même, (**Somda et al., 2003**), attestent que les extraits aqueux de *Portulaca oleracea*, à 30% réduisent la croissance radiale de *Bipolaris maydis*. Dans le même ordre d'idées, (**Bonzi, 2005**), révèle que les extraits de feuilles fraîches de *Cassia occidentalis*, concentrés à 50, 75 et 100% sont efficaces contre *B. maydis*, *Fusarium equiseti*, *Curvularia sp.* et *Phoma sorghina*.

Les recherches scientifiques ont démontré les vertus des extraits de plantes et des huiles essentielles dans la lutte contre divers microorganismes. Par exemple, (**Suresh et al., 1997**), ont établi que l'extrait des feuilles vertes de neem diminue l'infection causée par *Puccinia arachidis*. De la même manière, (**Somda et al., 2003**), ont constaté que les extraits aqueux de *Portulaca oleracea* à 30% entravent la croissance radiale de *Bipolaris maydis*. Dans une veine similaire, (**Bonzi, 2005**) a indiqué que les extraits de feuilles fraîches de *Cassia occidentalis*, à des concentrations de 50, 75 et 100%, sont actifs contre plusieurs agents pathogènes tels que *B. maydis*, *Fusarium equiseti*, *Curvularia sp.* et *Phoma sorghina*.

I.3.2.1. Activités biologiques des extraits :

I.3.2.1.1. Activité antifongique

Les huiles essentielles ont un impact sur les moisissures en influençant leur croissance et développement. Plus précisément, elles réduisent la biomasse et la formation de pseudos-mycélium. De plus, elles entravent la germination des spores, l'extension du mycélium, la formation de spores et la synthèse de toxines (**Oussalah, 2006**). L'utilisation excessive d'antibiotiques est un facteur majeur favorisant la propagation des mycoses. Pour y remédier, les huiles essentielles offrent une alternative intéressante. Les composants tels que les monoterpénols (**comme le géraniol, le menthol, le terpinéol**), les aldéhydes (**tels que le néral et le géranial**), ainsi que les composés sesquiterpéniques et les lactones sesquiterpéniques sont efficaces contre ces infections. De plus, les mycoses ont du mal à se développer dans un environnement acide. Par conséquent, il est bénéfique d'orienter le corps vers un état plus alcalin pour prévenir leur croissance (**Belkou, 2005**).

I.3.2.1.2. Activité antibactérienne

Les huiles essentielles inhibent l'activité bactérienne en bloquant leur prolifération, la formation de spores et la production de toxines. Parmi leurs composants, les phénols tels que le carvacrol et le thymol présentent la plus forte activité antibactérienne. Ils sont suivis de près par les monoterpénols comme le géraniol, le menthol et le terpinéol, ainsi que par les aldéhydes, notamment le néral et le géranial (**Amarti et al., 2010**).

I.3.2.1.3. Activité insecticide

Les plantes offrent une riche réserve de composés naturels, tels que les huiles essentielles et

CHAPITRE I: SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES

diverses autres substances, qui possèdent un potentiel remarquable pour lutter contre les insectes et divers parasites, tant dans le règne végétal qu'animal (**Bouzouita et al., 2008**).

I.3.2. Les huiles essentielles

I.3.2.1. Historique

Depuis l'Égypte antique, il y a près de 4500 ans avant J.-C., les plantes aromatiques sont profondément ancrées dans l'histoire humaine. Ces précieux végétaux ont été exploités pour leurs huiles balsamiques, résines parfumées, épices et autres essences odorantes, trouvant leur place dans les rituels, la magie, la médecine, la cuisine et les pratiques quotidiennes. C'est en Orient, notamment en Inde, en Perse et en Égypte, que les premières techniques d'extraction des huiles essentielles ont vu le jour (**Ntezurubanza, 2000**).

I.3.2.2. Définition

Selon la Pharmacopée Européenne VI^e édition, une huile essentielle est définie comme suit : « Un produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, 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 séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition ». Ces extraits volatils hydrophobes sont obtenus à partir de plus de 17 500 espèces de plantes aromatiques appartenant à des familles d'angiospermes telles que les Lamiaceae (**menthe, basilic, romarin**), Rutaceae (**citron, orange, bergamote**), Myrtaceae (**eucalyptus, arbre à thé**), Zingiberaceae (**gingembre, curcuma**) et Asteraceae (**camomille, souci (Zabka et Pavela, 2018)**). Ils sont biosynthétisés dans différentes parties de la plante, dont les fleurs (**jasmin, rose, violette, etc.**), les bourgeons (**girofle**), les feuilles (**thym, eucalyptus, sauge**), les fruits (**fenouil, badiane**), l'écorce (**cannelle**), zeste (**agrumes**), graines (**cardamome**), bois (**santal**), rhizome et racine (**gingembre**) (**Asbahani et al., 2015**).

Bien que la définition originale décrive certaines substances, elle ne prend pas en compte d'autres produits qui peuvent sembler similaires en termes d'apparence et de nature, mais qui sont extraits par des méthodes différentes :

- Les concrètes représentent des extraits aromatiques provenant de plantes fraîches, particulièrement celles contenant peu de résine. Ils sont produits en utilisant un solvant non-aqueux, qui est par la suite retiré physiquement pour donner le produit fini.
- Les absolus résultent d'un processus où le béton est extrait avec de l'éthanol, suivi de la suppression des cires à basse température.
- Les oléorésines proviennent d'une extraction de certaines épices à l'aide de solvants organiques.
- Quant aux résinoïdes, ce sont les résultats de l'extraction de résines ou de baumes à l'aide de solvants organiques.
- Les essences déterpénées résultent d'une distillation fractionnée des huiles essentielles sous pression réduite, processus qui élimine les composants terpéniques les plus volatils. Cette méthode rehausse les propriétés organoleptiques des essences et assure une conservation optimale du produit.

Les HE se présentent dans différents domaines d'utilisation, nous citons :

- Parfumerie et cosmétologie : dans l'industrie de la parfumerie et de la cosmétologie, une variété d'ingrédients naturels est utilisée en complément des composants synthétiques. Les huiles essentielles jouent un rôle important dans ce domaine, étant utilisées dans une multitude de produits d'hygiène, de soins esthétiques pour le corps, tels que lotions, eaux florales, crèmes, gels, pommades, et bien d'autres encore. Ces extraits naturels contribuent à créer des parfums et des produits de soins qui allient les bienfaits des plantes aux propriétés sensorielles recherchées (**Bruneton, 2009**).

CHAPITRE I: SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES

- Pharmacie : Certaines huiles essentielles utilisées à des fins thérapeutiques sont principalement reconnues par les instances médicales pour leurs vertus antiseptiques et antifongiques. **(Kaloustian et Hadj-minaglou, 2012)**.

- Agroalimentaire : Les huiles essentielles sont utilisées dans l'industrie agroalimentaire comme agents aromatisants dans les préparations culinaires **(produits laitiers, boissons non alcoolisées, plats cuisinés, charcuterie, sauces, vinaigres, moutardes...)** **(Samete, 2002)**.

- Industrie chimique : possibilité d'isoler des molécules d'intérêt pour une utilisation ultérieure en tant que produits naturels sous forme d'énantiomères simples ou pour une semi-synthèse et finalement de nouvelles molécules **(Kaloustian et Hadj-minaglou, 2012)**.

- L'emploi des huiles essentielles en agriculture est encore à un stade embryonnaire, mais il promet une expansion significative. Les réglementations en vigueur poussent en effet vers la mise en place de produits phytosanitaires naturels, en remplacement des traitements chimiques. Les tests actuels des huiles essentielles ciblent différentes menaces agricoles, qu'il s'agisse d'insectes, de champignons, de bactéries, de mauvaises herbes ou de la préservation des graines. L'objectif de ces expérimentations est de mesurer leur capacité à offrir une alternative agricole durable et écologique, diminuant ainsi la reliance aux pesticides synthétiques. **(Furet et Bellenot, 2013)**.

I.3.2.3. Origine et rôle des huiles essentielles

Les huiles essentielles jouent un rôle essentiel dans la nature en assurant la protection des plantes grâce à leurs propriétés antibactériennes, antivirales, antifongiques et insecticides. Elles sont également efficaces pour dissuader les herbivores en réduisant leur appétit pour certaines plantes spécifiques. Les huiles essentielles peuvent avoir un double impact sur les insectes en attirant certains pollinisateurs et en favorisant ainsi la dispersion des pollens et des graines, tandis qu'elles peuvent également repousser d'autres insectes indésirables. En somme, les huiles essentielles sont des composés naturels aux multiples fonctions qui contribuent à la survie et à l'équilibre des écosystèmes végétaux **(Bakkali et al., 2008)**.

I.3.2.4. Répartition et localisation des huiles essentielles dans la plante.

Les huiles essentielles peuvent être extraites de divers organes végétaux : des fleurs comme la rose, des feuilles à l'image de la citronnelle, de l'eucalyptus ou du laurier, de l'écorce comme celle de la cannelle, du bois tel que le bois de rose ou le santal, des racines comme le vétiver, des rhizomes comme le gingembre, des fruits tels que l'anis étoilé et des graines comme la noix de muscade **(Sangwan et al., 2001)**.

La formation et le stockage des huiles essentielles au sein des plantes dépendent de structures histologiques spécifiques, réparties en trois grandes catégories d'unités sécrétrices : les poils glandulaires de l'épiderme, les sacs sécréteurs schizogènes et les canaux sécréteurs.

Les sacs sécréteurs schizogènes sont repérables grâce à leurs points lumineux quand on les observe en transparence. Ils sont typiques de familles végétales comme les Myrtaceae **(incluant des genres tels que Melaleuca, Myrtus, Eugenia, entre autres)**, les Myoporaceae, les Rutaceae et les Hypericaceae.

Quant aux canaux sécréteurs, on les retrouve chez des familles comme les Hypericaceae, les Dipterocarpaceae, les Burseraceae, les Anacardiaceae, les Rutaceae, les Asteraceae, et d'autres.

Enfin, les cellules sécrétrices solitaires, qui ne forment pas des glandes distinctes, prédominent au sein de la famille des Brassicaceae.

Ces mécanismes spécialisés sont essentiels pour la création et le stockage des huiles essentielles dans les plantes, et sont responsables de leur variété ainsi que de leurs attributs singuliers. **(Franchomme et Pénéol, 1990)**.

Les plantes, tout comme d'autres organismes vivants, dépendent de l'énergie qu'elles obtiennent

CHAPITRE I: SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES

des composés organiques produits par leur propre métabolisme. Il existe deux catégories principales de métabolisme (Faucon, 2012).

Le métabolisme primaire englobe les processus biochimiques impliqués dans la formation de molécules essentielles à la vie de la plante, telles que les lipides, les protéines et les glucides. Ces molécules sont largement répandues et jouent un rôle crucial dans les fonctions de base de la plante. De plus, ces composés primaires servent également de précurseurs pour la synthèse des molécules du métabolisme secondaire.

Le métabolisme secondaire est responsable de la production de molécules plus spécifiques et spécialisées, qui sont souvent impliquées dans l'adaptation de la plante à son environnement. C'est dans le métabolisme secondaire que se trouvent les voies de synthèse des huiles essentielles. Ces familles de molécules, caractéristiques du métabolisme secondaire, présentent souvent des activités biologiques particulières, ce qui suscite un intérêt particulier. Les huiles essentielles, en tant que produits du métabolisme secondaire, sont le résultat de l'accumulation de ces molécules spécifiques dans certaines parties des plantes et sont responsables de leurs propriétés aromatiques et de leurs effets bénéfiques sur la santé et l'environnement (Dudareva et Pichersky, 2008).

Les plantes produisent des composés volatiles, présents dans leurs essences, qui influencent le comportement de divers organismes tels que les microorganismes, champignons, insectes et herbivores. Ces essences peuvent servir de mécanismes de défense contre les prédateurs, repousser les insectes et herbivores, ou offrir une protection face aux agents pathogènes. Elles peuvent aussi attirer des insectes bénéfiques pour la pollinisation ou la dispersion de leurs graines. Ces essences jouent également un rôle dans les phénomènes allélopathiques, c'est-à-dire les interactions biochimiques, qu'elles soient bénéfiques ou nuisibles, entre différentes plantes. De plus, elles sont impliquées dans des interactions tritrophiques, qui concernent trois échelons d'une chaîne alimentaire, typiquement une plante, un insecte herbivore et le prédateur ou parasite de cet insecte (Dudareva et Pichersky, 2008).

L'essence possède aussi une fonction intrinsèque pour la plante. Plusieurs de ses constituants pourraient agir comme des agents de communication interne ou comme des médiateurs dans le métabolisme végétal. De plus, en situations où l'activité photosynthétique n'est pas optimale, l'essence pourrait fournir une source d'énergie alternative pour la plante (Figueredo, 2007).

I.3.2.5. Composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles (HE) sont principalement constituées de trois catégories de composants:

- La première est celle des terpénoïdes, incluant les monoterpènes et les sesquiterpènes.
- La deuxième rassemble les composés aromatiques provenant des phénylpropanoïdes.
- La troisième catégorie englobe les substances résultant de processus de dégradation

(Bruneton, 1993).

I.3.2.5.6. Les terpènes

Les terpènes sont majoritairement des liquides volatils, bien qu'exceptionnellement, ils puissent se présenter sous forme solide (Ernest, 2007).

- **Monoterpène (C₁₀H₁₆)** : Les monoterpènes (C₁₀H₁₆) sont des hydrocarbures aliphatiques et constituent les formes les plus élémentaires des terpènes. Ils peuvent présenter une structure acyclique, monocyclique ou bicyclique. Ces monoterpènes comprennent des molécules aux fonctions variées, telles que les cétones, esters, alcools, aldéhydes, éthers, peroxydes et phénols (El haib, 2011).

- **Les Alcools** : Les alcools eux aussi peuvent être : Acycliques (**géraniol, linalol, citronellol**) Monocycliques (**menthol, atermineol**) bicycliques (**bornéol, fenchol**).

CHAPITRE I: SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Les Aldehydes et les cétones** : Les dérivés carbonylés sont le plus souvent Acycliques (**Géraniol, néral, citronelle, tagetone**). Ils peuvent être monocycliques (**menthone, carvone, puégone**), bicycliques (**camphre, fenchone, thuyone**).

- **Les Esters** : On retrouve des esters acycliques : acétate de linalyle, acétate de citronellyle, acétate de géranyle, et monocycliques : acétate de menthyle, Ou d'aterpényle.

- **Dérivés phénoliques et autres** : Composés phénoliques et dérivés : On y retrouve des composés tels que le Thymol, le Carvacrol, l'Eugénol et le 1,8 Cinéole (**également nommé Eucalyptol**), selon (**BRUNETON, 1993**).

En ce qui concerne les sesquiterpènes (**C₁₅H₂₄**) ils sont formés de l'union de trois unités isopréniques. Leur diversité est nettement supérieure à celle des monoterpènes. Selon (**El Haib, 2011**), ils peuvent être regroupés en structures monocycliques, bicycliques, tricycliques et polycycliques. De plus, comme le mentionne (**Bruneton, 1999**), ils comportent diverses fonctions chimiques, dont les alcools, cétones, aldéhydes et esters.

I.3.2.5.7. Les composés aromatiques : Composés aromatiques : Ces substances sont issues du phénylpropane. Ce groupe contient des molécules parfumées telles que la vanilline, l'eugénol, l'anéthole et l'estragole, entre autres. On les retrouve majoritairement dans les huiles essentielles des Apiaceae, comme celles du Persil ou de l'Anis (**El haib, 2011**).

I.3.2.5.8. Composées d'origine diverse : Il s'agit de produits dérivés de la transformation de molécules non volatiles (**Bruneton, 1999**).

- On compte parmi eux des acides, allant de C3 à C10.
- Des alcools, à l'image de l'oct-ène-3-ol trouvé dans l'essence de lavande.
- Des aldéhydes, tels que l'octanal, le décanal provenant des agrumes, ou encore le trans-2-hexanal.
- Les esters acycliques sont surtout identifiés dans les fruits.
- Parmi les lactones, on cite la décalactone.
- S'ajoutent également des composés à base d'azote ou de soufre.
- Et, pour finir, l'heptane et la paraffine présents dans l'essence de Camomille, (**Pellerin, 1991 ; Richard et Loo, 1992 ; Peyron et Richard, 1992**).

I.3.2.6. Propriétés biologiques des huiles essentielles

Voici quelques-unes des principales vertus thérapeutiques associées à l'emploi des huiles essentielles

I.3.2.6.1. Propriétés antimicrobiennes : Les huiles essentielles (**HE**) sont reconnues pour leurs capacités antibactériennes. Plusieurs d'entre elles peuvent servir à contrer la prolifération de micro-organismes nuisibles ou contaminants. Parmi ces huiles, on note celles issues d'agrumes, de lavande, de menthe, de genévrier, d'arbre à thé, de thym et d'eucalyptus (**Lamamra, 2018**).

I.3.2.6.2. Propriétés circulatoires : De nombreuses huiles essentielles contribuent efficacement au bon fonctionnement du système circulatoire. Elles favorisent la stimulation de la circulation sanguine, aident à atténuer les hémorroïdes et apportent un soulagement aux jambes lourdes. Parmi ces huiles, on distingue celle de Citron, de Genièvre, de Menthe poivrée et de Sauge, (**Fekih, 2014**).

I.3.2.6.3. Propriétés antivirales : Les huiles essentielles sont efficaces contre de nombreux virus, ce qui leur offre le potentiel de combattre diverses maladies virales. Des exemples d'huiles essentielles avec de telles propriétés sont celles de Ravintsara, de Bois de Ho et de la Cannelle de Ceylan, (**Mayer, 2012**).

CHAPITRE I: SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES

I.3.2.6.4. Propriétés anti-inflammatoires : Des nombreuses huiles essentielles contenant des aldéhydes possèdent des capacités pour combattre les inflammations. Un exemple notable est l'huile essentielle de Clou de girofle, qui est souvent utilisée pour apaiser les douleurs dentaires, (Fekih, 2014).

I.3.2.6.5. Propriétés anti-tumorales : Plusieurs huiles essentielles sont étudiées pour leurs potentiels effets préventifs contre certains cancers. Par exemple, l'huile essentielle extraite des graines de Nigelle, ainsi que celle de Melissa officinalis (Linné, 1753), ont démontré une activité significative contre des cellules issues de cancers humains, (Toure, 2015).

I.3.2.6.6. Propriétés antiparasitaires : Certaines huiles essentielles issues de plantes aromatiques, telles que le Géranium, la Citronnelle, la Menthe et la Lavande, sont reconnues pour leur efficacité dans la protection contre les insectes, notamment les moustiques, (Fekih, 2014).

I.3.2.6.7. Propriétés pesticides : Les huiles essentielles issues de la citronnelle et du pyrèthre sont reconnues pour leurs vertus insecticides. De plus, les huiles essentielles d'*Allium sativum*, *Allium ampeloprasum* et *Allium cepa* présentent une efficacité notable contre les champignons nuisibles aux plantes, (Samate, 2002).

I.3.2.7. Méthodes d'extractions

I.3.2.7.1. Hydro distillation :

Il s'agit de la technique la plus traditionnelle et la plus couramment utilisée pour extraire les huiles essentielles. Le processus implique de submerger les plantes dans de l'eau dans un récipient, puis de porter cette eau à ébullition. La chaleur fait éclater les cellules de la plante, libérant ainsi les composés aromatiques. Ces composés, en s'évaporant, forment un mélange azéotrope avec la vapeur d'eau. Cette vapeur est ensuite refroidie et condensée à l'aide d'un condenseur. Dans un récipient séparé, l'huile essentielle est isolée de l'eau grâce à leur différence de densité. L'huile essentielle, plus légère, reste à la surface, tandis que l'eau, ou hydrolat, se trouve en dessous.

Toutefois, la méthode d'hydrodistillation présente des inconvénients, notamment la possibilité de dégradation des composés aromatiques en cas de chauffage prolongé ou trop intense, (Lucchesi, 2005). En milieu laboratoire, l'appareil Clevenger est généralement privilégié pour extraire les huiles essentielles grâce à sa cohobe intégrée.

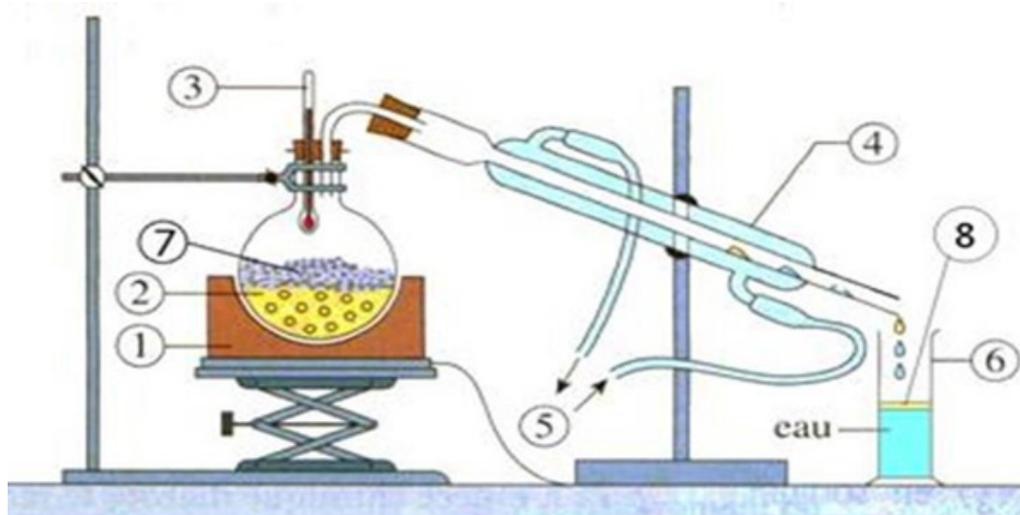


Figure 01 : Schéma du principe de la technique d'hydro distillation (Lucchesi, 2005).

CHAPITRE I: SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Chauffe ballon
2. Ballon
3. Thermomètre
4. Réfrigérant
5. Entrer et sortie d'eau de refroidissement
6. Epruvette graduée
7. Matière à extraire l'essence
8. La couche d'HES

I.3.2.7.2. Extraction assistée par micro-onde :

L'extraction assistée par micro-ondes est une technique innovante qui combine l'utilisation de fours à micro-ondes avec des méthodes d'extraction classiques. Durant ce processus, les plantes sont exposées à des micro-ondes dans une enceinte hermétique, provoquant une baisse progressive de la pression. Les composés volatils de la plante sont libérés avec la vapeur d'eau générée à partir de l'humidité de la plante. Ces composés sont ensuite récupérés via des méthodes traditionnelles de condensation, refroidissement et décantation. Cette méthode offre plusieurs atouts, notamment une extraction plus rapide, l'emploi de moindre solvant et un rendement d'extraction supérieur. (Hemwimon et al., 2007).

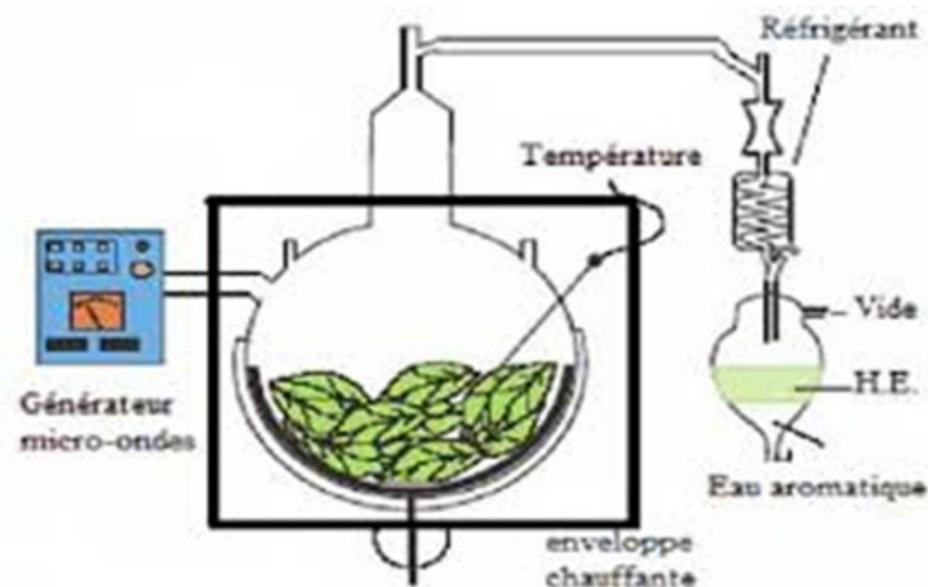


Figure 02 : Hydrodistillation assistée par micro-ondes (Lucchesi, 2005).

I.2.Plantes médicinales et aromatiques

L'usage des plantes médicinales remonte à des temps immémoriaux. Aujourd'hui, une grande partie de la population mondiale fait appel à un large éventail de ces plantes, valorisant leurs caractéristiques aromatiques, que ce soit pour rehausser les saveurs en cuisine ou pour leurs vertus thérapeutiques en médecine traditionnelle, comme le soulignent (Merghoub et al., 2011).

Pendant des milliers d'années, les plantes ont joué un rôle central dans le domaine de la médecine, tant sur le plan de la nutrition que sur celui du traitement des maladies et des affections. Depuis l'Antiquité, toutes les sociétés humaines ont utilisé les plantes à des fins thérapeutiques. (Wannes et Marzouk, 2016). Elles ont contribué à la création de médicaments extrêmement efficaces en pharmacie.

De nos jours, plusieurs études dans le champ de l'ethnopharmacologie démontrent que les plantes

CHAPITRE I: SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES

employées en médecine traditionnelle sont fréquemment efficaces et semblent présenter peu de toxicité, (Lhuillier, 2007 ; Gurib, 2006).

D'après l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2000), quatre personnes sur cinq en Afrique font appel à la médecine traditionnelle et aux plantes médicinales pour répondre à leurs besoins en matière de soins de santé primaires.

Une plante est qualifiée de médicinale lorsqu'au moins l'une de ses parties présente des vertus thérapeutiques. Cela peut concerner sa racine, son écorce, sa feuille, sa fleur, son fruit ou encore sa graine, (Dillemann, 1991).

Effectivement, dans ses différents organes, elle renferme un ou plusieurs composants actifs bénéfiques à des fins thérapeutiques. En essence, c'est une plante exploitée pour anticiper, traiter ou alléger diverses affections. Selon Omar et Mohammed El haykle (1993), les plantes médicinales sont des substances végétales ayant, en au moins une de leurs parties, des qualités curatives. (Omar et Mohammed El haykle, 1993).

1.2.1. Les plantes médicinales et aromatiques en Algérie :

L'Algérie, pays renommé pour sa biodiversité, possède une flore exceptionnellement abondante et diversifiée. On recense près de 3000 espèces de plantes, dont 15% sont endémiques et appartiennent à diverses familles botaniques. Ce potentiel floristique, comprenant des plantes médicinales, toxiques et aromatiques, reste largement inexploité du point de vue chimique et pharmacologique. À cet égard, nous considérons qu'il représente une source de recherche non négligeable pour l'identification de substances naturelles (Quezel, 1963).

La phytothérapie, qui consiste à utiliser les plantes à des fins médicinales, était largement répandue dans les anciennes civilisations qui accordaient de l'importance aux propriétés curatives de certaines plantes. On peut considérer cela comme l'une des premières expressions de l'effort ancestral de l'humanité visant à comprendre et exploiter la nature (Bosserdet, 1977).

L'Algérie compte plus de 600 espèces de plantes médicinales et aromatiques. La région de l'Hoggar abrite une flore comprenant environ 300 espèces, dont plus d'un quart sont traditionnellement utilisées à des fins médicinales. Malheureusement, ces plantes se trouvent dans un état précaire en raison des effets de sécheresse excessive aggravés par l'activité humaine irresponsable. Les plantes médicinales peuvent être considérées comme des ressources naturelles renouvelables, ce qui signifie que leur apparition ou leur disparition se produit périodiquement et continuellement au fil des saisons définies par la nature (biologie de la plante, écologie, etc.). Cependant, ces ressources subissent actuellement des dégradations irréversibles, comme on peut le constater en Algérie, comme l'a souligné (Mokkadem, 1999). Au cours de la dernière décennie, des dizaines de plantes médicinales et aromatiques ont malheureusement été perdues (Mokkadem, 1999).

1.2.2. Présentation des espèces végétale étudiée

1.2.2.1. *Dittrichia viscosa*

Le genre *Dittrichia* fait partie de la vaste famille des Astéracées, l'une des familles les plus répandues dans le règne végétal. Le terme «Aster» vient du grec qui signifie «étoile», en référence à la forme des fleurs de cette famille. Les Astéracées regroupent environ 25 000 espèces réparties dans 1 300 genres (Lee, 2004), *Dittrichia* spp. regroupe environ 90 espèces, ce qui représente environ 8 à 10% de toutes les plantes à fleurs. Ces plantes sont des herbacées vivaces avec des feuilles alternes et des capitules jaunes, contenant à la fois des fleurs tubuleuses et des fleurs ligulées. Les bractées sont disposées en plusieurs séries. Les fleurs périphériques sont pistillées, avec des ligules tridentées et des anthères sagittées à la base. Les akènes sont pourvus de côtes et d'une simple aigrette. Ce genre est principalement distribué dans le bassin méditerranéen, en Europe (Espagne, France...), en Asie (Chine, Turquie, Japon,

CHAPITRE I: SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES

Corée...) et en Afrique (Égypte, Algérie, Maroc...). (Paquet, 2014 ; Al-Masri et al., 2015).

1.2.2.2. Taxonomie :

D'après Fournier et al., 1947, la position systématique de l'inule visqueuse est comme suit :

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous Classe : Gamopetales

Ordre : Campunulales

Famille : *Asterceae*

Genre : *Dittrichia*

Espèce : *Dittrichia viscosa*

1.2.2.3. Répartition géographique

Le genre *Dittrichia* est largement répandu en Europe (Espagne, France...), en Asie (Chine, Turquie, Japon, Corée...) et en Afrique (Égypte, Algérie, Maroc...) (Benhammou, 2006 ; Benguerba, 2008). Il affectionne les sols salés, les prairies humides et les bords de cours d'eau (Sbahi, 2017). *Dittrichia viscosa* est présente dans des habitats peu propices à la végétation tels que les bords des chemins, les décombres, les terrains abandonnés, les jachères et les garrigues. Elle a une préférence pour les zones fraîchement perturbées par des travaux ou par les incendies. L'espèce pousse aussi bien sur des sols argileux que sableux, et semble apprécier les sols secs et calcaires. La plante forme de robustes touffes vertes avec des capitules jaunes. Elle est considérée comme assez envahissante. (Cicarelli et al., 2007 ; Deghdek et Zitar, 2014).



Figure 03 : Répartition géographique du genre *Dittrichia* (Benyahia, 2014).

CHAPITRE I: SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES

1.2.2.4. Caractéristiques morphologiques

Selon Quezel et Santa (1963), l'inule visqueuse est considérée comme une plante herbacée annuelle. Cependant, la plupart des auteurs, elle peut également être considérée comme une plante herbacée pérenne ou vivace. Cela est dû au fait que ses branches ligneuses bourgeonnent chaque printemps et se trouvent principalement dans la partie inférieure de la plante (Sbahi, 2017). Les tiges sont frutescentes à la base, dressées en éventail, assez ramifiées

et pourvues d'un feuillage dense. Elles deviennent, avec l'âge, ligneuses et foncées à la base (Benhammou, 2012 ; Lecomte, 2015). Les feuilles sessiles sont insérées directement sur la tige avec une forme ondulée, alterne, allongée à lancéolée. La base du limbe des feuilles semble entourer partiellement la tige. Leur marge est lisse ou dentée avec un sommet aigu (Ait Youcef, 2006, Bouhadjera, 2017). La plante est couverte de poils glanduleux qui libèrent une résine odoriférante et collante (Reeb, 2010).

Chez *D. viscosa*, dont les pieds peuvent atteindre 150 cm de hauteur et un mètre de largeur, la floraison commence à partir du mois de septembre (Warlop, 2006). Ses inflorescences se composent de capitules floraux assez volumineux, multiflores, radiés, formant de longues grappes pyramidales qui dégagent une forte odeur. La plante présente de nombreux capitules avec des fleurs fertiles jaunes situées à l'extrémité de la tige. Les fleurs périphériques sont en forme de ligule, tandis que celles du centre sont

tubulaires (Deghdek et zaitar, 2014). Les fruits sont des akènes (fruits secs) velus, un peu ovoïdes, et sont surmontés par une petite aigrette jaunâtre de soies denticulées (Sbahi, 2017).

1.2.2.2. *Artemisia arborescence*

1.2.2.2.1. Description Botanique :

L'armoise forme une boule vigoureuse et régulière, mesurant de 40 à plus de 100 cm de hauteur. Elle possède 18 chromosomes ($2n=18$) et a été découverte en 1763 par Linné (Benmokadem, 2003). La plante est très aromatique, soyeuse et caractérisée par une tige ligneuse et de petites feuilles blanches persistantes à pétiole articulé. En été, la plante produit des fleurs à corolle glabre de couleur gris jaunâtre, disposées en grappes et les fruits sont des akènes glanduleux.

1.2.2.2.2. Taxonomie :

D'après Guignard (1998), l'armoise arborescente est classée comme suit :

Embranchement : Spermatophytes Sous-Embranchement : Angiospermes Classe : Eudicotylédones

Famille : Asteraceae

Genre : *Artemisia*

Espèce : *Artemisia arborescens*

1.2.2.2.3. Origine et répartition :

Lamharrar et al., 2005, situent l'*A. arborescens* dans la région méditerranéenne. En Algérie, on la rencontre à Médéa et Theniet El-Had, selon les recherches de (Garcia et al., 2006). Il a également été constaté que cette espèce pousse naturellement dans la région de Blida, ainsi qu'au jardin d'essai EL Hama (Alger) et dans les parcs nationaux de Gouraya (Tipaza) et de Bejaia, où elle est cultivée. Dans les régions méditerranéennes, elle est souvent désignée sous le nom de «Chiba», ce qui peut parfois entraîner une confusion avec l'*A. absinthium*, connue localement sous le nom de «chejrat Meriem» (Bnouham et al., 2002).

1.2.2.2.4. Importance thérapeutique :

Depuis l'antiquité, l'huile essentielle de l'armoise est utilisée à des fins contraceptives et abortives. Les Arabes et les Grecs ont déjà mentionné ses effets thérapeutiques (Grandolini, 1988). La présence

CHAPITRE I: SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES

de chamazulène dans cette plante lui confère des propriétés anti-inflammatoires et antipyrétiques (**Sacco et al., 1983**).

L'armoise arborescente est connue pour ses propriétés antiallergiques, antihistaminiques et anti-inflammatoires, ce qui la rend particulièrement indiquée dans le traitement de l'asthme et du rhume des foins. Elle a également des effets apaisants sur le système nerveux parasympathique et agit comme un décongestionnant veineux. En usage externe, les feuilles fraîches écrasées sont utilisées en cataplasme pour favoriser la cicatrisation des blessures et traiter les morsures de serpents et les piqûres de scorpions. Elle possède des propriétés antitussives, antispasmodiques, hypoglycémiantes, diurétiques et lithontriptiques (**utiles pour les calculs rénaux**). Lorsqu'elle est mélangée à de l'huile d'olive, elle favorise une guérison rapide des fractures osseuses. Par le passé, elle a également été utilisée contre le paludisme (**Arnold et al., 1993**).

I.3.Généralités sur les champignons

Les champignons, aussi appelés «Fungi» ou mycètes, constituent désormais leur propre règne, distinct des Procaryotes, Protistes, Végétaux, et Animaux. Cette classification est basée sur des analyses génétiques, qui ont permis d'établir un arbre phylogénétique où les champignons se distinguent nettement. Historiquement assimilés à certains groupes de plantes en raison de la composition de leur paroi, ils s'en détachent clairement aujourd'hui. Ils sont aussi différents des Oomycètes, des organismes principalement aquatiques qui parasitent les plantes ou les animaux. Cependant, les Chytridiomycètes sont reconnus comme champignons grâce à des similarités dans leurs séquences génétiques. (**Boiron, En ligne, consulté le 05.04.2020**).

I.3.1.Les caractéristiques des mycètes :

Les champignons, aussi appelés mycètes, étaient jadis considérés comme des végétaux en raison de certaines similitudes structurelles et comportementales. Cependant, des études plus approfondies les ont reclassés dans un règne à part, et voici leurs principales caractéristiques :

- Ce sont des eucaryotes : ils disposent d'un noyau cellulaire bien défini, entouré d'une membrane, contenant des chromosomes et un nucléole.
- Leur structure végétative est principalement constituée d'un mycélium, qui peut être soit pluricellulaire et filamenteux, soit unicellulaire. Ils sont dépourvus de chlorophylle.
- Ils sont hétérotrophes : au lieu de produire leur propre nourriture par photosynthèse, ils décomposent et absorbent la matière organique, jouant un rôle essentiel dans le cycle des nutriments.
- Présents presque partout sur Terre, ils peuvent vivre en symbiose avec d'autres organismes, comme les arbres (**via les mycorhizes**) ou les algues (**formant des lichens**). D'autres sont parasitaires, s'attaquant à la nourriture, aux humains, ou aux plantes. Certains établissent également des relations de commensalisme. (**Chabasse et al., 2002**).

Ces êtres vivants sont caractérisés par une paroi cellulaire riche en polysaccharides, notamment le bêta-glucane et la chitine. Contrairement aux autres cellules, leur membrane contient principalement de l'ergostérol. En matière de reproduction, ils génèrent des spores, qui peuvent être produites de façon sexuée ou asexuée.

I.3.2.Classification des champignons

La taxonomie des champignons a été établie principalement sur des critères morphologiques par Meyer et al. en 2004, comme le confirment (**Kermiche et Chougui 2014**). Outre la morphologie, d'autres éléments distinctifs ont été considérés pour leur classification, tels que :

- La structure du thalle, qu'il soit siphonné, formé d'hyphes ou unicellulaire.

CHAPITRE I: SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES

- Les modalités de la reproduction sexuée, notamment la façon dont les spores sont produites (**indépendamment ou à l'intérieur de sacs**) et l'existence ou non de flagelles.
- Leur écologie, en prenant en compte leur importance dans la décomposition de la matière organique, leurs interactions symbiotiques ou encore leur potentiel pathogène pour les plantes, selon (**Kermiche et Chougui 2014**).

I.3.2. Genre *Fusarium* sp

I.3.2.1. Généralité

Le genre *Fusarium* sp. a une importance économique notable. Il regroupe plus de 50 espèces de champignons filamenteux qui ne sont pas pigmentés, appelés hyalohyphomycètes. (**Anaïssie et al., 1986 ; 1989**), Il regroupe plus de 50 espèces de champignons filamenteux sans pigmentation, désignés sous le terme d'hyalohyphomycètes. Ce genre est omniprésent et cosmopolite dans la nature. On le rencontre couramment comme saprophyte dans le sol et les plantes (**Bastides, 2010**), sur les surfaces végétales, dans la poussière atmosphérique et également dans les milieux marins (**Swathi et al., 2013**). Les espèces de *Fusarium* figurent aussi parmi la microflore courante de denrées de base, notamment le riz, les haricots, le soja et d'autres cultures agricoles (**Pitt et al., 1994**). Même si la majorité des espèces préfèrent les climats tropicaux et subtropicaux, quelques-unes trouvent leur niche dans les sols des régions au climat plus froid (**Al-Bakkali, 2016**). Ces espèces sont majoritairement saprophytiques. Cependant, une douzaine d'entre elles peuvent être pathogènes pour l'homme. Les espèces les plus fréquentes incluent *Fusarium solani* (**50 %**), *Fusarium oxysporum* (**20 %**), *Fusarium verticilloides* (**10%**) et *Fusarium moniliforme* (**10 %**) (**Nucci et al., 2007**). Ces champignons ont la capacité de générer des mycotoxines qui peuvent contaminer les aliments. En outre, ils peuvent infecter de nombreuses espèces végétales, causant des pathologies désignées comme Fusarioses (**Anaïssie et al., 1986, 1989**). Ils sont aussi à l'origine de maladies sévères chez les animaux et les humains. Il est important de souligner que les infections provoquées par le *Fusarium* sp., un agent pathogène opportuniste, sont fortement influencées par l'environnement dans lequel elles se propagent.

I.3.2.2. Les critères d'identification du genre *Fusarium* sp

Ce genre prolifère essentiellement in vitro sur un milieu Sabouraud exempt de cycloheximide (**Actidione**) et également sur un milieu PDA, dans une plage de température de 22 à 37 °C. Les colonies affichent une texture soit duveteuse, soit semblable à du coton, et leur coloration peut varier en fonction de l'espèce : allant du blanc crème au jaune brun, en passant par des teintes de rose, rouge, violet ou lilas.

Au microscope, les *Fusarium* se distinguent par un thalle végétatif d'où émergent des conidiophores courts, souvent ramifiés. Ces conidiophores sont dotés de phialides, lesquelles engendrent les conidies via un bourgeonnement singulier (**monophialide**). Selon l'espèce, ce bourgeonnement peut se situer à l'extrémité d'un col élancé (**comme c'est le cas pour F. solani**) ou d'un col court et robuste (**comme pour F. oxysporum**). Certaines espèces montrent même plusieurs points de bourgeonnement, appelés polyphialides (**Chabasse et al., 2002**).

Il existe deux types de conidies (**Al-Bakkali, 2016**).

On observe des macroconidies en forme de fuseau, fréquemment incurvées, dotées d'extrémités aiguës et d'une cellule basale en forme de pied, ressemblant à un talon. Ces macroconidies sont divisées en plusieurs compartiments par des cloisons.

On distingue également des microconidies de taille réduite, habituellement avec des cloisons, et qui peuvent adopter une forme en poire, fusiforme ou ovale. Il est important de mentionner que certaines espèces génèrent ces deux variétés de spores, alors que d'autres se limitent à la production de macroconidies. Par ailleurs, quelques espèces peuvent produire des mésoconidies (**aussi dénommées blastoconidies**) en complément des macroconidies et microconidies. (**Fig. 05**) (**Thomas, 2017**).

CHAPITRE I: SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES

La présence de chlamydospores peut varier : elles peuvent être terminales, intercalaires, ou même absentes. Ces structures peuvent être distinguées du mycélium ou des conidies. Les *Fusarium* se caractérisent par leur mycélium cloisonné et dépourvu de couleur. (Debourgogne, 2013).

Le genre *Fusarium* regroupe majoritairement des espèces anamorphes (**asexuées**). Cependant, quelques groupes d'espèces, comme *Fusarium solani* et *Fusarium verticillioides*, présentent également des formes téléomorphes (**sexuées**). À l'inverse, certains groupes, comme *Fusarium oxysporum*, sont uniquement reconnus dans leur forme anamorphe. (Thomas, 2017).

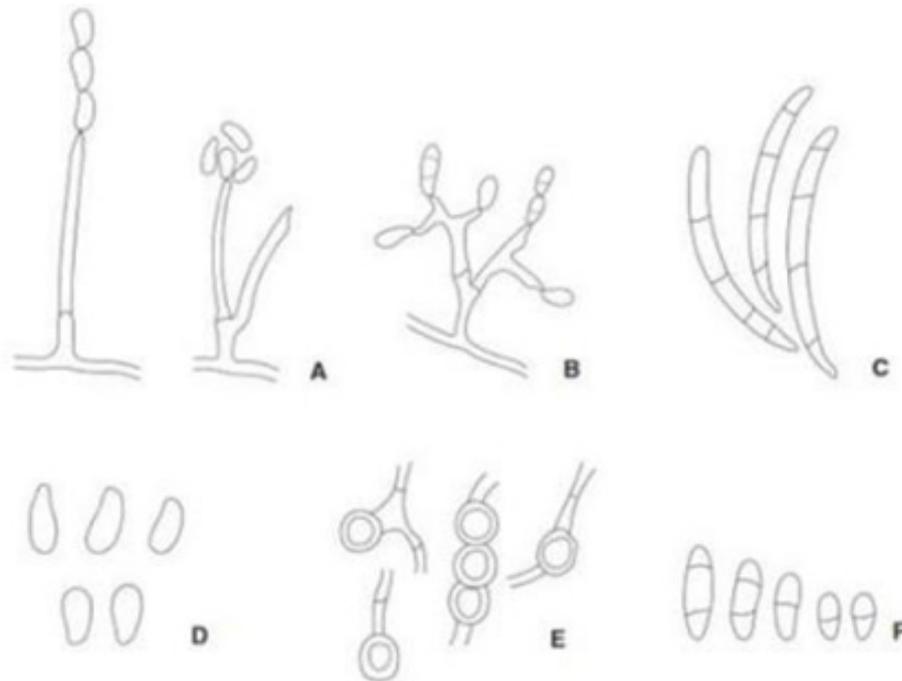


Figure 04 : Fructifications et modes de fructification de *Fusarium* (A : Monophialide, B : Polyphialides, C : Macroconidie, D : Microconidies, E : Chlamydospores, F : Mésoconidie (Thomas, 2017)).

I.3.2.3. Classification de *Fusarium* sp

L'identification détaillée des *Fusarium* est un processus complexe nécessitant des techniques avancées de biologie moléculaire. Ces champignons sont classés dans le règne des Fungi, puis descendent du phylum Ascomycota, de la classe Pezizomycotina, pour finalement appartenir à l'ordre des Hypocreales et à la famille des Hypocreaceae.

Classification du genre *Fusarium* (Hoog et al.,1995 ; Thomas, 2017).

Règne : Fungi

Division : Ascomycota

Classe : Pezizomycotina

Sous classe : Hypocreomycetidae

Ordre : Hypocreales

Famille : Hypocreaceae.

I.3.2.4. La lutte contre le Champignons de *Fusarium*

I.3.2.4.1. La lutte culturelle :

La stratégie de lutte vise à limiter la propagation de l'inoculum dans le sol et comprend les mesures

suivantes :

- Utilisation de semences saines.
- Utilisation rationnelle de la fumure azotée (Mauler et al., 1997).
- Élimination des résidus de culture contaminés par incinération ou enfouissement profond.
- Rotation des cultures en incluant au moins deux années sans céréales, en alternant avec des légumineuses, afin de réduire la densité de l'inoculum (Gilbert et Tekauz, 2000).
- Utilisation de la solarisation, une méthode qui peut réduire les populations pathogènes et l'incidence de la maladie (Pandy et al., 1996).

I.3.2.4.2. La lutte physique

Un traitement à l'eau chaude a été développé par (Anchisi et al., 1985), pour défendre les plants dans un sol infecté par la maladie. Cette technique consiste à immerger les racines dans de l'eau maintenue à une température de 48-49°C pendant une durée de 30 secondes. Les plants sont ensuite repiqués au moins 48 heures après ce traitement. Cette méthode favorise la croissance des racines et procure une protection face à la fusariose, grâce à l'expansion des racines. Il est essentiel de mentionner que ni la stérilisation ni la solarisation ne sont des remèdes durables.

I.3.2.4.3. La Lutte chimique

Au cours des dernières années, le recours aux fongicides pour combattre la fusariose du blé s'est considérablement accru, atteignant une efficacité de 50 à 70 % en matière de réduction de la maladie lorsqu'ils sont appliqués de manière opportune. Les fongicides couramment employés contre cette maladie du blé

incluent le fludioxonilbenomyl, le tubuconazole, l'azoxystrobine et le mancozeb. Néanmoins, il est à noter que l'usage du tubuconazole et de l'azoxystrobine pourrait stimuler la production de mycotoxines, en particulier la déoxynivalénol (DON), représentant ainsi un revers à leur utilisation (Khan et al., 2011; Dammer et al., 2011).

I.3.2.4.4. La lutte biologique

La lutte biologique vise à introduire un prédateur naturel spécifique pour minimiser les nuisances causées par un parasite ou un agent pathogène particulier. Ces prédateurs naturels et les nuisibles/agents pathogènes peuvent appartenir à diverses catégories, incluant les plantes, les insectes, les nématodes, les champignons, les bactéries, les virus, entre autres.

Un biopesticide est un agent conçu pour contrôler un nuisible ou un agent pathogène, et est constitué d'un organisme vivant (que ce soit une plante, un nématode, une bactérie, un champignon ou un virus) ou d'un composé issu de cet organisme. Beaucoup de biopesticides renferment des micro-organismes qui jouent un rôle antagoniste comme ingrédients actifs. Ces micro-organismes déploient leur action antagoniste à travers divers mécanismes : compétition, interactions cellulaires directes, production de substances inhibitrices (antibiose), perturbation des signaux de communication entre cellules (quorum sensing) ou encore en stimulant la résistance de la plante hôte (Bojanowski, 2011)

CHAPITRE II:

MATÉRIEL ET MÉTHODE

CHAPITRE II: MATÉRIEL ET MÉTHODE

II.1. Matériels

II.1.1. Matériel biologique

II.1.1.1 Matériel végétal

Pour notre expérimentation, nous avons utilisé deux espèces de plantes médicinales qui sont *Dittrichia viscosa* et *Artemisia arborescens*. Elles sont collectées, respectivement à la commune de Dirah El khemairia (Février 2023) et de Bouira EL Riche (Mai 2023).

L'échantillonnage est réalisé dans des zones propres, éloignées de toute forme impact de la pollution.



Figure 05 : Les plantes utilisées (originale, 2023).

A : *Dittrichia viscosa* B : *Artemisia arborescens*

II.1.1.2. Matériel fongique

Nous avons utilisé une souche de *Fusarium* inféodée au blé dur. Elle est fournie par le Laboratoire de Mycologie de l'Institut National de la Protection des Végétaux El Harrach (Algérie). Le phytopathogène est ensemencé dans des boîtes de pétri contenant un milieu gélosé PDA ; puis incubées dans une étuve à température 25°C pendant 7 jours.

II.1.1.2.1. Repiquage et conservation de la souche

A l'aide d'une pipette de Pasteur, nous repiquons les disques mycéliens développés (d=6mm), puis déposés, chacun, dans un nouveau milieu de culture PDA. Enfin une incubation à température 25°C, afin de purifier et conserver le champignon.

L'identification de l'espèce de *Fusarium* s'appuie, en premier lieu, sur les observations macroscopiques ou visuelles des colonies formées sur les milieux PDA, c'est à-dire l'apparence, structure, taille et la couleur. Une observation microscopique est nécessaire et concerne des fragments de ladite colonie fongique. Celle dernière est déposée sur une lame, colorée au bleu Cotton, puis observée au microscope optique au grossissement $G \times 100$. Tenant compte des méthodes de Chabasse et al., (2002) ainsi que Carmen et Sciortino (2017), nous noterons les caractéristiques des hyphes, macroconidies, microconidies, chlamydospores et les Phialides. Nous nous sommes appuyés par les clés d'identification de Nelson et al. (1983), ainsi que de Leslie et Summerell (2006).

II.1.1.3. Autre matériel

Mis à part le matériel biologique mentionné précédemment, nous avons également utilisé le matériel listé dans le tableau en annexe 1.

II.2. Méthode expérimentales

II.2.1. Séchage

Les échantillons de *Dittrichia viscosa* ont été séchés naturellement dans un lieu sec et à l'écart de la lumière pendant 20 jours (Fig.07). Par ailleurs, les échantillons d'*Artemisia arborescens* ont été placés

CHAPITRE II: MATÉRIEL ET MÉTHODE

dans une étuve microbiologique à 40°C pour une durée de 3 jours (Fig. 08).



Figure 06 : *Dittrichia viscosa* séché à l'aire libre.



Figure 06 : *Artemisia arborescens* séchée dans une étuve microbiologique.

II.2.2.Broyage

Seule les feuilles et les tiges de *D.viscosa* sont broyées finement à l'aide d'un moulin à café (Fig. 09).



Figure 08 : *Dittrichia viscosa* séché puis finement broyé.



Figure 09 : *Artemisia arborescens* séchée.

II.2.2.Méthode d'extraction

Pour chaque plante, nous avons utilisé une méthode d'extraction ;

- Extracteur soxhlet pour obtenir l'extrait végétal de *D.viscosa*.
- L'huile essentielle de *A.arborescens* a été obtenue par hydrodistillation en utilisant la technique d'entraînement à la vapeur d'eau avec un appareil de type Clevenger.

II.2.2.1.Extraction par Soxlet :

II.2.2.1.1.Préparation de l'extrait éthanolique

On a obtenu l'extrait éthanolique en employant un extracteur Soxhlet à 70°C. Dans ce processus, 10 g de poudre de *D. viscosa* sont disposés dans une cartouche de Soxhlet, qui est ensuite introduite dans l'extracteur. Le dispositif est muni d'un réfrigérant (fig. 11). Pour ce faire, nous avons utilisé 200 ml d'éthanol à 96° comme solvant. (Wilkinson et Traoré, 2006).



Figure 10 : L'extraction éthanolique par soxhlet (Originale, 2023)

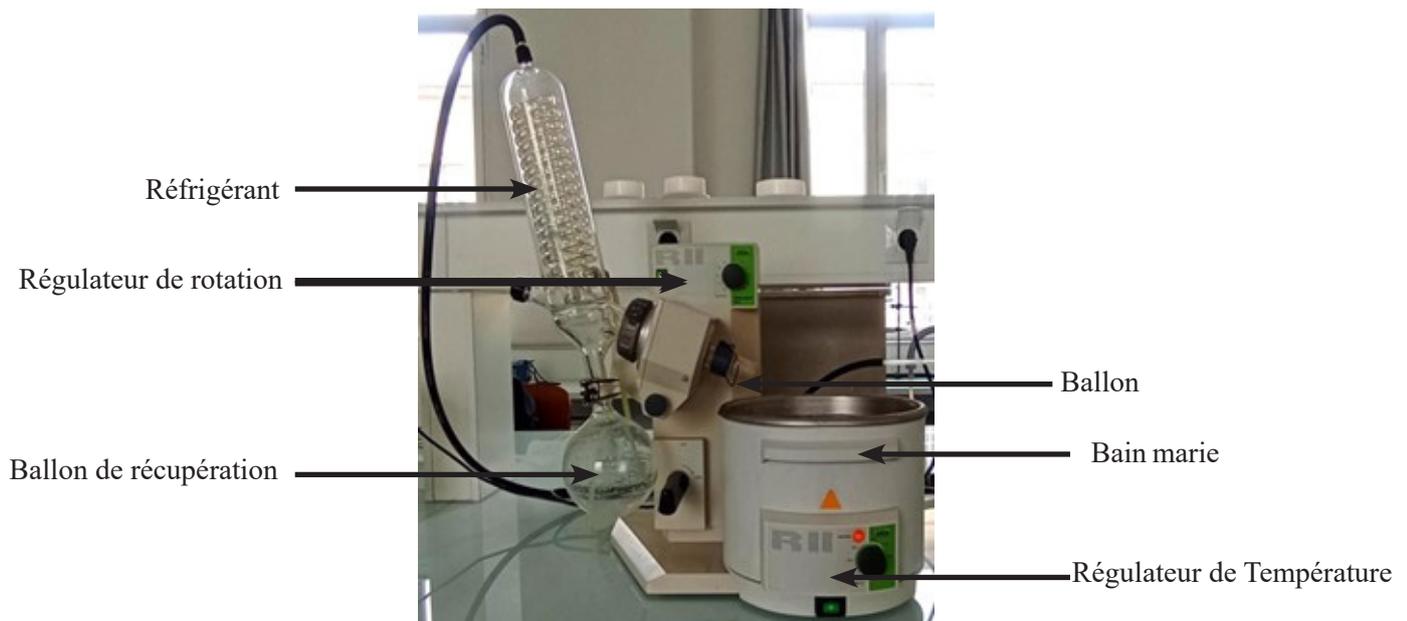


Figure 11 : Montage de Rota-vapore employé pour l'extraction brut éthanolique (Original, 2023)

II.2.2.1.2. Distillation sous vide

Nous avons effectué une distillation sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif pour retirer le solvant et obtenir l'extrait végétal concentré. Pendant cette évaporation, le ballon tourne tout en étant plongé dans un bain chauffé. L'évaporateur est muni d'un réfrigérant couplé à un ballon-collecteur pour le condensat. Grâce à la rotation du ballon, une vaste surface d'échange continuellement renouvelée se forme, facilitant ainsi une évaporation accélérée. Dans notre cas, l'évaporation de 200 ml a abouti à la récupération de 7 ml de l'extrait éthanolique dense.



Figure 12 : Montage de type Clevenger (Original, 2023)..

II.2.2.1.2. Extraction par hydrodistillation

La méthode consiste à immerger et chauffer le matériau végétal dans un ballon rempli d'eau. L'augmentation de la température entraîne la rupture des cellules végétales, libérant ainsi les molécules aromatiques. Ces composés odorants se combinent avec la vapeur d'eau pour créer un mélange azéotropique. Ces vapeurs passent ensuite par un réfrigérant où elles se condensent, permettant la séparation de l'eau et des huiles essentielles grâce à leurs différences de densité.

II.2.2.1.2.1. Méthode de réalisation

A l'aide d'un appareil Clevenger, l'huile essentielle est extraite par hydrodistillation.

Dans cette méthode, 50 g de feuilles séchées ont été placées dans un flacon contenant 1000 ml d'eau et laissées en immersion pendant 3 heures.

CHAPITRE II: MATÉRIEL ET MÉTHODE

II.2.3.Détermination des rendements des extraits

II.2.3.1.Calcul de rendement de l'extrait éthanolique de *Dittrichia viscosa*

Les rendements de l'extrait éthanolique concentré sont exprimés par rapport à la matière sèche (MS) et leurs calcul est déduit par la formule suivante :

$$R\% = (M-M_0/MT) \times 100$$

Où :

R% : Taux de la matière extraite. **M** : Masse du ballon avec l'extrait **M₀** : Masse du ballon vide.

MT : Masse végétale totale utilisée dans l'extraction

II.2.3.2.Calcul du rendement de l'huile essentielle d'*A. arborescens*

Le rendement est un pourcentage du rapport de la masse de l'huile essentielle extraite et celle du matériau végétal utilisé c'est-à-dire ;

$$RHE (\%) = (mh / mv) \times 100$$

RHE : Rendement en huile essentielle en %.

mh : Masse d'huiles essentielles récupérées en gramme (**g**).

mv : Masse d'essai du matériel végétal en gramme (**g**).

II.2.4.Evaluation de l'activité antifongique

Plusieurs techniques permettent d'évaluer les propriétés d'un produit. Toutes sont basées sur une idée centrale : mettre en présence la substance aux propriétés antimicrobiennes (**que ce soit fongicide, bactéricide, insecticide, etc.**) avec l'agent pathogène concerné (**comme des champignons, bactéries, insectes, etc.**) sur un milieu artificiel.

II.2.4.1.Essais antifongiques de l'extrait éthanolique de l'inule visqueuse

Cette technique implique l'intégration ou la dilution de l'extrait dans un milieu solide. Par la suite, un disque de mycélium en phase de croissance est disposé au centre d'une boîte de Pétri. Après une durée définie, l'extension radiale du champignon est évaluée et mise en comparaison avec celle des échantillons de référence.

II.2.4.1.1.Méthode de contact direct

La préparation des milieux est réalisée, en utilisant une micropipette, de la manière suivante :

- Milieu 1(**Témoin**) : 0 ml de concentrat éthanolique + 100 ml PDA
- Milieu 2 : 1 ml de concentrat éthanolique est ajouté à 180 ml de PDA ce qu'est représenté 0.55%.
- Milieu 3 : 2ml de concentrat éthanolique est ajouté à 180 ml de PDA ce qu'est représenté 1.11%.

Ensuite, les milieux sont stérilisés à l'autoclave sous une température de 120 °C pendant 20 minutes. Après refroidissement à 60 °C environ et sous une hotte à flux laminaire (**milieu aseptisant**), Chaque milieu est réparti dans trois boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre.



Figure 13 : Préparation de milieux gélosé (Original, 2023).

II.2.4.1.2. Inoculation des milieux et incubation

À l'aide d'une pipette Pasteur stérile, nous prélevons des fragments mycéliens jeunes d'environ 6 mm de diamètre, que nous déposons au centre des boîtes de Pétri. Ces dernières sont fermées hermétiquement avec du Parafilm et mises en incubation à une température de 25°C pendant 7 jours.

II.2.4.1.3. Lectures des résultats

Pour chaque milieu, une valeur moyenne du diamètre est retenue sur les trois répétitions réalisées. Ceci, nous permet de calculer le taux d'inhibition de chaque dose d'extrait ; en utilisant la formule de Greche et Hajjaji (2000) ;

Inhibition (%) = $100 \times (\text{DMT-DME} / \text{DMT})$ DMT : Diamètre Moyen sur le milieu témoin. DME : Diamètre Moyen sur le milieu avec extrait.

Par ailleurs, nous évaluons visuellement le changement de couleur des colonies (face et revers) ainsi que l'abondance du mycélium aérien.

II.2.4.2. Essais antifongiques de l'huile essentielle (HE) de l'armoise arboréssante

II.2.4.2.1. Méthode de Confrontation indirecte

D'après Tyagi et Malik (2011), l'essence de la méthode est d'exploiter les caractéristiques particulières de la phase gazeuse de l'huile essentielle en illustrant la diffusion de ses constituants volatils au sein d'un milieu de culture. Pour ce faire, un disque saturé d'huile essentielle est placé près du couvercle de la boîte de Pétri, qui est ensuite inversée pour toute la durée du test. Ainsi, le disque n'est plus en contact direct avec le milieu solide. La boîte est alors hermétiquement fermée avec le couvercle orienté vers le bas et mise dans une étuve à 25°C.

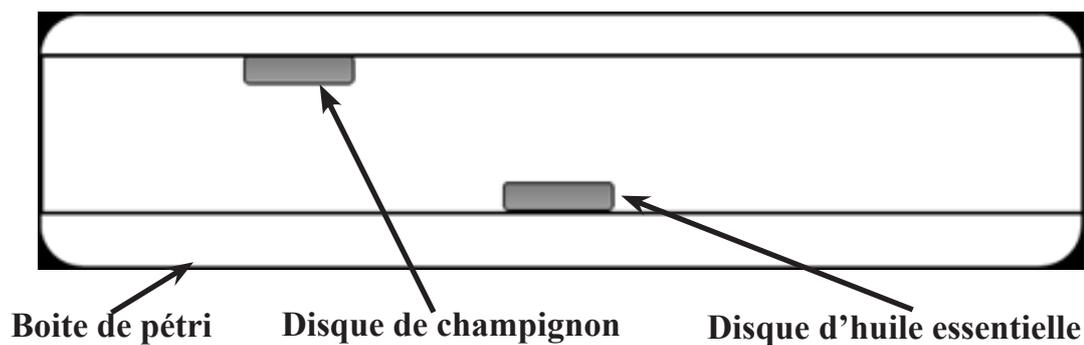


Figure 14 : Technique de confrontation indirecte (à distance).

II.2.4.2.2. Préparation des concentrations de l'HE

Conformément à la méthode de Kossonou et al., (2019), la solution mère de l'extrait d'huile essentielle d'armoise est diluée dans une quantité de diméthylsulfoxyde (DMSO). Le tableau ci-après, indique les différentes concentrations préparées pour le test de l'activité antifongique de l'HE.

Tableau 01 : Les concentrations d'HE utilisées.

Doses	Concentration
Dilution 1	HE
Dilution 2	20 μ l HE + 20 μ l DMSO
Dilution 3	20 μ l HE + 80 μ l DMSO
Dilution 4	20 μ l HE + 180 μ l DMSO
Témoin	DMSO



Figure 15 : Préparation des concentrations de l'HE (Original, 2023).

II.2.4.2.3. Dépôt des disques

Dans des conditions stériles, des disques de papier Wattman sont placés sur la surface du milieu PDA préalablement inoculé avec la suspension fongique en utilisant une pince aseptisée. Ces disques sont par la suite saturés avec 20 μ L d'huile essentielle, puis l'ensemble est incubé à 26°C durant 4 jours (Rožman; Jeršek, 2009).

CHAPITRE III:

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

CHAPITRE III: RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

III. RÉSULTAT ET DISCUSSIONS

III.1.Résultats

III.1.1.Paramètres des extraits liquides (Extrait végétal et huile essentielle)

Les paramètres organoleptiques des extraits végétaux obtenus, soit par hydrodistillation (**type Clevenger**) d'*A. arborescens* ou par solvants organiques (**Soxhlet**) de *D. viscosa* sont défini dans le tableau ci-après :

Caractéristiques organoleptiques des extraits liquides d'*A. arborescens* et de *D. viscosa*

Tableau.02: Caractéristiques organoleptiques des extraits végétaux des deux plantes.

Extraits végétaux	Couleur	Odeur	Aspect
<i>D. viscosa</i>	verte foncé	Forte odeur (agréable)	Liquide visqueuse
<i>A.arborescence</i>	bleu foncé	Forte odeur (agréable)	Liquide Limpide

III.1.2.Rendements des extrais liquides

Tableau.03: Rendements calculés des extrais liquides de *D. viscosa* et d'*A. arborescens*.

Espèces	Rendement (%)
<i>Dittrichia viscosa</i>	6.9
<i>Artemisia arborescence</i>	0.75

III.1.3.Isolement des champignons :

Le *Fusarium* est isolé à partir d'un échantillon des parties aériennes du Blé dur infectées. La culture sur milieu PDA (**7 jours à 28 °C**) montre une hétérogénéité avec la présence de plusieurs colonies de différents caractères.

III.1.3.1.Étude macroscopique

L'identification visuelle de l'espèce de *Fusarium* cultivées sur le milieu PDA après 7 jours d'incubation montre que ;

La croissance est très rapide, le diamètre est de 75 mm, l'aspect cotonneux à relief bombé et d'un mélange de couleur allant du rose au pourpre ; au centre orange à rouge et blanche à beige à la périphérie. Il n'y a pas de production de pigments diffusibles



Figure 16 : Identification macroscopique sur milieu PDA (Original, 2023).

CHAPITRE III: RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

III.1.3.2. Étude microscopique

Les résultats de l'examen microscopique effectué à partir de souche développée sur milieu PDA:

- Morphologie de la colonie montre un mycélium aérien dense, cloisonné et blanc mais souvent jaune.

Les macroconidies sont robustes, libres abondantes cloisonnées (**4 et 5 cloisons**), à parois épaisses à surfaces ventrales et dorsales incurvées. La cellule basale a une forme de pied légèrement entaillé.



Figure 17 : Observation microscopique de *F.colmorum* sur PDA (**Original, 2023**).

Ces observations morphologiques (**macroscopiques et microscopiques**), nous mènent à identifier le *Fusarium* comme étant le *Fusarium colmorum*.

III.1.4. Effet de l'extrait éthanolique de *D. viscosa* sur la croissance radiale de *F. colmorum*

III.1.4.1. Diamètres des colonies traitées

Selon deux périodes, les résultats sont présentés ; tout d'abord par le développement des moisissures Dans les 2 premiers jours et en fin de la période d'incubation (**après 7 jours**) (**tab. 05 n et fig. 19**)

Tableau 04 : Effet inhibiteur de l'extrait éthanolique de *D. viscosa* sur le *F. colmorum*.

Dose(%)	Taux d'inhibition (%)				
	1j	2j	5j	6j	7j
1	6.66	12.30	29.75	31.69	32.73
2	13.33	35.89	53.71	54.92	56.12

En effet, les premières observations indiquent une légère diminution de la croissance fongique dans les milieux contenant les doses 1 et 2 de l'extrait éthanolique par rapport au témoin. Au-delà de cette période, la diminution devient, de plus en plus, significative.

Il semble que l'extrait éthanolique de *D. viscosa* présente un effet inhibiteur sur la croissance du *F. colmorum*. D'autre part, l'effet inhibiteur devient important selon la dose et dans le temps

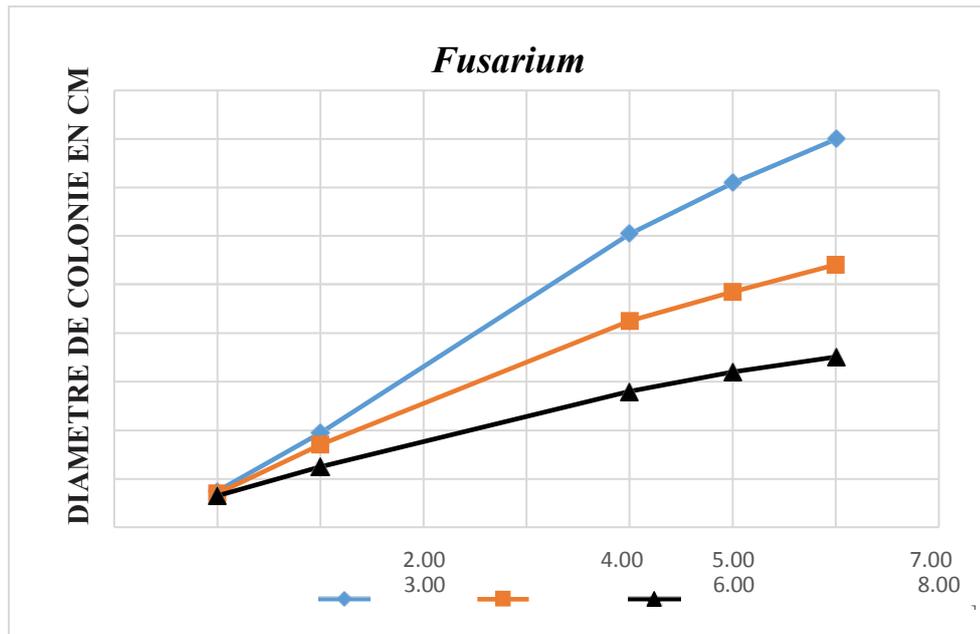
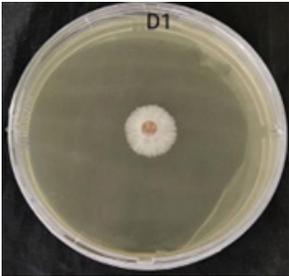
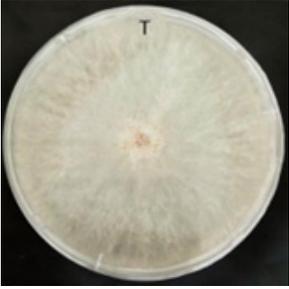
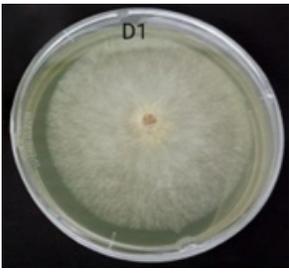
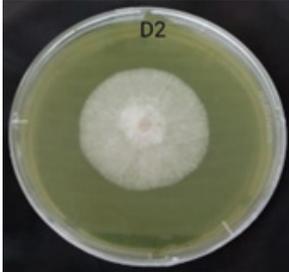


Figure 18 : Evolution de la croissance mycélienne de *Fusarium colmorum* en fonction de l'extrait éthanolique de *D. viscosa*.

Tableau 05 : Photos, après 2 et 7 jours de croissance du *F. culmorum* sur PDA en fonction des concentrations de l'extrait éthanolique de *D.viscosa*.

	TÉMOIN	D1	D2
APRÈS 2 JOURS			
APRÈS 7 JOURS			

CHAPITRE III: RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

III.1.5.Effet de l'huile essentielle d'*A. arborescens* sur l'activité antifongique de *F. colmorum*

Les résultats de l'effet de différentes concentrations d'huile essentielle d'*Artemisia arborescens* sur la cinétique de croissance mycélienne sont présentés dans (Tab.07 et la Fig. 20)

Tableau 06 : Effet inhibiteur de l'huile essentielle d'*A. arborescens* sur le *F. culmorum*

Doses (%)	Inhibition (%)				
	J3	J4	J5	J6	J7
1	29.62	32.76	36.36	36.77	40
2	18.75	19.65	24.80	25.14	29.63
3	9.09	11.62	14.53	15.62	17.16
4	4.65	5.42	6.36	6.37	6.55

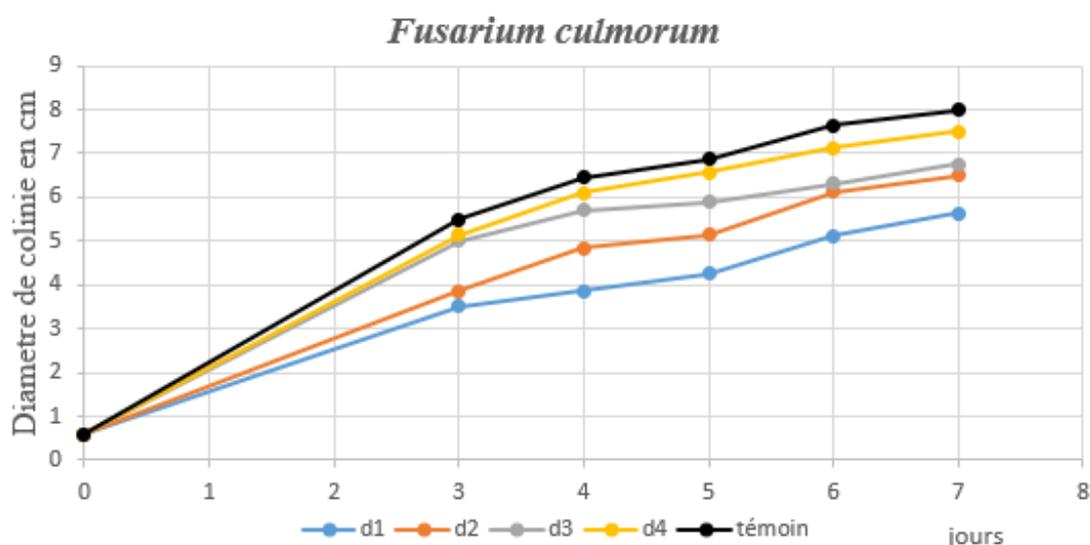
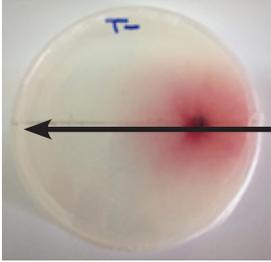
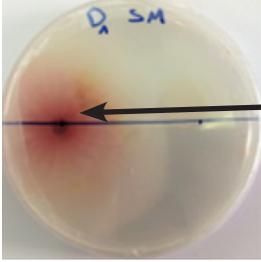
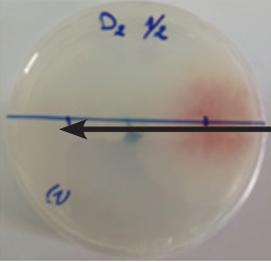
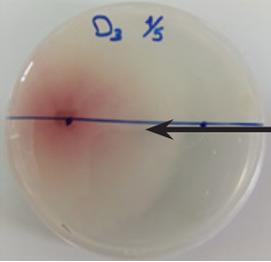
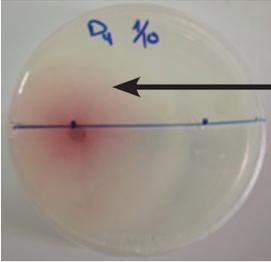


Figure 19 : Evolution de la croissance mycélienne de *F. colmorum* en fonction de l'huile essentielle d'*A. arborescens*.

La figure ci-dessus montre une évolution positive du diamètre mycélien quel que soit dose de l'huile essentielle utilisée, tout comme celle du témoin ; le long de la période d'observation qui s'étale jusqu'à 7 jours d'incubation. Par ailleurs, l'inhibition n'est significative que pour la dose 1. Nous rappelons qu'il s'agit de la solution mère ; à partir de laquelle nous avons obtenu, par dilution, les autres doses (2,3 et 4). C'est ce qui semble expliquer leurs faibles efficacités vis-à-vis de la croissance mycélienne du pathogène.

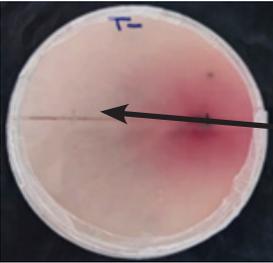
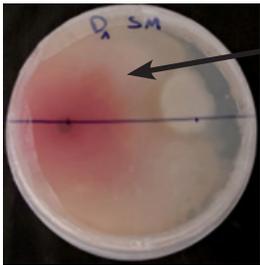
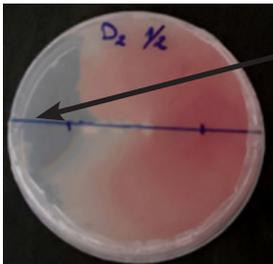
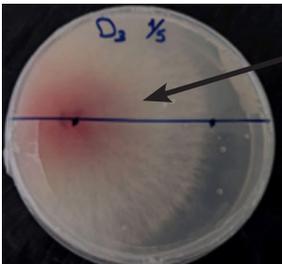
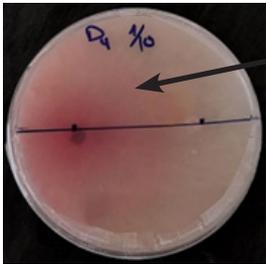
CHAPITRE III: RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau 07 : Photos après 3 jours de croissance du *F. culmorum* sur PDA en fonction des concentrations de l'huile essentielle d'*A. arborescens*

Doses	<i>Fusarium culmorum</i>
Témoin	 <p data-bbox="1070 432 1394 461">Croissance de champignon</p>
Dose 1	 <p data-bbox="1023 701 1417 730">Zone d'inhibition de la croissance</p>
Dose 2	 <p data-bbox="983 1043 1193 1072">Zone d'inhibition</p>
Dose 3	 <p data-bbox="999 1357 1209 1386">Zone d'inhibition</p>
Dose 4	 <p data-bbox="975 1626 1185 1655">Zone d'inhibition</p>

CHAPITRE III: RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau 08 : Photos après 7 jours de croissance du *F. culmorum* sur PDA en fonction des concentrations de l'huile essentielle d'*A. arborescens*.

Doses	<i>Fusarium culmorum</i>
Témoin	 <p data-bbox="925 414 1372 481">La croissance totale de champignon</p>
Dose 1	 <p data-bbox="933 604 1149 638">Zone d'inhibition</p>
Dose 2	 <p data-bbox="933 918 1149 952">Zone d'inhibition</p>
Dose 3	 <p data-bbox="933 1232 1149 1265">Zone d'inhibition</p>
Dose 4	 <p data-bbox="885 1556 1332 1624">La croissance totale de champignon</p>

III.2. Discussions

Les pathologies végétales ont un impact négatif sur le bien-être humain en raison des pertes agricoles et économiques qu'elles engendrent. Les champignons sont l'un des principales causes de nombreuses maladies végétales. Par ailleurs, l'utilisation de fongicides est limitée en raison de la possibilité de développement des populations résistantes aux fongicides chez les agents pathogènes. De plus, ces composés chimiques peuvent avoir des effets indésirables sur l'environnement en raison de leur lente dégradation biologique, ainsi que des effets secondaires graves sur la santé des animaux ; liés à la présence de résidus toxiques dans les produits agricoles (Ghalem, 2016).

Il est essentiel de rechercher des alternatives pour protéger les plantes contre ces maladies. Les extraits de plantes médicinales et aromatiques sont reconnus pour présenter diverses activités biologiques, notamment des propriétés antifongiques. C'est dans cette perspective que nous essayerons de mettre en évidence un éventuel effet antifongique de l'extrait éthanolique de *D. viscosa* et l'huile essentielle d'*A. arborescens* sur l'agent causal de la fusariose du blé dur, à savoir le *F. colmorum*.

En ce qui concerne le rendement de 6.9% de l'extrait éthanolique obtenu à partir de 20 g de matière sèche de *D. viscosa*, paraît très intéressant comparativement à celui obtenu par Chahmi et al. (2015), qui ne dépasse pas la valeur de 23,90 %, à partir de la même plante issue du Maroc.

Il est évident que la différence des rendements dépend de la méthode et des conditions d'extraction utilisées. Elle peut être, également, attribuée à la nature de la matière végétale (**organe récolté**), la période de récolte ; sans oublier les facteurs édaphoclimatiques tels que la pluviométrie, la température, altitude, et la nature du sol (Smith et al., 2001). Aussi, le stockage et le conditionnement de l'échantillon peuvent également influencer le rendement (Lee et al., 2003), et (Athamena et al., 2010).

Le rendement en huile essentielle (HE) d'*A. arborescens* exprimé en millilitres pour 200 g de matière sèche est de 0,7%, obtenu par hydrodistillation au mois de mai. Il paraît également satisfaisant, d'autant plus que si nous le comparons aux rendements résultant des collectes effectuées respectivement en avril (**0,86 ± 0,06%**) et en septembre (**0,56 ± 0,05%**) par Ghanmi et al. (2010).

Néanmoins, la concentration de 0,7% reste relativement faible par rapport à celles observées chez d'autres espèces d'armoise, telle est le cas d'*A. haussknechtii* (**2,1% [ml / 100 * g]**) et d'*A. sieberi* (**1,7% [ml / 100 * g]**) (Jalali et Sereshti 2007) et (Ghasemi et al., 2006).

III.2.1. Evaluation de l'activité antifongique

III.2.1.1. Evaluation de l'activité antifongique de l'extrait éthanolique (*D. viscosa*)

La sensibilité du champignon est proportionnelle à la concentration de l'extrait éthanolique ; bien que l'inhibition ne soit pas totale et ne montre qu'un ralentissement de la croissance mycélienne. Il paraît que le type de solvant utilisé a une influence sur les niveaux d'inhibition des extraits organiques de l'inule visqueuse sur les bioagresseurs. Selon (Omezzine 2011), les taux d'inhibition observés sont de 17 à 61% pour l'hexane, de 77 à 100% pour le chloroforme, et de 55 et 100% pour le méthanol

Plusieurs auteurs soulignent que des seuils de concentration seraient nécessaires pour obtenir une efficacité antifongique. Par ailleurs, (El Ajjouri et al. 2013), observent une variation de la sensibilité de quatre champignons (***Gloeophyllum trabeum*, *Poria placenta*, *Coniophora puteana* et *Coriolus versicolor***) vis-à-vis des huiles essentielles de *Thymus ciliatus* et *T. algeriensis*. Aussi, les souches fongiques lignivores montrent une sensibilité meilleure à l'huile essentielle de *T. ciliatus* qu'à celle de *T. algeriensis*. Dans une étude similaire, (Maoz et al. 1999), ont rapporté que le tanin, un composé sesquiterpène isolé de l'inule visqueuse, inhibe la croissance mycélienne de *Microsporum canis* et *Trichophyton rubrum* à des concentrations respectives de 10 et 50 µg/ml,

Concernant le pouvoir antifongique de l'huile essentielle d'*A. arborescens* vis-à-vis du *Fusarium*

CHAPITRE III: RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

colmorum, ne montre pas des résultats prometteurs. En effet, seule la dose 1 ou solution mère (**20µl**) qui donne une réponse intéressante dans l'inhibition de la croissance mycélienne. Toute dilution de la solution mère n'a engendré aucun effet sur le pathogène. Pourtant, des études révèlent des résultats significatifs de l'activité antifongique pour des doses de 10 µL d'extraits à 10 mg/ml et 10 µL d'huile pure (**Bouchenak et al., 2018**). Par ailleurs, ces auteurs affirment que les huiles essentielles et les extraits méthanoïques provenant des feuilles et des tiges montrent une activité très prometteuse contre *Botrytis cinerea* et *Fusarium culmorum*

CONCLUSION

CONCLUSION

CONCLUSION

De nombreuses plantes médicinales contiennent des composés chimiques qui ont des propriétés antifongiques. A cet effet, des recherches sont menées sur les extraits de plantes spontanées afin de les utiliser comme une alternative aux produits chimiques, considérés néfastes sur environnement et la santé humaine.

L'intérêt de l'étude est porté sur effet antifongique des extraits liquides de *Dittrichia viscosa* et *Artemisia arborescens* vis-à-vis du *Fusarium colmorum*.

Nous avons identifié la souche de la fusariose du blé et confirmé qu'il s'agit du champignon agent causal, *Fusarium colmorum*.

Les rendements obtenus de 6.9% pour extrait éthanolique de *Dittrichia viscosa* et de 0,7% pour huile essentielle *Artemisia arborescens* sont considérés intéressants. Ce qui démontre que les conditions appliquées dans l'extraction sont optimales ; que ce soit pour la distillation de l'extrait éthanolique ou l'hydrodistillation d'huile essentielle.

Enfin les concentrations de l'extrait éthanolique de l'inule visqueuse appliquées contre la fusariose du blé, montrent une activité antifongique prometteuse. Puisque le taux d'inhibition de la croissance mycélienne est, non seulement, intéressant mais croissant avec l'augmentation de la dose de l'extrait éthanolique.

Le pouvoir antifongique de l'huile essentielle de l'armoise, par la méthode de confrontation indirecte avec le pathogène, ne semble pas donner les résultats escomptés. Ceci malgré l'obtention d'un bon ralentissement de la croissance mycélienne obtenu avec la solution mère. Ainsi, toute dilution obtenue de cette solution serait inefficace sur la croissance du *Fusarium colmorum*.

Pour des perspectives de recherche ultérieures, il serait intéressant d'évaluer l'effet de l'extrait éthanolique de *Dittrichia viscosa* sur la production de mycotoxines par le champignon *Fusarium colmorum*, dans le cas du blé. Par ailleurs, il serait pertinent de réviser le processus suivi dans l'hydrodistillation de l'huile essentielle ainsi que la méthode indirecte. Ce qui permet, sûrement, d'approfondir nos connaissances sur les mécanismes de ces substances et de renforcer les bases scientifiques pour leur utilisation potentielle dans la lutte contre les champignons phytopathogènes.

En règle générale, bien que les extraits végétaux puissent posséder des propriétés bénéfiques contre les maladies phytopathogènes, ils ne sont pas actuellement considérés comme la principale alternative aux biocides largement utilisés. Cependant, une autre caractéristique essentielle consiste à protéger les plantes contre les maladies grâce au développement de stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDN), qui représentent une nouvelle stratégie phytosanitaire dans le contexte de l'écoproduction durable.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDELGALEIL SAM, ABBASSY MA, BELAL AH, et al. (2007) Bioactivity of two major constituents isolated from the essential oil of *Artemisia judaica* L. *Bioresour Technol* 99(13): 5947-50
- ABDELLAHDI F. 2013. Composition chimique et activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. contre les champignons de pourriture du bois. *Acta Botanica Gallica* ; 157 (2): 285-294. aboubakr belkaid - Tlemcen, 53p. activités antiradicalaires, anti-inflammatoires et antimicrobiennes. Thèse de doctorat activity of a sesquiterpene lactone (**Tomentosin**) isolated from fresh *Inula viscosa*
- AFNOR, 2000 - Huiles essentielles, échantillonnage et méthode d'analyse. Ed. PARA Graphic, T.1, 471 p.
- AIT YOUCEF, 2006. Les plantes médicinales de Kabylie. Edition Ibis Press. Paris. 349p.
- AL-BAKKALI, A. (2016). Activité antifongique in vitro de *Mentha pulegium* sur des souches de *Fusarium colmorum* et *Fusarium graminearum*. Mémoire : Faculté Des Sciences et Techniques FES. Algérie : Sidi Mohamed Ben Abdellah, 52p.
- AL-MASRI M.I., SHARAWI S.M., BARAKAT R.M. 2015. Effect of Clammy inula (**Inula**).
- AMARTI F., SATRANI B., GHANMI M., FARAH A., AAFI A., AARAB L., EL AJJOURI M. et CHAOUCH A., (2010), Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles amendées avec des farines de graines et fongicides. *Indian Phytopathology* 49: 247.
- AMMAR K., PENA R. J., MORAGUES M. & ROYO C. (2012). Can D'Algérie. In *Revue Vie et Nature*. n°7. 24 – 26 p. d'origans (**Lamiaceae**) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne. Thèse pour le diplôme de docteur d'université (**chimie organique**). Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, 2007.
- ANAISSIE E. J., BODEY G.P., RINALDI M.G. (1989). Emerging fungal pathogens. *Eur. J. Clin. Clin.*
- ANAISSIE E.J. KANTAARJIAN H., JONES P., BARLOGIE B., LUNA M., LOPEZ-BERENSTEIN G., BODEY. analysis. New York: D Van Nostrand.
- ANCHISI, M., GENNARI, M., et MATTA, A. 1985. Retardation of *Fusarium* wilt symptoms in and control of *Fusarium* ear blight on wheat. *Cereal Research Community* 25: 705-711.
- ANGELIQUE BOJANOWSKI 2011. MOLECULES ANTIFONGIQUES ET ACTIVITE. ANTAGONISTE DE DEUX SOUCHES université lavale (**Québec**). antioxydant et antimicrobienne d'extrait de *cuminum cyminum* L. Libanaise science antiproliférative effect and induction of apoptosis by *Retama Monosperma* L. extract in applications. CRC Press (2009). 1ère éd. 991p. aromathérapie Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée, Springer-Verlag aromathérapie Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée, Springer-Verlag aromatiques et industrielles (**ITEIPMAI**). 2013. assessment of *Inula* ssp. organic extracts for their antifungal activity against some
- ARNOLD H. J., BELLOMARIA B et VALENTINI G., 1993.- Etude chimique de huile essentielle d'*Artemisia arborescens* L. de l'île de Karpathos plantes médicinales et phytothérapie . Tome XX VI . 2 :135 – 142.
- ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION (AFNOR) (1982). Huiles essentielles NF T 75.
- ATHAMENA .I.S. CHALGHEMAN A., KASSAH L.S., LAROUI S. et KHEBRI S., 2010- Activite.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- AVENOT H., SELLAM e A. and Michailides T.J., 2009. Characterization of mutations in the
- BABA AISSA F. 2000. Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb. Ed. Librairie moderne Rouïba. 252-253.
- BAKKALI, F., AVERBECK, S., AVERBECK, D., & IDAOMARd, M. (2008). Biological effects of
- BASER K.H.C., BUCHBAUER G. Handbook of essential oils : science, technology and Bařides.F (2010). Zygomycoses, fusarioses, scédosporioses, trichosporonoses : les Bencheikh S.2016. Bioactivity of LaurusNobilis and MenthaPiperita essential oils
- BENHAMMOU N .2012. Activité antioxydante des extraits des composés phénoliques de
- BENMOKADEM N., 2003 : contribution à l'étude des profils des huiles essentielles produites chez quelques espèces spontanés du genre Artemisia. Mémoire de magister en sciences agronomique université de Blida, Algérie.
- BENYAHIA A. 2014. Contribution à l'étude photochimique et activités biologique de deux Biologie. Université Aboubakr Belkaïd-Tlemcen. 161p. biologique par conservation. Cahiers Agriculture; 15(5): 449-455. <http://www.john>
- BLANCARD D., LATERROT H., MARCHOUX G. et Cetresse T. 2009. Les maladies de la
- BNOUHAM M., MEKHFI H., LEGSSYER A. & ZIYYAT A., "Ethnopharmacology Forum Medicinal plants used in the treatment of diabetes in Morocco". Laboratoire de Physiologie et Pharmacologie Cellulaire. Univ. Mohamed Premier, Maroc (2002) : 18p.
- BOSSERDET et rivolier. (1977). Secret et vertus des plantes médicinales. Paris 463p. Botrytis cinerea in vitro and in vivo. American Journal of Plant Sciences; 6: 1519-1526.
- BOTTON B., Breton A., Fèvre M., Gauthier S., Guy Ph., Larpent JP., Reymond P,
- BOUHADJERA W. 2017. Étude histométrique de l'espèce Inula viscosa, dans la région de
- BOUKHATEM M.N., FERHAT A., KAMELI A.2019.Méthodes d'extraction et de distillation des
- BOUZOUITA N., KACHOURI F., BEN HALIMA M. et CHAABOUNI M.M., (2008),
- BRUNETON: Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 3ème édition, TEC et DOC éditions, Paris, 1999, p: 570.
- CAFARCHIA C., De Laurentis N., Milillo M.A, Losacco V., Puccini V. 2001.Fungistatic Cancer. 57, 2141-2145. candidates from plant natural product lead. Journal of Natural Products; 67: 273-283.
- CAISSARD J.C., Joly C., BERGOUGNOUX V., HUGUENEY P., MAURIAT M., BAUDINO S. Secretion mechanisms of volatile organic compounds in specialized cells of aromatic plants. Recent Research Developments in Cell Biology, 2 : 1-15, 2004
- CHABASS D, BOUCHARA JP , De Gentile L , Brun S , Cimon B et Penn P (2002).
- CHABOU A., 2000. Contribution à l'étude de l'influence des extraits de fruits et de feuilles de Melia azedaratch sur le comportement de ponte et des chenilles de phthorimaea operculella Zeller. (Lepidoptera: Gelechiidae) dans les stocks. Mém. Ing. Agr., ENSA, El-Harrach-Alger, 50p.
- CHAHMI N., ANISSI J., Jennan S., Farah A., Sendide K., & El-Hassouni. The normal 245 mycoflora of commodities from Thailand. 2. Beans, rice, small grains and
- CHAPELAND F., Fritz R., Lanen C., Gredt M. and Leroux P., 1999. Inheritance and character for asteroideae (Asteraceae) taxonomy. Annales Botanici Fennici ; 44: 1-7.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- CHARLES M.T., MERCIER J., MAKHLOUF J. and Arul J., 2008. Physiological basis of UV-C-
- CHAVASSIEUX D. Les huiles essentielles en protection des cultures ? Analyse et Enquêtes. Institut Technique de l'Agriculture Biologique (**ITAB**). 2014. Chemical Composition and Antioxidant and Antimicrobial Activities of Wormwood Chevalier, Paris, Tome 1:176-178, 447p.
- CICCARELLI D., GARBARI F., PAGNI A., 2007. Glandular hairs of the ovary: A helpful Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de Contributions by Habitat Management, Tallahassee, Florida. Tall Timbers Research Station: 47-57.
- DAGHDAK H., ZAIYAR R. 2014. Evaluation de l'activité anti-oxydante et anti inflammatoire de la plante medicinale algerienne *Inula viscosa*: Université Constantine1: 91p. de la Santé. Université de Lorraine, 204.
- De SOUSA D.P. Medicinal Essential Oils: Chemical, Pharmacological and Therapeutic Aspects. Nova Science Publishers (**2012**). 1ère éd. 236p.
- DENIS, J. BRIANT, J-C. HIPEAUX: Physico-chimie de lubrifiants; analyses et essais, Tec éditions, paris, 1997, p: 62. 1 J. KALOUSTIAN, F. HADJI-MINAGLOU: La connaissance des huiles essentielles : qualitologie
- DUDAREVA N., PICHERSKY E. Metabolic engineering of plant volatiles. Current opinion in biotechnology, 19 : 181-189, 2008.
- EDQM. Huiles essentielles – Aetherolea. Pharmacopée Européenne (**2017**). 9ème éd.
- EL AJJOURI M., GHANMI M., SATRANI B., AMARTI F., RAHOUTI M., AAFI A., ISMAILI R.
- EL HAIB(**2011**): valorisation de terpènes naturels issus de plantes marocaines par transformations catalytiques, thèse de doctorat, Université Toulouse III, p: 6, 7.
- ERNEST: The chemistry of essential oils and artificial perfumes, 4th edition, revised and enlarged of monographs on essential oils(**volume 2**), Scott, greenwood and son 8 Broadway, ludgate, London, p: 1-81, 304-308.
- FAUCON M. Traité d'aromathérapie scientifique et médicale. Sang de la terre (**2012**). 880p.
- FIGUEREDO G. Étude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles.
- FIGUEREDO G., 2007- Étude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'origans (**Lamiaceae**) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne. Thèse doct. Univ., spec. Chimie org.. Ecole doct. Sci. Fond., Univ. Blaise Pascal, 194p...Food Chem.,51:7292-7295.
- FOURNIER P. 1947. Livre des plantes médicinales et vénéneuses de France. Ed. Le France, Paris, 2012, p: 6, 16. France, Paris, 2012, p: 6, 16.
- FRANCHOMME P., PENOEL, 1990. "L' Aromathérapie Exactement" fondements
- FREEDMAN W.Y., MADORE B.F. 1999. A distance to the galaxy NGC4258 from fungi, Asian Journal of Plant Sciences, 6 (**8**), 1182-1189.
- FURET A., BELLENOT D. Les huiles essentielles dans la protection des cultures: une voie en cours d'exploration. Institut technique interprofessionnel des plantes médicinales, G.P. (**1986**). Fusarium a newly recognized fungal pathogen in immunosuppressed patients
- GARCIA S., GARNATJE T., TWIBELL J. & VALLES J., "Genome size variation in the *Artemisia arborescens* complex (**Asteraceae, Anthemideae**) and its cultivars". Ed. NRC 49, Canada, (**2006**), pp 244–253. germination.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- GHALEM B.R.2016. Essential Oils as Antimicrobial Agents against Some Important.
- GHANMI, M., SATRANI, B., AAFI, A., Isamili, M. R., Houti, H., El Monfalouti, H., ... & Charrouf, Z. (2010). Effet de la date de récolte sur le rendement, la composition chimique et la bioactivité des huiles essentielles de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) de la région de Guercif (**Maroc oriental**). *Phytothérapie*, 8(5), 295-301
- GHASEMI E, YAMINI Y, BAHRAMIFAR N, et al. (2006) Comparative analysis of the oil and supercritical CO2 extract of *Artemisia sieberi*. *J Food Eng* 79(1): 306-11 gigantea leaf extracts against pathogenic fungus, infecting *Oryza sativa*. *International*
- GILBERT, J., Tekouz, A. 2000. Effect of *Fusarium* head blight and seed treatment on
- GOUDJILI M.B., Ladjel S., Zighmi S., Hammoya F., bensaci M.B., Mehani M.,
- GRANDOLINI G., 1988. A sesquiterpene lactone from *Artemisia arborescens*. *Ed Great Britain phytochemistry* 27(11):3670-3672.
- GUENTHER, E. (1948). *The Essential Oils: history, origin in plants, production and*
- GUIGNARD, J.L., "Abrégés botanique", Ed. Masson, (1998), Pp.49-205.
- GURIB-FAKIM A. (2006). *Medicinal plants: Traditions of yesterday and drugs of tomorrow, Molecular Aspects of Medicine*; 27: 1-93.
- HOOG, S. GUARRO, J. GENE, J et FIGUERAS M. (1995) "Atlas of Clinical fungi v4.1.4 huiles essentielles : revue de littérature . revue agrobiologia 9(2): 1653-1659 human cervical cancer cells. *Cellular & Molecular Biology*; 57: 1581- 1591.
- IGNOFFO CM. (1970), *Proceedings of the Tall Timbers Conference on Ecology of Animal*
- IGNOFFO CM. (1973). *Vertebrates and entomopathogens, Ann. N.Y. Acad. Sei.*, 217, 165 induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit. I. Role of pre- and post- challenge accumulation of the phytoalexin-rishitin. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 10-20. industrielle. 2e Ed. Ed. Masson, Paris, 512p *Interaction: An Approach to Sustainable Agriculture*. 271-296. *Isolated Marine Fusarium* spp. *Int. J. Bio-Sci. Bio-Technol.*, vol. 5, no. 5, pp. 179-186.
- JUTEAU F., JERKOVIC I., and Masottietal V. (2003). *Composition and antimicrobial activity of the essential oil of Artemisia absinthium from Croatia and France. Planta Medica*, 69(2): 158-
- KALOUSTIAN, F. HADJI-MINAGLOU: *La connaissance des huiles essentielles : qualité et aromathérapie Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée*, Springer-Verlag France, Paris, 2012, p: 6, 16.
- KHAN MR, FISCHER S, EGAN D, Doohan FM (2006) *Biological Control of Fusarium*
- L HUILIER A. (2007). *Contribution à l'étude phytochimique de quatre plantes malgaches: Agauria salicifolia hook.f ex olivier, Agauria polyphylla baker (Ericaceae), Tambourissa trichophylla baker (Monimiaceae) et Embelia concinna baker (myrsinaceae)*, Toulouse, France. l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*, *J. Soc. Chim. Tunis.*, 10, 119-125.
- LAKHDER L. 2015. *Evaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles*
- LAMHARRAR A., KOUHILA M., IDLIMAM A., JAMALI A. & KECHOUA N., "Séchage solaire convectif en couches minces des feuilles d'absinthe (*Artemisia arborescens*)". *Laboratoire d'Énergie Solaire et des Plantes Aromatiques et Médicinales (LESPAM)*. Tunisie, 12èmes Journées Internationales de Thermique, (2005), 4p.
- LAWRENC B.M. *Essential oils, volume 9 :2008-2011. Allured Pub Corp* (2012). 9ème éd. 284p.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- LEE K.H. 2004. Current developments in the discovery and design of new drug.
- LEE K.W., Kim Y., Lee H.J et Lee C.Y., (2003). Cocoa Has More PHENOLIC Les moisissures d'intérêt médical, cahier de formation en biologie médicale n°25. P 29, 78,79,82, 84,157 libbey eurotext. fr/fr/revues/agro_biotech/agr/edocs/00/04/1F/42/article.phtml lithiase urinaire.Thèse De Doctorat. Universite Abd Elhamid Ibn Badis
- LESLIE J.F., SUMMERELL B.A., 2006. The Fusarium laboratory Manual. Blackwell 161. 2015. Antioxi-dantactivities and total phenol content of *Inula viscosa* extracts selected from three regions of Morocco. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 5(3), 228-233.28. Nabli, M. A., "Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisiennes, 470
- LUCCHESI M.E. (2005). Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de Doctorat en Sciences,
- MADOULET M., C., Benjouad A., El Mzibri M., Morjani H., Amzazi S. 2011. In vitro.
- MAOZ E., NEWMAN J.A., Ferrarese L., Stetson P.B., Zepf S.E., Davis M., Maroc, Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 14 (1), 141-148. marocaines sur aggregatibacter activomycetemcomitanes :etude in vitro .thèse de
- MERGHOUB N., BENBECR L., El Btaouri V., Ait Benhassou V., Terryn C., Attaleb méridionales, Tome Ii, Ed. Cnrs, Paris, 590-593.
- MOKKADEM A. (1999). Cause de Dégradation des plantes médicinales et aromatiques Mostaganem.189p.
- MSAADA. K., SALEM N., BACHROUCH O.,BOUSSELMIS., Tammar T., Alfaiy A., AlSane
- NELSON, R. R., 1997. In-vitro activities of five plant essential oils against methicillin nouvelles mycoses émergentes. Elsevier Masson SAS, 19, 320-326
- NUCCI, M, Anaissie E. Fusarium infections in immunocompromised patients. Clin
- NYEGUE, M. A. (2005). Propriétés chimiques et biologiques des huiles essentielles dequelque plantes aromatiques et/ou medicinales du Cameroun : Evaluation de leurs observations of Cepheid variable stars. Nature; 401: 351R354. of essential oil production in plants. Plant Growth Regulation 34, 3-2
- OMS, Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle pour 2002-2005. Chapitre 4 : Ressources internationales et nationales pour la médecine traditionnelle, (2002).on some phytopathogenic fungi in vitro assay. JMESCEN 7(12) :4525-4533 other commodities. (1994). 246 Int. J. Food Micro-biol., Volume 23, pages 35-53.
- PANDY and Al . Integrated control of Fusarium wilt of chickpea by solar heating of soil
- PAQUET J.M. 2014. l'Inule visqueuse (***Inula viscosa***). Bulletin de la Société Botanique de France; 70 (1): 139-141. Paris Vi: 19-20.pathogenic and antagonistic fungi. African Journal of Microbiology Research; 5: 3527-3531. phytochemicals and aHigher Antioxi-dant Capacity than Teas and Red Wine.J .Agric.
- PITT, J.I., HOCKING, A.D., BHUDHASAMAI, K., Miscamble, B.F.Wheeler K.A., Tanboon-Ek P.
- QUEZEL P. et Santa S. (1962 – 1963). Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques Méridionales. Tome I et II. Edition du centre national de la recherche scientifique, Paris.1170p.
- REEB, 2009. Plantes Mellifères, Inule Visqueuse. Abeilles et Fleurs. N° 720. Université résistante Staphylococcus aureus and vancomycin-résistant Enterococcus faecium. Roger Jollois. ed. Limoges.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Sanglier JJ., Vayssier Y et Veau, P. 1990. Moisissures utiles et nuisibles. Importance

- SACCO. T., TRATTINI C. and bicchi e., 1983.-constituants of Essential oil of *Artemisia arborescens* .Journal of Medicinal plant research . Planta .Medica Nol.47.49-51.

- SAMATE (2002):Compositions chimiques d'huiles essentielles extraites de plantes aromatiques de la zone soudanienne du Burkina Faso: valorisation, thèse de doctorat, université Ouagadougou, p: 4-59.

- SBAHI K. 2017. Etude épidémiologique, paramétrique et phytothérapeutique de la sciences et techniques de Languedoc, Montpellier.

- SITE WEB (***Artemisia absinthium* L.**) Essential Oils and Phenolics. Journal of Chemistry, Volume 2015, Article ID 804658, 12 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2015/804658> .(**Asteraceae**) flowers from the Puglia region. Parassitologia; 43 (3): 117-121.195p. Journal .,472-478.

- SOMDA I., LETH V., and SÉRÉMÉ P., (2007), Antifungal effect of *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus camaldulensis* and *Azadirachta indica* oil extracts on sorghum seed-borne sur 10 ans et identification moléculaire d'espèces. Thèse pour le Diplôme D'étude en biologie

- SWATHI, K, J. SOWJANYA, NARENDRA ,K.M.. Et SATYA, A. K. (2013). Bioactivity Assay of an

- TAHRAOUI, A., EI-HILALY, J., ISRAILI, Z. H., & Lyoussi, B. (2007). Ethnopharmacological survey of plants used in the traditional treatment of hypertension and diabetes in south-eastern Morocco (**Errachidia province**). Journal of ethnopharmacology, 110(1), 105-117.

- THOMAS, B. (2017). Etude épidémiologique des infections à *Fusarium* au CHRU de Nancy Tlemcen. Mémoire de Master en Ecologie végétale et environnement. Université de Tlemcen.79p.

- VIJI R., Alaguraja P., Mani P., Velavan S. 2013. Biological control of *Calotropis (viscose)* plant extract in combination with a low dose of the fungicide iprodione on

- WANNES WA et Marzouk B ., 2016. Characterization of myrtle seed (***Myrtus communis var. baetica***) as a source of lipids, phenolics, and antioxidant activities.

- WARLOP F., 2006. Limitation des ravageurs de l'olivier par le recours à la lutte water. Physiological Plant Pathology, 26:175- 183.

- ZHENG G.Q. (1994). Cytotoxic terpenoids and flavonoids from *Artemisia annua*,” *Planta Medica*, 60(1):54–57.

RÉSUMÉ

تعتبر الأمراض النباتية العائق الرئيسي المرتبط بالإنتاج الزراعي. الطريقة الرئيسية للسيطرة على مسببات الأمراض هي استخدام المواد الكيميائية. تسبب هذه الاستعمالات الكثير من المخاوف اليوم على مستوى المستهلك ونوعية المحصول والبيئة. لذلك يصبح البحث عن حل بديل ضرورة. تشكل النباتات العطرية والطبية ثراءً طبيعياً هاماً للغاية في المواد السامة للفطريات والتي يمكن أن تكون حلاً بديلاً للأدوية الحالية. تعتمد الخصائص العلاجية لهذه النباتات على وجود العديد من العوامل النشطة بيولوجياً بما في ذلك الزيوت الأساسية. بهدف البحث عن الجزيئات الطبيعية التي لها تأثير كمييد للفطريات *Dittrichia viscosa* طبيعي، ركز هذا العمل المرتقب على دراسة النشاط المضاد للفطريات للمستخلص النباتي المركز من ضد الأنواع Clevenger-type hydrodistillation من *Artemisia arborescens* والزيوت العطرية من Soxhlet بواسطة *D. viscosa*. أتاح التقييم المختبري للتأثير المضاد للفطريات للمستخلص الإيثانولي المركز لـ *Fusarium colmorum* من و يظهر التأثير المضاد للفطريات *Fusarium colmorum*. تسليط الضوء على معدلات تثبيط عالية لهذا المستخلص ضد *Fusarium colmorum* تأثير مثبت ضعيف على النمو الشعاعي لأنواع *A.arborescens* للزيوت العطرية.

Fusarium colmorum، مستخلص سائل، *fusarios* القمح، *Artemisia arborescens*، *Dittrichia viscosa*: الكلمات الرئيسية

Abstract

Plant pathogenic diseases are a major constraint on agricultural production. The main method of combating the pathogens responsible is the use of chemical products. This approach is now giving rise to a number of concerns for consumers, crop quality and the environment. The search for alternative solutions is therefore becoming a necessity. Aromatic and medicinal plants offer a wealth of natural fungitoxic substances that could provide an alternative to current medicines. The therapeutic properties of these plants depend on the presence of various bioactive agents, including essential oils. With the aim of finding natural molecules with a fungicidal effect, this prospective study focused on the antifungal activity of the concentrated ethanolic extract of *Dittrichia viscosa* prepared by soxhlet and the essential oil of *Artemisia arborescens* produced by Clevenger-type hydro distillation against the *Fusarium colmorum* species. In vitro evaluation of the antifungal effect of the concentrated ethanolic extract of *D.viscosa* revealed high levels of inhibition of this extract against *Fusarium colmorum*. And the antifungal effect of essential oil of *A.arborescens* showed a weak inhibitory effect on the radial growth of *Fusarium colmorum* species.

Key words: *Dittrichia viscosa*, *Artemisia arborescens*, Wheat fusarios, Liquid extract, *Fusarium colmorum*,

Résumé

Les maladies phytopathogènes constituent la contrainte majeure liée à la production agricole. La principale méthode de lutte contre les agents pathogènes responsables est l'usage des produits chimiques. Cette approche suscite aujourd'hui de nombreuses inquiétudes, au niveau du consommateur, de la qualité de la récolte et de l'environnement. La recherche de solution alternative devient donc une nécessité. Les plantes aromatiques et médicinales constituent une richesse naturelle très importante en substances fongitoxiques pouvant être une solution alternative aux médicaments actuels. Les propriétés thérapeutiques de ces plantes dépendent de la présence d'agents bioactifs variés dont les huiles essentielles. Dans le but de rechercher des molécules naturelles à effet fongicide, ce travail prospectif a porté sur l'étude de l'activité antifongique de l'extrait éthanolique concentré de *Dittrichia viscosa* est préparé par soxhlet et l'huile essentielle d'*Artemisia arborescens* issues de l'hydro distillation de type Clevenger vis-à-vis de l'espèce de *Fusarium colmorum*. L'évaluation in vitro de l'effet antifongique de l'extrait éthanolique concentré de *D.viscosa* permis de mettre en évidence des taux d'inhibition élevé de cette extrait contre *Fusarium colmorum*. Et l'effet antifongique d'huile essentielle d'*A.arborescens* montre un faible effet inhibiteur sur la croissance radiale de l'espèce *Fusarium colmorum*.

Mots clés: *Dittrichia viscosa*, *Artemisia arborescens*, *Fusarios* de blé, Extrait liquide, *Fusarium colmorum*,

ANNEXES

ANNEXE

ANNEXES N°1

Matériel non biologique

Verreries et autre	Appareillages	Produits
Entonnoir	Etuve d'incubation	Eau de javel
Bécher	Hôte	Eau distillée
Mortier	Balance de précision	Ethanol 96
Éprouvette graduée	Extracteur Soxhlet	Bleu de méthyle
Flacons en verre	Agitateur	Acide acétique glaciale
Erlenmeyer	Bec benzène	Glucose
Pissette	Autoclave	Agar Bactériologique
Boites de pétrie	Plaque chauffante	
Pipette de pasteur		
Disques en papier		
Fiole		
Pince de laboratoire		
Papier filtre		
Micro pipette		

ANNEXES N°2

Les Milieux de culture :

Composition du milieu PDA (Potato-Dextrose-Agar)

- 200 g de pomme de terre
- 20 g de glucose
- 20g d'agar-agar
- 1 L de l'eau distillée



Figure 01: Pomme de terre

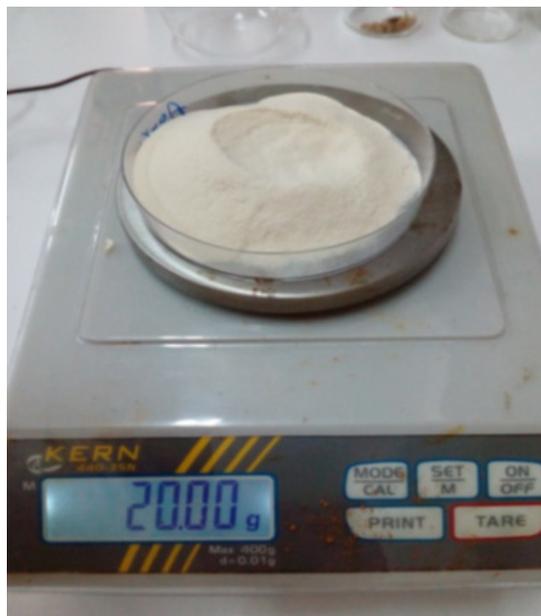


Figure 02 : Agar-agar

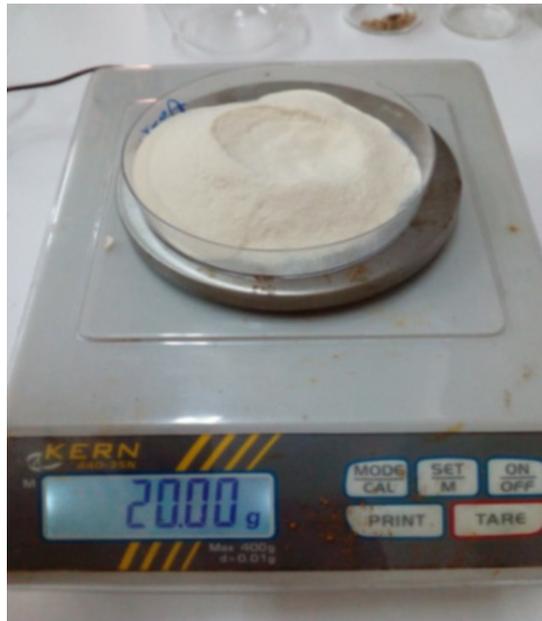


Figure 03 : Glucose

Étapes de la préparation du milieu PDA

- Les tubercules de pommes de terre ont été pelés, lavés et coupés en tranches minces.
- Ensuite, ils ont été cuits dans 1L de l'eau pendant 15 à 20mn (**Fig. 04**). Le mélange obtenu a été filtré, puis le filtrat était versé dans un Erlenmeyer d'un litre placé sur un agitateur chauffant. Le glucose et l'agar-agar ont été ajoutés au filtrat et le volume a été ajusté à 1L.
- L'Erlenmeyer a été retiré de la plaque lorsque le milieu devenait homogène et clair. Ce dernier a été versé dans des flacons pour être stérilisé à l'autoclave à une température de 120°C pendant 20 minutes (**Fig.04**). Toutes ces manipulations ont été faites entre deux bacs bunsens.

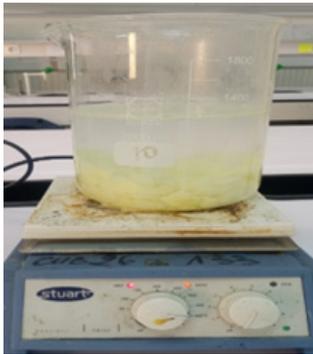


Figure 04 : Préparation du milieu PDA (**Originale**).