

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. Mira De Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département Microbiologie
Filière : Sciences Biologiques
Option : Ecologie Microbienne



Réf :

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

Thème

Etude de l'activité antifongique de quelques produits naturels sur les champignons phytopathogènes

Présenté par :

BENIKEN Yasmine et MOUSSAOUI Meriem

Soutenu le : 25 Juin 2023

Devant le jury composé de :

Mr. LADJOUZI R.	MCB	President
Mr. ADJEBLI A.	MCA	Encadreur
Mlle. BOUAOUD Y.	MCB	Examinatrice

Année Universitaire : 2022-2023

Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir accordé courage et bénédiction pour accomplir ce travail

*Nous adressons tout d'abord nos sincères remerciements à **Mr ADJEBLI Ahmed**, d'avoir assuré l'encadrement de notre mémoire, et de nous avoir profité de ses connaissances scientifiques. On le remercie également pour sa patience, sa disponibilité et pour ses conseils précieux.*

*Nous tenons à remercier **Mr LADJOUZI Rachid** de nous avoir fait l'honneur de présider ce jury.*

*Nous exprimons nos vifs remerciements à de nous avoir accordée **Mlle BOUAOUD Yousra** le privilège de participer à ce jury et d'examiner avec soin ce mémoire.*

*Nous remercions l'ensemble de l'équipe du laboratoire **d'Ecologie Microbienne** pour leurs orientations et leurs conseils tout au long de ce travail.*

Enfin, que toutes les personnes qui nous ont soutenus de près ou de loin trouvent ici nos sincères remerciements et notre reconnaissance.



-B. Yasmine & M. Meriem-

Dédicace

*Que ce travail témoigne de mes respects à mon exemple éternel,
mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui
s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, mon père **Moussa**,
Et à la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme
de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore
Rachida, je la remercie de m'avoir donné tant d'amour et de
tendresse*

*Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma
considération et mes profonds sentiments envers eux,*

*A mes très chers frères : **Nadjim** et **Azzedine**,*

*A mes très chères tantes : **Akila**, **Nassima** et **Nacira**,*

*A mes très chères nièces : **Louiza**, **hanane**, **Houda**, **Nihad**,*

***Meriem**, **Amina** et **Anaïs**,*

*A toute la famille **BENIKEN** et **BOUAZZA**,*

*A mes très chères copines : **Rosa**, **Chafiaa**, **Fetta**, **Manel**,*

***Tinhinane**, **Yasmine**, **Kahina** et **Kenza**,*

*A mon binôme **Meriem**,*

A toute la promotion d'Ecologie Microbienne,

*Enfin, à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la
réalisation de ce modeste travail.*



-B. Yasmine-

Dédicace

Tout d'abord, je tiens à remercier Dieu de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à dédier cet humble travail à :

A toi ma très chère mère « Fahima »

Mon exemple éternel, mon soutien moral et la source de joie et de bonheur, la flamme de mon cœur, celle qui s'est toujours sacrifiée pour me voir réussir.

A mon cher père « Makhlouf »

Tu as toujours été à mes coté pour me soutenir et m'encourager

Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

Et que Dieu le tout puissant vous donne santé et longue vie.

A mon cher grand père « Mebarek »

La lumière de mes jours, la source de mes efforts, ma vie et mon bonheur,

Que dieu le accueillent dans son vaste paradis.

A mes grands-mères « Taous » et « Hedjila »

Que Dieu vous les gardes pour nous.

A mes chers frères : Soufian, Housseem, Abdoulam.

A ma chère sœur : Siham.

A tout ma famille sans exception

A ma binôme Yasmine et toute sa famille

A toute la promotion « Ecologie Microbienne » 2022 / 2023.



-M.Meriem-

Sommaire

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Sommaire

Glossaires

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction Générale..... 1

Chapitre I

Les champignons phytopathogènes

I.1. Généralité sur les champignons phytopathogènes 3

I.2. Les principaux genres des champignons phytopathogènes 4

I.2.1. Le genre *Alternaria* 4

I.2.2. Le genre *Aspergillus* 6

I.2.3. Le genre *Botrytis* 8

I.2.4. Le genre *Fusarium* 10

I.2.5. Le genre *penicillium* 13

I.3. Les autres phytopathogènes 14

I.4. Les méthodes de lutte 15

I.4.1. La lutte culturale 15

I.4.2. La lutte génétique 15

I.4.3. La lutte chimique 16

I.4.4. Lutte biologique 17

I.4.5. Lutte intégrée 17

Chapitre II

Matériels et méthodes

II.1. Matériels utilisés 20

II.1.1. Matériel Biologique 20

II.1.2. Matériel fongique 20

II.2. Choix et préparions des milieux de cultures 21

II.2.1. Milieu Malt-agar 21

II.2.2. Milieu agar blanc 21

II.3. Repiquage des isolats 21

II.4. Evaluation de l'activité antifongique 21

Sommaire

II.4.1. Préparation des suspensions sporales	21
II.4.2. Préparation des concentrations des produits naturels.....	22
II.5. Test des puits.....	23
II.6. Traitement des données.....	23
II.7. Etude statistique	23

Résultats et Discussion

III.1. Action des produits naturels sur la croissance mycélienne des isolats testés	26
III.1.1. Action de la formule 1 sur la croissance mycélienne	26
III.1.2. Action de la formule 2 sur la croissance mycélienne	28
III.1.3. Action de la formule 3 sur la croissance mycélienne	29
III.1.4. Action de la formule 4 sur la croissance mycélienne	30
Conclusion Générale	34
Références bibliographiques.....	36
Annexes.....	46

Glossaires

Anamorphe : Se dit de la phase ou de la forme asexuée des champignons.

Ascomycète : Groupe de champignons produisant leur spore sexuée, les ascospores, par l'intermédiaire.

Basidiomycètes : Veut dire « champignons à basides » : les basides sont des organes qui se trouvent sous le chapeau, et qui produisent les spores.

Chlamydospores : Sont des spores de multiplication végétative à paroi épaisse.

Cloisonné : Séparer par des cloisons, diviser un lieu par des cloisons pour en faire plusieurs Pièces.

Conidies : Est une spore assurant la multiplication asexuée des champignons et non capable de mobilité autonome.

Conidiophore : Hyphe aérien spécialisé qui produit à son extrémité plusieurs conidies.

Cosmopolite : un organisme cosmopolite est une espèce, végétale ou animale, à distribution géographique très vaste et répandue dans quasiment le monde entier.

Deutéromycètes : sont des champignons à hyphes septés, se multipliant de façon non sexuée.

Inoculum : Terme génétique qui désigne tout élément d'un parasite capable d'infecter l'hôte.

Macroconides : Le plus grand des deux types de conidies produits chez une espèce fongique.

Microconidies : Est la plus petite des deux types de conidies produits chez espèce fongique.

Mycélium : Appareil végétatif d'un champignon constitué d'un ensemble d'hyphes.

Mycotoxines : Des composés toxiques produits naturellement par certain type de moisissures (champignon).

Parasite : Est un organisme qui vit sur ou dans un autre organisme (l'hôte) et qui profite de l'hôte à ses dépens.

Glossaires

Phialides : Est chez les champignons ascomycètes, une cellule en forme de flacon composée d'un ventre d'un col.

Saprophytisme : Mode de vie des végétaux saprophytes, germes microbiens qui vivent sur un hôte sans entraîner de maladie.

Sclérotés : Est un organe de conservation présent chez certains champignons.

Téléomorphe : La forme téléomorphe désigne le stade de reproduction sexué d'un champignon.

Trophophase : Correspond à la partie de la courbe de production d'une population de cellules correspondant à la période de formation des métabolites primaires.

Liste des abréviations

Liste des abréviations

ADN : acide désoxyribonucléique

ANOVA : analyse de la variance

ARN: acide ribonucléique

AUDPC: Area Under Disease Progression Curve

EDS : Eau distillé stérile.

INRA: Institut national de la recherche agronomique

MEA : gélose a l'extrait de malt

PN : produit naturel.

PDA: la gélose dextrosée à la pomme de terre

PGRP : Bactéries rhizosphériques bénéfiques à la croissance et à la santé des plantes.

Liste des Tableaux

Liste des tableaux

Tableau I	Les principaux agents pathogènes fongiques responsables des maladies phytopathogènes.	3
Tableau II	La composition des produits naturels testés selon les fiches techniques.	20
Tableau III	Les champignons phytopatogènes utilisées.	21
Tableau IV	Les concentrations des produits naturels utilisées.	22

Liste des Figures

Liste des figures

Figure 1	Aspect macroscopique et microscopique d' <i>Alternaria</i>	5
Figure 2	Symptômes de l'alternariose sur les différentes hôtes	5
Figure 3	Aspect macroscopique et microscopique d' <i>Aspergillus niger</i>	7
Figure 4	Moisissure noire due à <i>A.niger</i> Sur bulbe d'oignon	8
Figure 5	Aspect macroscopique et microscopique de <i>Botrytis cinerea</i> .	9
Figure 6	Symptômes provoquer par <i>B. cinerea</i> sur différentes hôtes	10
Figure 7	Morphologie de colonies d'espèces de <i>Fusarium</i> sur milieu Potato Dextrose Agar.	11
Figure 8	Morphologie de conidies de <i>Fusarium spp.</i>	12
Figure 9	Les Symptômes causés par <i>Fusarium solani</i> .	12
Figure 10	Aspect macroscopique et microscopique de <i>Penicillium</i>	14
Figure 11	Les étapes de la préparation des suspensions fongiques	22
Figure 12	Effet de l'activité antifongique sur les cinq isolats testés à différentes concentrations.	27
Figure 13	Résultats de l'activité antifongique in vitro (sur la croissance mycélienne) testée avec formule 1 sur les cinq isolats. L'AUDPC moyenne a été déterminée pour chaque isolat. Les barres représentent l'erreur standard des moyennes.	28
Figure 14	Résultats de l'activité antifongique in vitro (sur la croissance mycélienne) testée avec formule 2 sur les cinq isolats. L'AUDPC moyenne a été déterminée pour chaque isolat. Les barres représentent l'erreur standard des moyennes.	29
Figure 15	Résultats de l'activité antifongique in vitro (sur la croissance mycélienne) testée avec formule 3 sur les cinq isolats. L'AUDPC moyenne a été déterminée pour chaque isolat. Les barres représentent l'erreur standard des moyennes.	30
Figure 16	Résultats de l'activité antifongique in vitro (sur la croissance mycélienne) testée avec formule 4 sur les cinq isolats. L'AUDPC moyenne a été déterminée pour chaque isolat. Les barres	31

Liste des Figures

	représentent l'erreur standard des moyennes.	
--	--	--

Introduction Générale

Introduction Générale

Les maladies des plantes représentent un réel problème pour les cultures agricoles, et les dégâts causés par ces maladies et les ravageurs deviennent de plus en plus pénibles en raison de l'extension des cultures intensives. La majorité des maladies des plantes sont provoqué par les champignons phytopathogènes entraînant les pourritures des cultures et endommageant de nombreuses espèces d'arbres, Ces maladies sont probablement les plus grands obstacles à la production et au rendement global des récoltes, est l'un des principaux facteurs limitant et altérant la qualité (**Morcia et al., 2015**).

La lutte contre les maladies des plantes repose sur une approche globale comprenant des mesures préventives, des techniques de gestion intégrée et des stratégies de protection des plantes saines. En agriculture les méthodes de lutte appliquées varient énormément d'une maladie à une autre. Cette variation dépend du pathogène spécifique responsable de la maladie, de la plante hôte affectées, ainsi que de leur interaction respective avec l'environnement. Toutes les méthodes de luttés utilisées ont un seul but ultime est d'augmenter la quantité et d'améliorer la qualité de la production agricole (**Nasraoui, 2006**). L'usage croissant et souvent inconscient des substances chimiques peut avoir des répercussions néfastes. De plus, l'efficacité des fongicides chimiques est fréquemment compromise par l'apparition de pathogènes résistants, ainsi que par l'accumulation de résidus chimiques nocifs dans l'environnement, et leurs effets néfastes sur les organismes non ciblés (**Gerhardson, 2002 ; Belhadi et al., 2016**). Cependant, la plupart de ces produits sont des produits chimiques ou synthétiques qui peuvent entraîner une dégradation de la fertilité des sols et de graves polluants environnementaux, affectant ainsi la santé humaine (**Kumar et al. 2018**).

Afin de rechercher d'autres alternatives de lutte biologiques contre les champignons phytopathogènes, les métabolites secondaires peuvent être une source précieuse pour obtenir un traitement efficace pour les maladies des plantes sans aucun effet néfaste sur l'environnement (**Cucu et al., 2020 ; Do kim et al., 2020 ; Matrose et al., 2021**).Ce sont des molécules indirectement nécessaires à la vie des plantes. Ils sont présents dans toutes leurs parties mais repartis selon leur rôle défensif. Cette répartition varie d'une plante à l'autre (**Merghem, 2009**).

De ce fait, dans le cadre de notre projet de mémoire de fin de cycle, nous nous sommes penchées sur l'étude de l'activité antifongique de quelques produits naturels testés sur quelques isolats. Un ensemble de quatre produits naturels de composition variable ont été sélectionnés à l'égard de cinq isolats fongiques phytopathogènes appartenant à des

Introduction Générale

espèces différents. Pour mener à bien notre étude nous avons émis les hypothèses suivantes :

- Existe-il une activité des quatre produits testés sur la croissance mycélienne des cinq isolats fongiques à différentes concentrations ?
- Existe-il une corrélation entre la concentration des quatre produits et l'activité antifongique ?
- Existe-il une spécificité des quatre produits naturels sur les cinq champignons phytopathogènes ?

Chapitre I

Les champignons phytopathogènes

I.1. Généralité sur les champignons phytopathogènes

Les champignons phytopathogènes sont responsables de la majorité des maladies cryptogamiques qui affectent les plantes (Abdelkader, 2012).

Ils appartiennent aux Basidiomycètes. Les champignons sont des organismes eucaryotes dépourvus de chlorophylle et dont ses structures somatiques ramifiées filamenteuses, appelées hyphes, sont habituellement revêtues de parois cellulaires possédant soit de la chitine ou de la cellulose (Sharma, 2021). Les champignons ont la capacité de se reproduire simultanément de manière sexuée et asexuée à travers la production des spores et d'autres structures. La dispersion des spores par l'air et l'eau peut se faire sur des longues distances comme elles peuvent se propager par le sol (Sharma, 2021).

Tableau I: Les principaux agents pathogènes fongiques responsables des maladies phytopathogènes (Santra et Banerjee).

Genre de champignon	Maladie / pathologie
<i>Colletotrichumcucumerinu</i>	Gale de concombre.
<i>Melampsoramedusa</i>	Maladie de la plante ligneuse
<i>Cladosporiumgloeosporioides</i>	<i>Cladosporium</i> pourriture des fruits et des feuilles et racine amère.
<i>Dothistromapini</i>	Agent pathogène des aiguilles de pin.
<i>Helminthosporium carbonum</i>	Agent pathogène du maïs, du sorgho, de la pomme.
<i>Colletotrichummusae</i>	Tache noire et brune chez la banane.
<i>Erysiphegraminis</i>	Oïdium des céréales.
<i>Alternariaalternata</i>	Tache des feuilles, pourritures et brûlures
<i>Fusariummoniliforme,</i> <i>Curvularialunata</i>	Pourriture du maïs épidémie épidémique de décoloration de la glume et du noyau.
<i>Penicillium verrucosum</i>	maladies des céréales.
<i>Botrytis cinerea</i>	Moisissure grise de la courgette et raisin.
<i>Phaeolusschweinitzii</i>	Pourriture des fesses sur les conifères; Douglas taxifolié, épicéa, sapin, pruche, pin et mélèze.
<i>Peronosporatabacina</i>	Moisissure blue du tabacco.
<i>Aspergillus flavus</i>	Maladie fongique avant et après récolte des céréales, des légumineuses et des noix.

<i>Rhizoctonia Solani</i>	Pourriture du collier, pourriture des racines, fonte des semis, tige de fil, principalement le pathogène des herbes.
---------------------------	--

I.2. Les principaux genres des champignons phytopathogènes

Les champignons phytopathogènes sont responsable d'environ de 70% des pathologies végétales (phytopathologie) (Deacon, 2006). Capables de provoquer des infections racinaires chez les plantes sauvages ou cultivées et d'entraîner des dégâts considérables tels que : *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Alternaria*, *Pythium*, *Verticillium*, *Botrytis*... (Agrios, 2005).

I.2.1. Le genre *Alternaria*

- **Généralité**

Les champignons du genre *Alternaria* sont des moisissures extrêmement répandues dans notre environnement, ils appartiennent aux champignons à dissémination aérienne, *Alternaria* regroupe environ de 275 espèces qui ont un mode de vie à la fois saprophyte et parasite, ils peuvent toucher les cultures sur champ ou les produits végétaux pendant ou/et après la récolte (Logrieco *et al*, 2009). Ces moisissures forment un mycélium cloisonné brun sans mode connu de reproduction sexuée mais ils se reproduisent d'une manière asexuée à travers des filaments qui forment dans leur extrémités des spores de couleur brunes, qui sont très caractéristique du genre regroupées en chaînette (Kirk *et al.*, 2008). Ce pathogène entraîne des pertes économiques très importantes notamment sur la pomme, brocoli, chou-fleur, la pomme de terre, la tomate, les agrumes, la poire, la fraise... (Meena *et al.*, 2016a).

- **Morphologie**

L'aspect macroscopique d'*Alternaria alternata* ressemblait à du velours et pouvait varier en couleur du brun gris au noir (Figure 1) (Gauthier, 2016). *A. alternata* démontre un croissance optimale sur le milieu PDA après 7 jours d'incubation à une température de 25± 2°C (Xavier *et al.*, 2018).

Ce genre de champignon se caractérise par un mycélium cloisonné, ainsi que des conidiophores courts et cloisonnés, lisses, droits ou sinueux, et qui présentent une coloration foncée. Au niveau de l'extrémité des conidiophores on peut observer des

chaînes simples ou ramifiées de conidies de couleur brune, présentant une forme irrégulière qui originellement ovales, deviennent en forme de massue en vieillissant (Achetbi,2021).



Figure 1 : Aspect macroscopique et microscopique d'*A. alternata* (Abeer *et al.*, 2014).

- **Symptômes**

L'alternariose est facilement identifiée grâce aux cercles rapprochés qui se forment à l'intérieur des tâches fusionnent pour former de grandes zones de tissus nécrosés, entraînent un enroulement des feuilles qui rappelle la brûlure apicale (Hodgson *et al.*, 1975).

La brûlure précoce peut toucher le feuillage, les tiges et dans les cas les plus graves, les fruits. Cette maladie est répandue dans le monde entier et affecte les cultures de la famille des solanacées (Cee-ono,2014).



Figure 2 : Symptômes de l'alternariose sur les différentes hôtes (INRA)

I.2.2. Le genre *Aspergillus*

- **Généralité**

Les champignons du genre *Aspergillus* sont des moisissures cosmopolites, omniprésents dans le monde, pouvant se développer sur différents substrats tel que la matière organique décomposée, le sol, le compost, les fruits secs ... (Morin *et al.*, 1994; Aleksic *et al.*, 2017). Lorsque les conditions sont favorables les *Aspergillus* sont capables de contaminer les récoltes dans les champs ou pendant le stockage dans les silos ou greniers (Pane *et al.*, 2011).

(Botton *et al.*, 1990), ont décrit les *Aspergillus* comme des champignons polyphages, qui peuvent parfois être pathogènes pour l'homme, les animaux ainsi les végétaux, certains d'entre eux produisent également des métabolites toxiques appelés mycotoxines (Gauthier, 2016). La plupart des pourritures sont couramment associées aux maladies des plantes et de semences qui sont causées par les *Aspergillus* à savoir *Aspergillus flavus* et *Aspergillus niger*. Ces maladies peuvent entraîner une mortalité importante et réduisent les rendements de 25% à 50% (Pal *et al.*, 2014).

- **Morphologie**

Les *Aspergillus* sont caractérisés par une croissance rapide sur les milieux de culture classiques.

Après une incubation de 48 heures, on observe l'apparition des colonies plantes, constituées de courts filaments aériens, blancs ; après 96 heures de l'incubation les colonies vont développer une couleur caractéristiques qui peut être brune, verte, jaune, ou noire en fonction des espèces (Makhlouf, 2019).

Les colonies formées par *Aspergillus* sont généralement poudreuses ou granuleuses. La couleur des colonies peut parfois déterminer rapidement le sens de l'identification de champignons : comme *Aspergillus candidus* se présente en blanc, *Aspergillus ochraceus* et ocre, *Aspergillus niger* de couleur noire, (Figure 02) et d'autres telles qu'*Aspergillus glaucus* et *Aspergillus flavus* sont plutôt de teinte verte (Abo-Zed et Phan, 2020).

La caractéristique microscopique la plus couramment utilisée dans la taxonomie du genre d'*Aspergillus*, c'est la structure du port-spore sous la forme d'un goupillon. Lors de différenciation mycélienne quelques cellules se développent en augmentant leur taille et en formant une paroi cellulaire d'un épais volume sous forme de 'T' ou de 'L' appelée

« cellules de pied » (ne sont pas des cellules isolées) qui donner une seule conidiophore perpendiculaire à grand axe de la cellule. Cependant, dans certains cas, il est pénible de voir ‘la cellule pied’, Lorsque les morphologistes la considèrent que cela constitue une forte preuve que l’isolat est une espèce *Aspergillus* (Rahul et Jha, 2014).

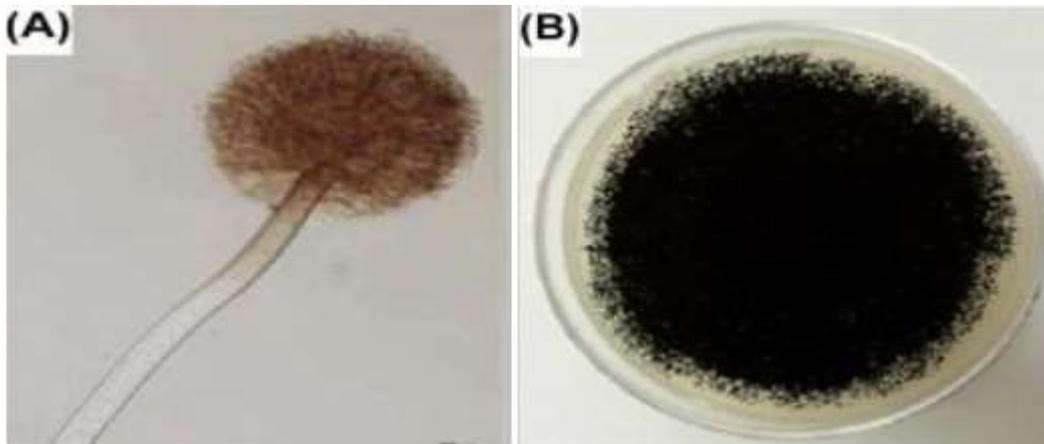


Figure 3 : Aspect macroscopique et microscopique d'*Aspergillus niger*, (A) *Aspergillus* conidiophores typiques avec une tête radiale; (B) Colonie sombre de *Aspergillus niger* sur le milieu PDA (Plascencia-Jatomeet *al.*, 2014).

- **Symptômes**

Ce Champignon est responsable de la détérioration des divers fruits et légumes (Metahni, 2012). L’infection commence généralement à l’extrémité du pédoncule ou à l’extrémité apicale du fruit, La pulpe affectée par ce pathogène devient très molle et prend une couleur brune à noirâtre accompagnée toujours des fructifications blanchâtres à orangées (Kouadio, 2017).

Les oignons sont considérés comme les légumes les plus sensibles et les plus touchées par *A. niger*. Cette moisissure à tendance à affecter plus sévèrement les oignons, entraînant des moisissures noires et une pourriture molle des bulbes (Kolberg *et al.*, 2000). (Figure 4)



Figure 4 : Moisissure noire due à *A. niger* Sur bulbe d'oignon (Kolberg *et al.*, 2000).

I.2.3. Le genre *Botrytis*

- **Généralité**

Les champignons de genre *Botrytis*, qui comprennent à présent environ de 35 espèces ont la capacité d'infecter plus de 1400 espèces végétales différents, entraînant des pertes dans diverses cultures d'importance économique (Valero-Jiménez *et al.*, 2019).

Il est composé d'un mycélium septes qui adopte une structure en forme de grappe (Nasraoui, 2008) son thalle présent une croissance extrêmement rapide, passant d'abord d'une couleur blanche à une teinte grise et finalement à un brun-noir (Botton *et al.*, 1990). Le développement de ce pathogène est favorisé par des conditions favorables, notamment une humidité relativement élevée ou idéale d'au moins 90%, ainsi température optimale comprise entre 18 et 20°C (Blancard *et al.*, 2021).

Les champignons phytopatogène *Botrytis cinerea* se situe à la frontière entre le saprophytisme et le parasitisme, répandu dans de nombreux environnements responsable de la maladie connue sous le nom de pourriture grise, capable d'entraîner la destruction totale ou partielle de la plante hôte (Ajouz, 2009).

- **Morphologie**

Sur le milieu PDA, ce pathogène se manifeste par des colonies initialement blanches qui acquièrent ensuite une couleur grise. Les conidies se caractérisent par des formes ovoïdes ou rondes, transparentes et mesurent entre 11 et 15 μm . Elles sont produites dans des bouquets au niveau de l'extrémité des conidiophores ramifiés. Il peut produire également des sclérotés qui sont des structures de forme irrégulières et noires (**Rosenberger, 1990**).

Le mycélium *B. cinerea* produit des filaments articulés brunâtres ou olivâtres, parfois cylindriques au niveau de la cloison médiane dont le diamètre varie énormément selon les conditions de développement des hyphes. Au niveau de stade fructification le mycélium, il produit des touffes de conidiophores grisâtres, ramifiés arrondis possédant des grappes de conidies (spores) qui se libèrent aisément par l'humidité transportées par courants d'air, aussi il produit des sclérotés irréguliers qui jouent un rôle majeur dans la survie du champignon ; ils se composent de deux parties distinctes la medula et le cortex (**Holz et al., 2004**).

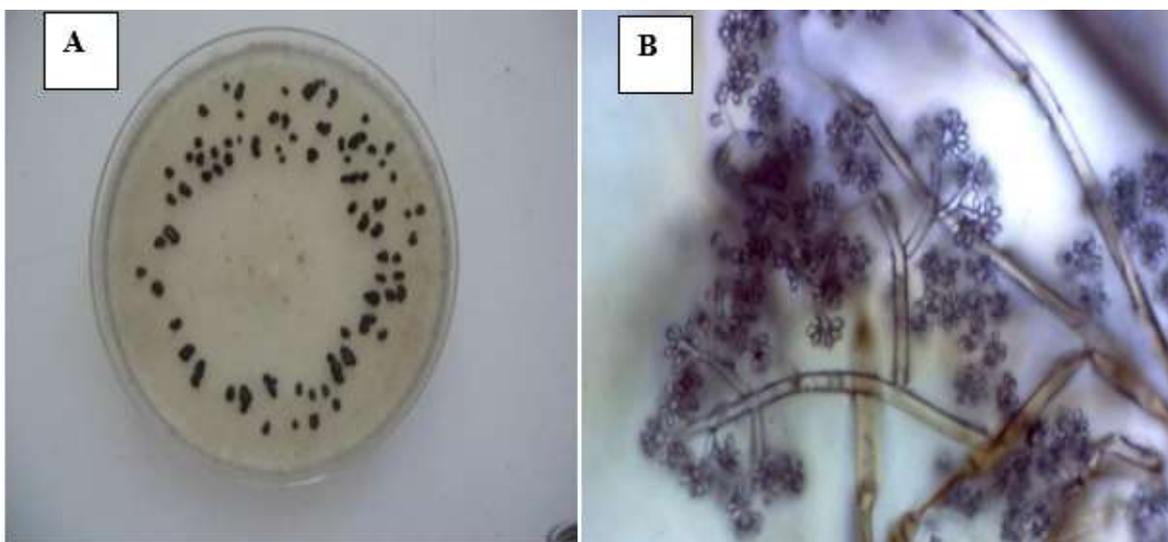


Figure 5 : Aspect macroscopique et microscopique de *Botrytis cinerea* , (A) sclérotés de *B. cinerea* observés sur le milieu PDA, (B) observation sous microscope de conidiophores de *B. cinerea*, portant à leurs extrémités des conidies (**Bryon, 2011**).

- **Symptômes**

Ce champignon pathogène, ubiquiste et très polyphage entraîne plusieurs symptômes de dépérissement sur diverses parties aériennes de la tomate et à tous les stades de développement (**Blancard et al., 2009**). Apparition d'un feutrage grisâtre sur les feuilles, tiges et même sur les fruits accompagné pas des taches brunes ainsi que des taches en

anneaux blanchâtres (tâches fantômes) peuvent aussi apparaître (Koike *et al.*, 2007). La pourriture grise provoque aussi le flétrissement et la mort des tissue infectés (Goyal *et Manoharachary*, 2014). (Figure 6).



Figure 6 : Symptômes provoquer par *B. cinerea* sur différentes hôtes (INRA).

I.2.4. Le genre *Fusarium*

- Généralité

Le genre *Fusarium* sont des champignons cosmopolites, il y a au moins 70 espèces de *Fusarium* définies et bien décrites (Munkvold, 2017), qui sont énormément répandu dans la nature et vivant en saprophytes, certains sont phytopathogènes tandis que beaucoup d'autre capable de produire des toxines dangereuses qui contaminant les denrées alimentaires, entraînant des maladies graves chez les animaux (Chabasse *et al.*, 2002).

Ces pathogènes figurent parmi les champignons les plus agressifs du sol qui peuvent provoquer des flétrissements et des pourritures des racines de nombreuses espèces végétales (Benhamou, 1997). *Fusarium* se développe principalement sur les plantes qui sont soit vieillissantes, soit affaiblies par le stress. Impliqué dans la pourriture des tiges, des fruites et du système racinaire. Capable de causer des infections qui sont réunies sous le nom de fusarioses (Heit, 2015).

- **Morphologie**

Les espèces appartenant au genre *Fusarium* peuvent être cultivés sur le milieu Sabouraud, mais leur croissance est plus vigoureuse sur le milieu PDA, la température optimale pour leur croissance se situe entre 22°C et 37°C. Les colonies présentent un aspect plat et une texture cotonneuse ou floconneuse. Selon les espèces (**Figure 7**), la couleur des colonies peut varier entre le blanc, le crème, le jaune, le brun, le rose, le rouge, le violet ou le lilas. Présence d'un pigment qui peut se diffuser dans la gélose (**Chabasse et al., 2002**).

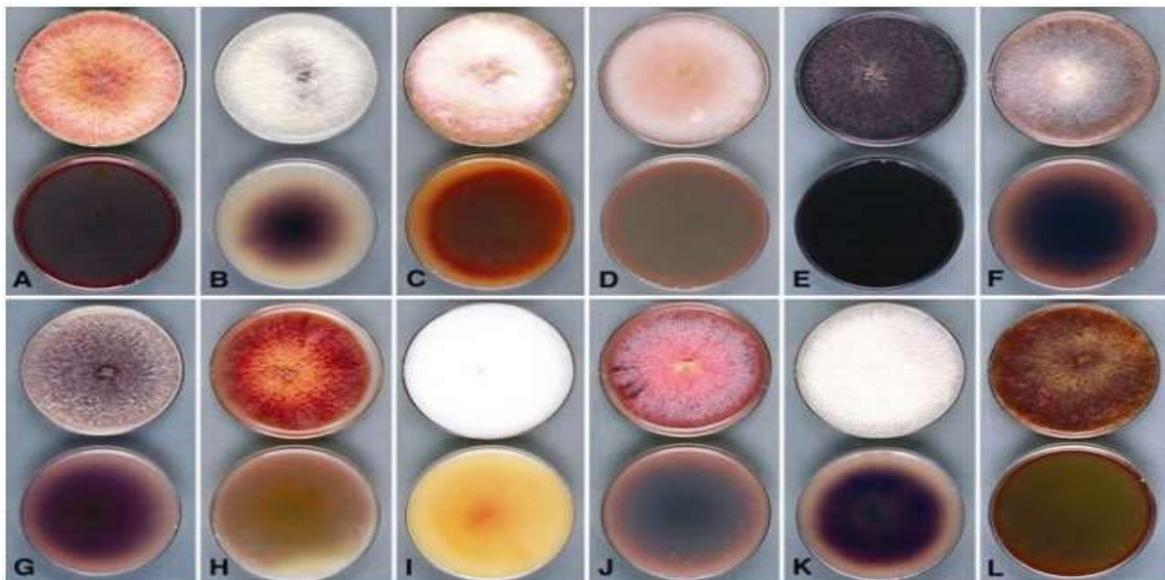


Figure 7 : Morphologie de colonies d'espèces de *Fusarium* sur milieu Potato Dextrose Agar.

La boîte du haut de chaque paire correspond au mycélium aérien, celle du bas à la vue de dessous (**Summerellet al., 2003**).

A, *F. poae*. **B,** *F. oxysporum*. **C,** *F. acuminatum*. **D,** *F. nelsonii*. **E,** *F. subglutinans*. **F,** *F. nygamai*. **G,** *F. pseudonygamai*. **H,** *F. lateritium*. **I,** *F. thapsinum*. **J,** *F. decemcellulare*. **K,** *F. verticillioides*. **L,** *F. culmorum*.

Des conidiophores courts, parfois très ramifiés se développent sur le thalle pour former des sporodochies qui portent des masses de spores. Les phialides (monophialides) sont plus ou moins allongées, capable d'avoir un ou plusieurs sites de bourgeonnement pour la

production des spores. Les cellules conidiogènes peuvent produire différents types de spores : macroconidies, micronides et chlamydo-spores (Chabasseet *al.*, 2002).

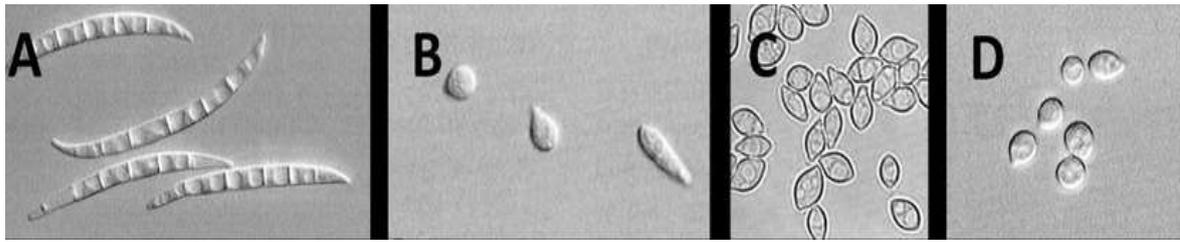


Figure 8 : Morphologie de conidies de *Fusarium*spp. Macroconidies de *F. graminearum*(A) et microconidies de *F. sporotrichioides*(B), *F. tricinctum*(C) et *F. poae*(D). (Leslie *et al.*, 2006)

- **Symptômes**

Les tissus infectés par fusariose présentent une coloration brune pâle ou noire et deviennent très secs. Les tubercules sont affectés pas de larges anneaux concentriques et déprimés, qui se déforment facilement sous une légère pression. Les tubercules complètement pourris se plissent et se momifient (**Figure 9**), les zones pourries sont généralement tapissées d'un mycélium blanc, rose ou bleuté typique des pathogènes du genre *Fusarium* (Richard et Boivin, 1994).



Figure 9 : Les Symptômes causés par *Fusarium solani* (Kerr, 2014).

I.2.5. Le genre *penicillium*

- **Généralité**

Le genre *penicillium* il comporte plus de 200 espèces, qui sont réparties en quatre sous-genres, qui appartient à la division des Deutéromycètes (**Reboux et al., 2010**). Certains de ces champignons possèdent des formes téléomorphes qui relèvent de l'embranchement des Ascomycètes dont les genres les plus typiques sont *Eupenicillium* et *Talaromyces* (**Yadav, 2018**).

Ce sont des moisissures saprophytes et polyphages, sont présents dans divers habitats, notamment dans le sol, et les matières organiques en décomposition, ils sont fréquemment retrouvés dans les denrées alimentaires comme les céréales, les arachides et les produits laitiers (**Storey et al., 2004**).

- **Morphologie**

Les milieux de cultures CYA et MEA sont propices à la croissance et au développement des espèces de genre *penicillium* (**Visagie, 2014**).

Les colonies de *penicillium* sont généralement duveteuses, poudreuses, de différentes couleur, principalement verts, mais parfois grises (**Figure 10**), jaunes ou roses, le revers peut être incolore ou foncé. Présence d'un pigment qui peut diffuse parfois dans la gélose (**Chabasse et al, 2002**).

Le mycélium végétatif de *penicillium* se compose de filaments hyalins, étroits et cloisonnés, peuvent se développer soit à l'air libre (aériens), soit dans un milieu liquide (submergés). Les conidiophores du thalle sont relativement étroits, simples ou ramifiés, et septés, portant une structure ramifiées et fructifiées à leur extrémité appelée le pénicille. Les phialides (cellules conidiogènes) peuvent être situées directement à l'extrémité du conidiophores ou sur un ou plusieurs niveaux de ramifications. Les cellules conidiogènes ont une forme de flacon avec une base renflée, à partir desquelles les conidies se forment sous la forme de chaînes non ramifiées (**Peberdy, 1987**).

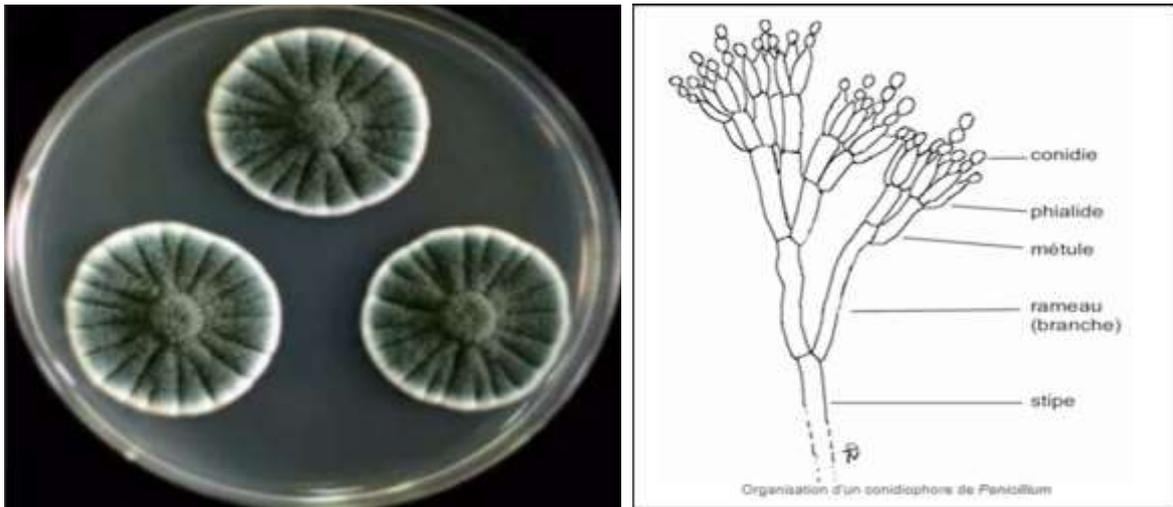


Figure 10 : Aspect macroscopique et microscopique de *Penicillium* (Kim *et al.*, 2007).

- **Symptômes**

L'infection par ce champignon se manifeste par la mauvaise circulation de la sève et la libération des toxines. Le flétrissement de la plante ou juste feuilles peut survenir uniquement pendant les périodes chaudes de la journée, la plante récupère sa turgescence pendant la nuit (Jean-P.B *et al.*, 1987).

Lors de la récolte, il est possible que les graines ne présentent aucun symptôme apparent, mais qu'elles se détériorent au cours de la période de conservation (champion, 1997).

I.3. Les autres phytopathogènes

Les champignons qui comprennent environ 8000 espèces, sont des organismes présentant une grande variété taxonomique en raison de l'organisation complexe de leurs organes végétatifs et de leur mode de reproduction. Leurs effets néfastes sur les plantes se manifestent par une diversité de symptômes qui peuvent affecter tous les organes de la plante, tels que la pourriture, la nécrose des feuilles et des fruits (Selosse et Gibert, 2011).

En plus des champignons, il existe d'autres agents phytopathogènes tels que les bactéries et les virus, les bactéries (environ 200) qui sont des organismes procaryotes dont les génomes sont portés par des chromosomes bactériens et des plasmides. Ces plasmides peuvent être transmis horizontalement entre les individus de la même espèce, ce qui permet le transfert de gènes de résistance. Certains plasmides contiennent également des gènes impliqués dans l'interaction pathogène entre la bactérie et la plante. Des exemples de bactéries

phytopathogènes comprennent *Agrobacterium*, *Rhizobium* et *Pseudomonas* (**Hélène, 2010**).

Les virus (plus de 500 espèces) ce sont des parasites intracellulaires stricts. Leur fonctionnement est souvent peu connu, les infections virales provoquent de nombreux types de symptômes (nécrosé, nanisme, chloroses...) qui sont parfois exploités en horticulture pour leur propriétés ornementales. Ces symptômes ne suffisent pas généralement à identifier l'agent pathogène car ils dépendent de milieu, de la variété de plante, et de la souche virales (**Selosse et Gibert, 2011**).

I.4. Les méthodes de lutte

I.4.1. La lutte culturale

La lutte culturale est généralement caractérisée par des changements édaphiques et climatiques tels que le pH, la température, l'humidité du sol ...etc. Les pratiques de lutte culturales pouvant réduire les maladies des plantes comprennent la fertilisation, l'irrigation, l'assainissement, le travail du sol et l'amélioration des conditions de croissance des cultures (**Chabrier et al., 2007 ; Niwas, 2021**), on citera à titre d'exemple :

L'irrigation, les méthodes d'irrigation peuvent avoir des effets importants sur le développement des maladies des plantes (**Rotem et Palti, 1969**). Dans des études comparatives de l'irrigation au goutte-à-goutte et à la rigole, l'incidence des champignons du genre phytophthora était plus élevé et le rendement commercialisable de poivron a été plus faible dans le système rigole que sous l'irrigation au goutte-à-goutte (**Xieetal., 1999**).

La rotation des cultures, est particulièrement efficace contre les maladies du sol, elle aide à réduire la quantité des champignons telluriques notamment *Fusarium* et *Verticilium*(**Guyader, 2020 ; Lepoivre, 2003**).

I.4.2. La lutte génétique

La lutte génétique, très utilisée ces dernières décennies, permet de créer des cultivars résistants en utilisant les ressources génétiques intra- et inter-espèces. (**Hammerschmidt, 2007**). Une résistance spécifique, très efficace contre un agent pathogène donné peut toutefois être rapidement contournée par mutation, particulièrement lors des cultures successives et prolongées. Une résistance plus générale quant à elle, n'est pas totale mais

ralentit la progression de la maladie causées par un grand nombre d'agents pathogènes (Hanemian, 2012).

I.4.3. La lutte chimique

La lutte chimique est une méthode de lutte efficace et indispensable pour lutter contre les champignons phytopathogènes (Leroux *et al.*, 2003). Elle est basée sur l'application de fongicides (Waardet *al.*, 1993), est conçus pour détruire, affaiblir, ou réprimer les champignons (Ajouz, 2009). Ces produits peuvent avoir un effet fongistatique ou fongicide (Smilanick, 2004). Actuellement, la lutte chimique est le moyen le plus utilisé pour la défense des végétaux 78600 tonnes de substances actives ont été épandues en France en 2008, en majorité des herbicides et des fongicides (Eliane, 2010).

Les fongicides sont utilisés pour prévenir la propagation des champignons pathogènes, ils permettent de lutter contre les maladies cryptogamiques qui causent de graves dégâts sur les cultures (Cairns *et al.*, 1996). Parmi les traitements utilisés pour l'application des fongicides on citera à titre d'exemple traitements du sol pour être traité pour contrôler différentes maladies transmises par le sol, telles que fonte des semis, brûlures de plantules, qui sont causée par des champignons comme *Fusariumetverticilium* (Nasraoui, 2006). Traitement des semences avec les fongicides était utilisé pour le contrôle des pathogènes véhiculés sur/dans les semences et ceux existant dans le sol (Nasraoui, 2006). Traitement des produits en conservation, plusieurs fongicides peuvent être utilisés en dépôts sous forme de gaz ou cristaux et poudre qui se subliment en gaz (Nsraoui, 2006).

L'utilisation excessive des produits phytosanitaires a eu dans certaines situations, des conséquences inattendues sur la santé humaine et pour l'environnement telles que, la pollution importante des écosystèmes et problèmes de santé publique causé par le chlordécone, aux Antilles (Dallaire *et al.*, 2012). Effet sur la santé humaine, plusieurs études expérimentales ou épidémiologiques laissent supposer un risque important d'atteinte par certaines formes de cancer à la suite de l'exposition chronique à certains pesticides couramment utilisés. Les types de cancers les plus souvent cités sont le cancer de cerveau, de poumon, de foie, de l'estomac et la leucémie (Capkin *et al.*, 2006). Effet sur l'environnement, d'un point de vue écologique, les pesticides ne sont pas des produits anodins. En effet, ils sont responsables de nombreux effets toxiques secondaires causant des risques potentiels pour l'environnement (Relyea, 2009).

I.4.4. Lutte biologique

La lutte biologique peut être définie par l'utilisation d'organismes vivants ou de leurs produits pour empêcher ou réduire les pertes causés par des organismes nuisibles (**Fravel, 2005 ; Paulitz et Bélanger, 2001**). La lutte biologique est faite pour l'encouragement des ennemis naturels dans le but de réduire l'utilisation des pesticides, et vers une exploitation agricole intégrée et respectueuse de l'environnement (**Smeesters et al., 2000**), elle a un rôle majeur dans le contrôle des maladies phytopathogènes.

La protection assurée par un microorganisme de lutte biologique s'appuie sur un ou plusieurs mécanismes d'action tels que la compétition, l'antibiose, le parasitisme, la diminution de l'agressivité du pathogène et l'induction de la résistance chez la plante, l'étude de ces mécanismes d'action est une étape importante dans le développement de la lutte biologique (**Jijakly, 2003**).

Parmi les microorganismes utilisés dans la lutte biologique contre les champignons phytopathogènes on citera les genres bactériens tels que *Bacillus*, *Pseudomonas*, fait leurs preuves dans le contrôle des maladies des plantes, les bactéries de la rhizosphère sont d'excellents agents pour contrôler les agents phytopathogènes transmis par le sol (**Ashwini et Srividya, 2014**). D'autres microorganismes tels que les champignons, nous pouvons citer *Trichoderma Spp.* l'antagonisme de *Trichoderma* a prouvé son efficacité en tant qu'agent de lutte biologique contre un large spectre de pathogènes, ils agissent par la production d'enzyme lytique, la production d'antibiotiques, la compétition spatiale et nutritionnelle (**Eladet et al., 1999**).

La lutte biologique présente de nombreux avantages des points de vue environnementaux, sociaux et économiques, elle est efficace, permet de restreindre ou d'éliminer l'utilisation des pesticides chimiques, moins toxique que les pesticides chimiques, permet de diminuer les risques d'apparition de résistances aux produits chimiques (**Lefort, 2010**).

I.4.5. Lutte intégrée

La lutte intégrée est une approche stratégique basée sur l'expérimentation et l'observation pour contrôler les cultures en harmonie avec leur environnement, elle prend en considération toutes les méthodes phytosanitaires disponibles (mécaniques, chimiques et biologiques...etc (**Adli, 2017**). Elle se caractérise par une action de lutte contre les organismes nuisibles tels que les champignons, bactéries, virus... (**Firlej et al., 2001**).

Cette stratégie permet une meilleure protection des cultures tout en minimisant toutes les contraintes liées aux différents modes de lutte utilisés individuellement et à priori une plus grande durabilité (**Lepoivre, 2001**).

Matériels et méthodes

II.1. Matériels utilisés

II.1.1. Matériel Biologique

Dans ce présent travail, Nous nous sommes intéressées à l'étude de l'activité antifongique *in vitro* de quatre formules issues des produits d'origine naturelle (F1, F2, F3 et F4) ont été fournis par EURL ARCO IRIS, spécialisée dans la fabrication de produits de blanchiment et de produits d'entretien et connexes. La composition détaillée des quatre formules a été illustrée dans le **Tableau II**.

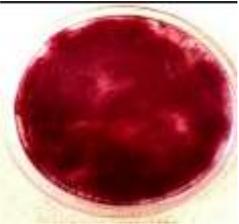
Tableau II: La Composition des produits naturels testés selon les fiches techniques.

Formule 1	Formule 2	Formule 3	Formule 4
-Tensioactif amphotère	-Tensioactif amphotère	-Tensioactif amphotère	-Tensioactif amphotère
-Acide citrique	-Acide citrique	-Acide citrique	-Acide citrique
-Acide lactique	-Acide lactique	-acide lactique	-Chitosane
-Vinaigre de cidre	-Vinaigre de cidre	-propolis	-propolis
-Chitosane			

II.1.2. Matériel fongique

Un total de cinq isolats de champignons phytopathogènes ont été utilisés dans cette étude. Le choix a été fait sur la base de l'importance des dégâts et des pertes engendrés sur les cultures maraichères et fruitières (**Tableau III**). Les souches utilisées dans cette étude ont été fournies par le laboratoire d'Ecologie Microbienne de L'université de Béjaïa qui ont été isolés à partir des légumes.

Tableau III: Les champignons phytopatogènes utilisés.

<i>Alternaria sp</i>	<i>A. niger</i>	<i>B. cinerea</i>	<i>F. oxysporum</i>	<i>Penicillium sp</i>
				

II.2. Choix et préparations des milieux de cultures

II.2.1. Milieu Malt-agar

Au cours de notre expérimentation nous avons utilisé le milieu Malt-Agar. Le choix de ce milieu de culture a été fait sur la base de sa disponibilité et son adéquation pour un bon développement des champignons utilisés (**Annexe 1**).

II.2.2. Milieu agar blanc

Il consiste à suspendre dans 500 ml d'eau distillée, 8g d'agar blanche. La solution a été chauffée sous agitation constante, jusqu'à dissolution complète puis stérilisée à l'autoclave à 120°C pendant 15 min (**Annexe 2**).

II.3. Repiquage des isolats

Pour chaque isolat, un total d 1ml d'une suspension de spores a été déposé sur des boîtes de pétri contenant le milieu Malt-agar. Les boîtesensemencées ont été placées dans l'étuve réglée à 22°C pour *B. cinerea* et à 25°C pour *A. niger* ; *Alternaria sp* ; *F. oxysporum* et *Penicillium sp* pendant 3-6 jours.

II.4. Evaluation de l'activité antifongique

II.4.1. Préparation des suspensions sporales

Les suspensions des cinq champignons utilisés (*Alternaria sp* ; *A. niger* ; *B. cinerea* ; *F. oxysporum* et *Penicillium sp*) ont été préparés à partir des cultures jeunes (âgées de 3-6 jours). Après la période d'incubation, pour chaque boîte 4 ml d'eau distillée stérile ont été ajoutés à la surface de chaque boîte. A l'aide d'un râteau étaleur en verre stérile la surface des colonies a été raclée soigneusement pour décoller les spores. Les suspensions des

spores ont été prélevées par une micropipette, introduites dans des tubes Eppendorf stériles, puis vortexées pendant quelques secondes.



Figure11 : Les étapes de la préparation des suspensions fongiques.

II.4.2. Préparation des concentrations des produits naturels

Un total de cinq concentrations a été préparé pour chaque produit afin de rechercher la relation qui pourrait exister entre la concentration des produits naturels et le diamètre de la zone d'inhibition (**Tableau IV**).

TableauIV: Les concentrations des produits naturels utilisées.

Concentrations	Volumes
Témoin	1000 μ l EDS
25%	250 μ l PN + 750 μ l EDS
50%	500 μ l PN + 500 μ l EDS
75%	750 μ l PN + 250 μ l EDS
100%	1000 μ l PN + 0 μ l EDS

II.5. Test des puits

La méthode utilisée implique l'application de cette technique sur les quatre produits naturels testés et les cinq souches fongiques étudiées. Elle consiste à diffuser les produits dans le milieu de cultureensemencé par les champignons à travers des puits. Le protocole suivi est celui de (Wilkinson, 2006).

Dans chaque boîte de Pétri de 90 mm de diamètre, préalablementensemencée de manière aseptique avec le champignon, en utilisant une suspension sporale (1ml/boîte d'une suspension de spores préparée le jour même du test) par un écouvillon, trois puits ont été formés dans chaque boîte à l'aide d'un embout jaune stérile. Un total de 20 µl de gélose blanche a été introduit dans chaque puits, après solidification de la gélose, 50 µl de chaque concentration de produit naturel a été ajouté (100%, 75%, 50% et 25%).préparation d'un témoin (traitée avec de l'eau distillée stérile sans ajout de produit). Il est à noter que 3 répétitions sont réalisées dans chaque boîte, Ensuite les boîtes sont incubées à une température de 22°C pour *B. cinerea* et de 25°C pour les autres champignons tels que *A. niger*, *Alternaria sp*, *F. oxysporum* et *Penicillium sp*. Les résultats sont lus en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition autour des puits après 48 heures, 72 heures et 144 heures.

II.6. Traitement des données

Les résultats de chaque test ont été convertis en AUDPC (Area Under the Disease Progress Curves), qui représente la surface sous la courbe de progression de la maladie. Cette conversion a été réalisée en utilisant la formule suivante:

$$\text{AUDPC} = \left[Y_1 / 2 + \sum_2^{n-1} Y_j + Y_n / 2 \right] [I]$$

Avec :

Y_j : la surface de la lésion (en mm²) au temps d'observation j .

n : le nombre total d'observations.

I : l'intervalle de temps entre chaque observation (en heures).

L'AUDPC, exprimée sans unité.

II.7. Etude statistique

Matériels et méthodes

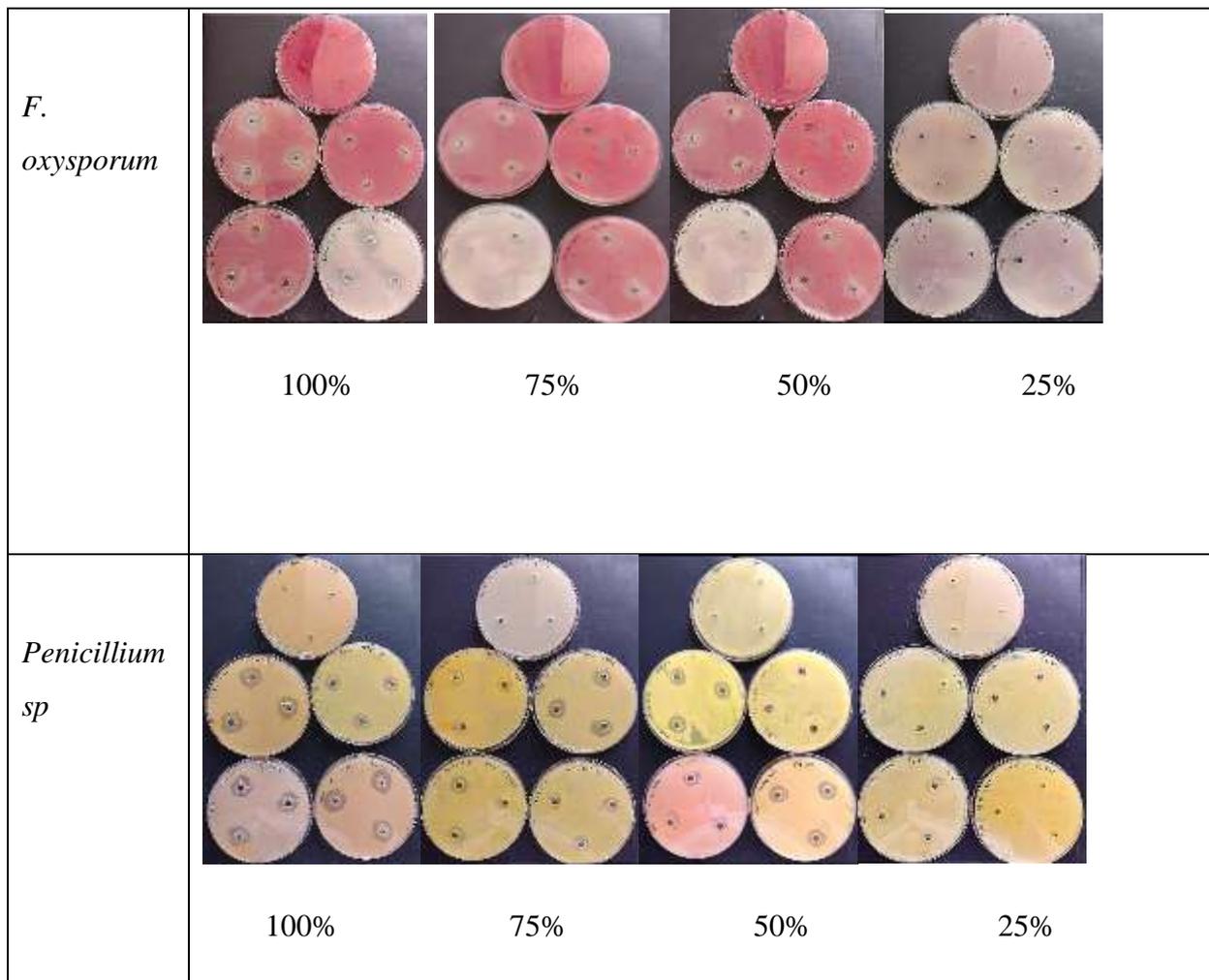
Sur la base des zones d'inhibitions qui ont été transformées en AUDPC, une moyenne a été calculée pour chaque isolat. Afin de savoir s'il existe ou non une différence significative de l'activité antifongique des quatre produits naturels testés à différentes concentrations sur les cinq champignons, le test d'analyse de la variance LSD de TUKEY a été appliqué à l'aide du logiciel STATISTICA ver 7.1.

Résultats et Discussion

III.1. Action des produits naturels sur la croissance mycélienne des isolats testés

III.1.1. Action de la formule1 sur la croissance mycélienne

L'activité antifongique sur la croissance mycélienne des produits naturels (F1, F2, F3 et F4) à été évaluée *in vitro* vis-à-vis de cinq champignons phytopathogènes ; exprimée en AUDPC (Area Under the Disease Progress Curves) après transformations des zones d'inhibitions obtenues *in vitro* (Figure 12).



Résultats et Discussion

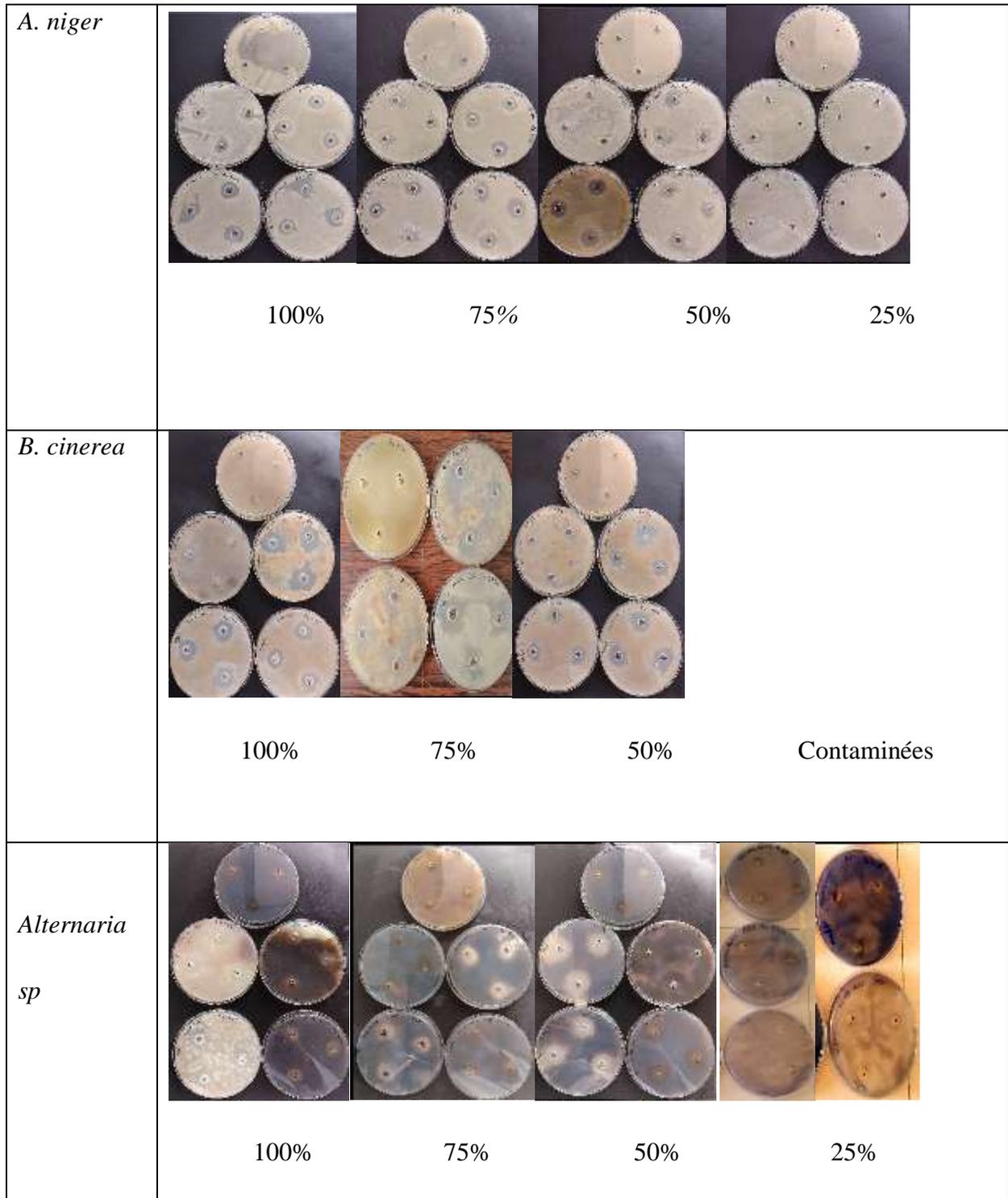


Figure12 : Effet de l'activité antifongique sur les cinq isolats testés à différentes concentrations.

Les résultats indiqués dans la **(Figure 13)** montrent que la concentration de 100% de la formule 1 est très efficace, démontre une forte action inhibitrice sur l'isolat de *B. cinerea* avec une AUDPC moyenne de 8,36, suivi par *penicillium sp* et *Alternaria sp* à une

concentration de 50%. L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p < 0,05$) entre les différentes concentrations testées.

Une réduction de l'action inhibitrice a été observée pour *B. cinerea*, *A. niger* et *Alternaria sp* à des concentrations de 75% et 50%, avec des valeurs moyennes d'AUDPC respectives de 5,96, 5,63, 5,40 et 4,76. Aucune activité antifongique sur la croissance mycélienne n'a été observée pour les isolats de *B. cinerea*, *A. niger*, *Penicillium sp*, *F. oxysporum* et *Alternaria sp* lorsqu'ils ont été exposés à une concentration de 25%. Il a été noté que les témoins utilisés n'ont révélés aucune activité.

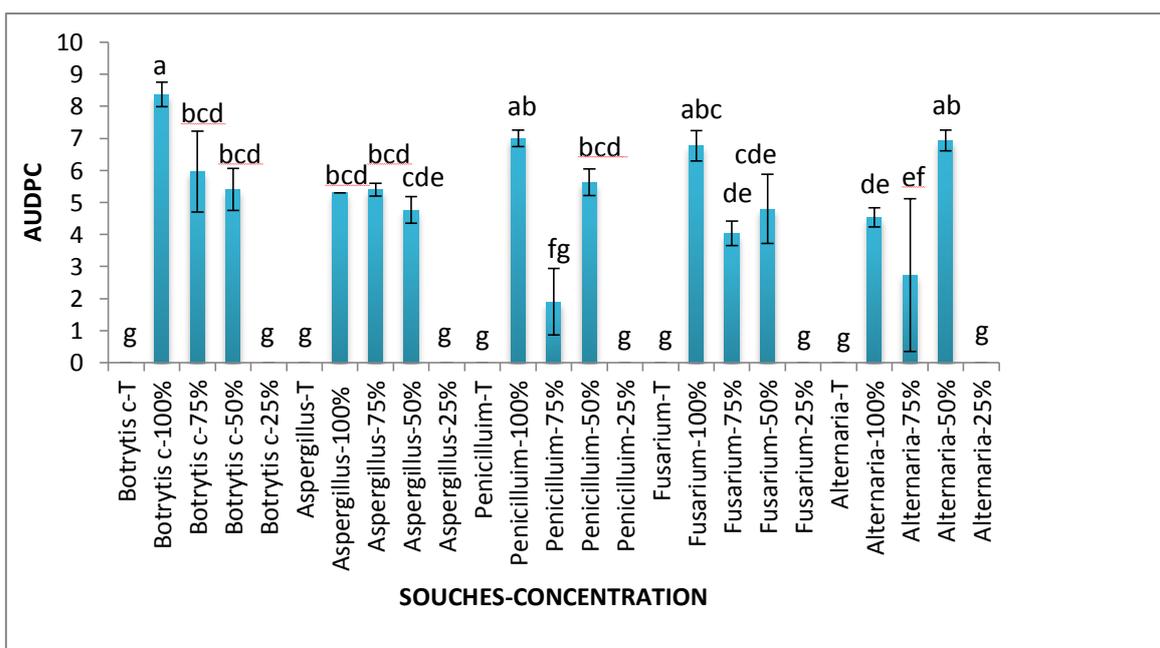


Figure 13 : Résultats de l'activité antifongique *in vitro* (sur la croissance mycélienne) testée avec formule 1 sur les cinq isolats. L'AUDPC moyenne a été déterminée pour chaque isolat. Les barres représentent l'erreur standard des moyennes.

III.1.2. Action de la formule 2 sur la croissance mycélienne

Les résultats indiqués dans la (Figure 14) montrent que la concentration de 100% de la formule 2 est très efficace contre *B. cinerea*, avec une AUDPC moyenne de 8,53. Cela est suivi par *Alternaria sp*, à la concentration 100%, *Penicillium sp* à la concentration de 75% et *B. cinerea* à 50%. L'analyse statistique a révélé une différence significative ($P < 0,05$).

Une réduction de l'activité inhibitrice est observée pour *F. oxysporum* à la concentration de 100%, *Alternaria sp* à la concentration de 50% et *A. niger* à 75%, avec des valeurs moyennes d'AUDPC respectives de 4,73, 4,23 et 2,66. À la concentration 25% aucune

activité antifongique n'a été observée sur les isolats, à l'exception d'*A. niger* avec une AUDPC moyenne de 4,93. Il a été noté que les témoins utilisés n'ont révélés aucune activité.

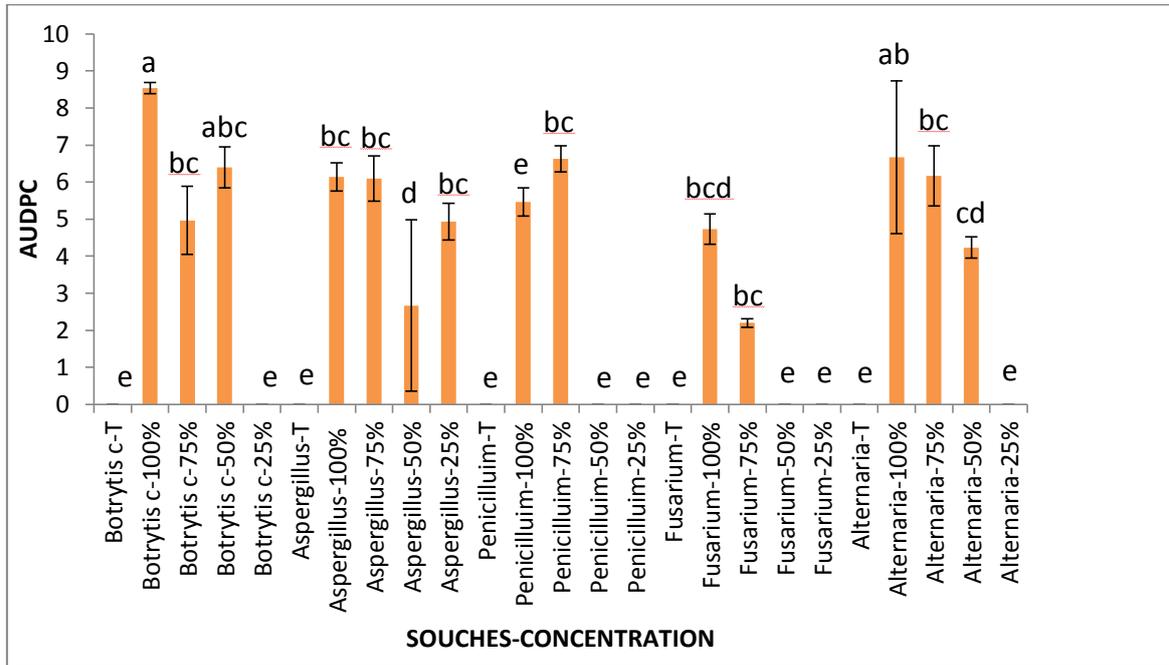


Figure14 : Résultats de l'activité antifongique *in vitro* (sur la croissance mycélienne) testée avec formule 2 sur les cinq isolats. L'AUDPC moyenne a été déterminée pour chaque isolat. Les barres représentent l'erreur standard des moyennes.

III.1.3. Action de la formule 3 sur la croissance mycélienne

Les résultats indiqués dans la (Figure 15) montrent que la concentration de 100% de la formule 3 est très efficace exerce une action inhibitrice plus forte sur les isolats suivants : *Penicillium sp*, *A. niger* et *B. cinerea*, avec des valeurs moyennes d'AUDPC respectives de 7,3, 6,5 et 6,3, cela est suivi par *A. niger* à la concentration de 75%. L'analyse statistique a montré une différence significative ($p < 0,05$).

Une réduction de l'action inhibitrice a été observée pour *F. oxysporum* à la concentration de 100% et *B. cinerea* à une concentration de 75%, avec des valeurs moyennes d'AUDPC respectives de 4, 3,4 et 3,2. À la concentration de 25% aucune activité antifongique n'a été observée sur tous les isolats, à l'exception d'*A. niger* avec une AUDPC moyenne de 4. Il a été noté que les témoins testés n'ont révélés aucune activité antifongique.

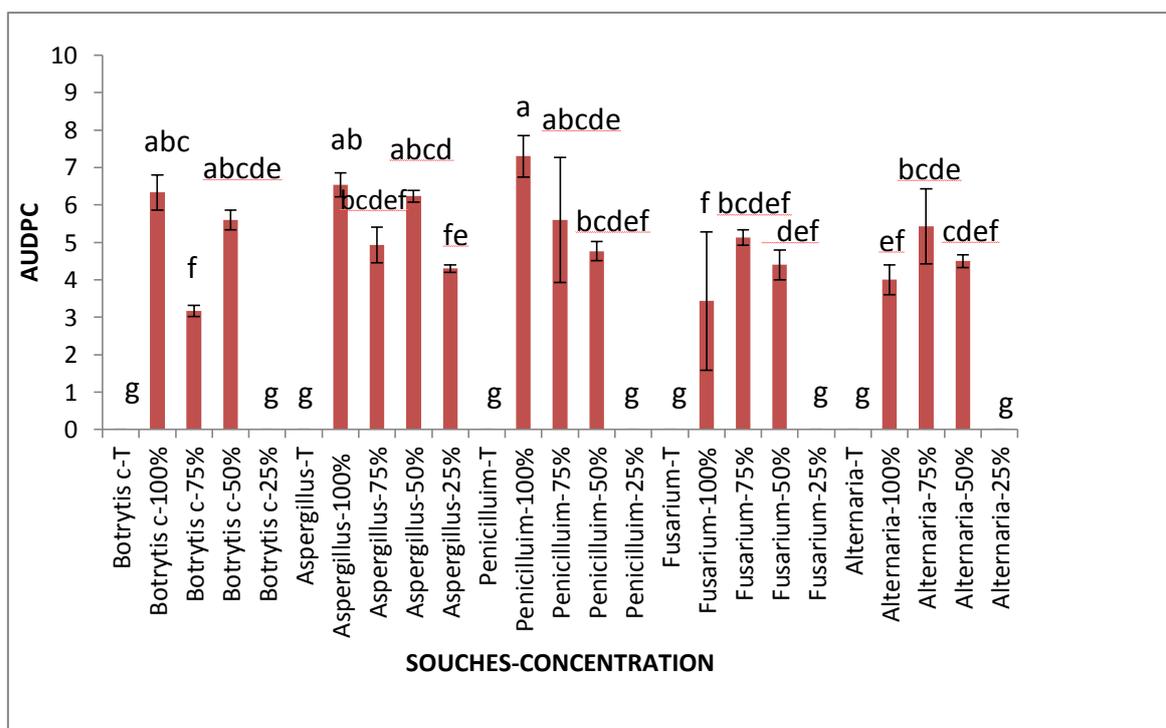


Figure15: Résultats de l'activité antifongique *in vitro* (sur la croissance mycélienne) testée avec formule 3 sur les cinq isolats. L'AUDPC moyenne a été déterminée pour chaque isolat. Les barres représentent l'erreur standard des moyennes.

III.1.4. Action de la formule 4 sur la croissance mycélienne

Les résultats indiqués dans la (Figure 16) montrent que la concentration de 100% et 50% de la formule 4 est très efficace une action inhibitrice très forte à été exercé sur *B. cinerea*, suivi par *Penicillium sp* à la concentration de 100% et *A. niger* à 100% et 50%, avec des valeurs moyennes d'AUDPC respectives de 8,20, 8,16, 7, 30, 6,40 et 6,36. L'analyse statistique a montré une différence significative ($P < 0,05$).

Une réduction de l'action inhibitrice a été observée pour *Alternaria sp* à la concentration de 75% et 50% suivi de *F. oxysporum*, avec des valeurs moyennes d'AUDPC respectives de 3,56, 3 et 0,36. Aucune activité antifongique sur la croissance mycélienne n'a été observée pour les isolats suivants : *B. cinerea*, *A. niger*, *Penicillium sp*, *F. oxysporum* et *Alternaria sp* lorsqu'ils ont été exposés a la concentration de 25%. Il a été noté que les témoins utilisés n'ont révèlés aucune activité.

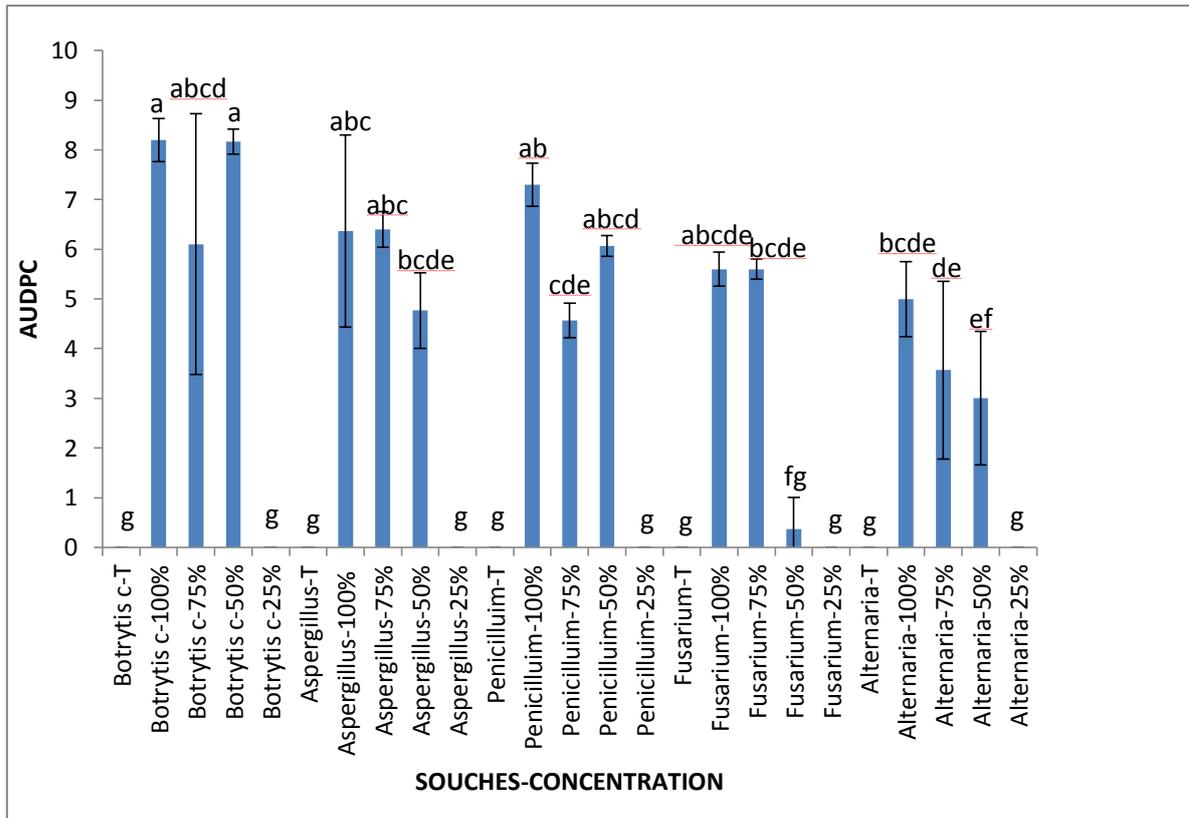


Figure16 : Résultats de l’activité antifongique *in vitro* (sur la croissance mycélienne) testée avec formule 4 sur les cinq isolats. L’AUDPC moyenne a été déterminée pour chaque isolat. Les barres représentent l’erreur standard des moyennes.

La recherche de nouvelles substances naturelles ayant une bonne efficacité biologique contre les maladies fongiques devient l’un des plus grands enjeux scientifiques.

La concentration de 100% des trois produits (F1, F2 et F4) testés s’est révélée être la plus efficace contre *B. cinerea* avec des AUDPC moyenne allant respectivement de 8,53, 8,36 et 8,20. De plus, le produit F3 a démontré une efficacité notable sur *Penicillium sp* avec une AUDPC moyenne de 7,3.

Dans une autre étude est menée par **Camele et al., (2012)**, il été constaté que la croissance mycélienne de *B. cinerea* était totalement inhibé en présence de certaines molécules actives des huiles essentielles d’origine végétale, à des concentration de 150 et 250 ppm (%). D’autres études portant sur l’effet antifongiques des huiles essentielles ont également rapporté que les espèces fongiques étaient sensibles à l’augmentation de la concentration de l’huile essentielle dans le milieu de culture (**Boutarfia et Benyahia 2015**). Une fois la

dose est augmentée, le diamètre de la colonie fongique augmente progressivement jusqu'à atteindre une inhibition totale. **Karagöz et al., (2010)**, ont constaté que plus la concentration de produits augmente plus le diamètre de la zone d'inhibition est importante.

De même que l'activité antifongique à la concentration 75% et 50% a montré un pouvoir antifongique non négligeable sur la croissance mycélienne des isolats testés. Nous avons noté une différence significative à ces concentrations ($P < 0,05$).

À la concentration de 25% les produits F1 et F4 ont été inefficaces contre l'ensemble des isolats testés, à l'exception d'*A. niger* qui a montré une activité antifongique avec les produits F2 et F3. Une autre étude sur les huiles essentielles, menée par **Hmiri, (2003)** ; **Viuda et al., (2008)**, a rapporté que la diminution de la concentration des huiles essentielles d'agrumes entraîne une réduction du pouvoir inhibiteur sur l'ensemble des espèces fongiques. De plus, **Chen et al., (2019)**, ont signalé que divers substances exogènes telles que l'acide cinnamique, le chitosane et natamycine pouvant améliorer la résistance aux espèces phytopathogène, comme *F. oxysporum* et *A. niger* (**Czechowska-biskup et al., 2021**).

L'évaluation de l'activité antifongique *in vitro* de ces produits naturels ont révélés que leur AUDPC moyenne varie selon plusieurs facteurs, dont la nature et la concentration de produits testé ainsi que de la souche fongique utilisée. La différence du pouvoir pathogène fongique des différents produits peut être attribuée à leurs compositions biologiques.

Par ailleurs, des études sur les huiles essentielles ont été réalisé par **Consentino et al., (1999)**, rapportent que l'effets synergiques ou antagonistes entre certains composants peuvent influencé l'activité antimicrobienne des huiles.

La propolis possède des propriétés fongicides elle est fortement susceptible d'inhibé la croissance des champignons tels que *A. Niger* (**Boudel, 2017**). Le potentiel de antifongique de la propolis est attribué à ses polypénoles (**Dandiya et al., 1991**), dans notre cas les produits F3 et F4 semblent efficaces sur la souche d'*A. Niger* à des concentrations élevées.

(**Rossant, 2011**), ont démontré que le miel est capable d'éliminer les toxines notamment celles d'origines fongiques, a une action sur la croissance des moisissures comme *A. niger*, *Penicillium sp.*

Résultats et Discussion

Les résultats obtenus sont encourageants et suggèrent l'utilisation des produits naturels comme agents antifongiques potentiels pour la lutte contre les espèces fongiques.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Dans le cadre de la recherche des produits naturels pouvant substituer les produits chimiques utilisés dans le traitement des plantes, en raison de leurs effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine. Notre étude a été portée sur évaluation de l'activité antifongique *in vitro* des quatre produits d'origines naturelles à l'égard de cinq champignons phytopathogènes : *Alternaria sp*, *A. niger*, *B. cinerea*, *F. oxysporum* et *Penicillium sp*.

Les résultats obtenus par la technique de contact direct à travers le test des puits, ont montré que F1, F2, F3 et F4 ont exercés une activité inhibitrice vis-à-vis des isolats fongiques. L'activité antifongique à la concentration 100%, 75% et 50% est importante et non négligeables pour les quatre produits, par contre à la concentration 25% des produits F1 et F4, l'AUDPC moyenne est de 0 pour les isolats suivants : *Alternaria sp*, *B. cinerea*, *F. oxysporum*, *Penicillium sp* et *A. niger*. Par contre les résultats obtenus pour F2 et F3 sur *A.niger* ont révélés une activité antifongique avec une AUDPC moyenne allant respectivement de 4,93 et 4.

Effectivement, l'activité des quatre produits augmente d'une manière significative avec l'augmentation de la concentration, cela suggère l'existence d'une corrélation positive entre la concentration du produit et son activité antifongique.

Comme il existe une spécificité des produits sur les cinq isolats fongiques. Chaque champignon phytopathogène peut avoir des mécanismes de résistance ou de sensibilité spécifique aux produits antifongiques. Certains produits peuvent être plus efficaces contre certains champignons que d'autres. Le produit F4 est le plus efficace par rapport aux produits F1, F3 et F4 sur *B. cinerea* avec une AUDPC de 8,5.

En perspective, il serait intéressant de pousser les études pour :

- S'assurer de l'efficacité des produits naturels en effectuant d'autres essais.
- Déterminer la concentration minimale inhibitrice de l'activité antifongique.
- Envisager et élargir de l'échantillonnage sur les bactéries phytopathogènes.
- Etudier la toxicité des produits testés à différentes concentrations.
- Réaliser des tests sur les plantes et les feuilles permet de mieux évaluer l'efficacité et les effets des produits sur les organismes vivants dans des conditions réelles.

*Références
bibliographiques*

A

1. **Abeer, H., Abdallah, EF., AL-huqail, A., Alqarawi, A., (2014).** Report and characterization of *alternaria alternate* (fr.) keissler on *avicennia marina* (forsk) vierh forests of industrial yanb'acity,SaudiArabia.Pak J, 46 (2): 725-34.
2. **Achetbi, H., (2021).** Les Alternarioses (*Alternariaspp.*) des agrumes : Diagnostic et méthodes de lutte. In IAV.
3. **Ademosun, A. O., Oboh, G., Olasehinde, T. A., & Adeoyo, O., (2018).** From folk medicine to functional food: A review on the bioactive components and pharmacological properties of citrus peels. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 18(1), 9-20.
4. **Adli, M. (2017).** La lutte intégrée, une méthode à considérer, journal gestion et technologie agricole (GTA).
5. **Agrios, G., N. (2005).** Plant Pathology.5th Edition. Elsevier Academic Press, USA UK.
6. **Ajouz S. (2009).** Estimation du potentiel de résistance de *Botrytis Cinerea* à des biofongicides. Thèse de Doctorat. Sciences. Université d'Avignon et des pays de Vaucluse. France.
7. **Aleksic B, Bailly S, Draghi M., (2016).** Production of four macrocyclictrichothecenes By *Stachybotryscharta-* rum during its development on different building materials as measured by UPLC-MS/MS. *Build Environ* 106:265-273.

B

8. **Belhadi, A., Mehenni, M., Reguieg, L. and Yakhlef, H., (2016).** Pratiques Phytosanitaires des *serristes maraichers* de trois localités de l'est des Ziban et leur impact potentiel sur la santé humaine et l'environnement. *Revue.Agric*, 109-16.
9. **Benchabane, M., Toua, D., Bensaid, F., (2011).** Action Des *Pseudomonas Spp.* Fluorescents Dans La Modulation De La Réceptivité Du Sol A *FusariumOxysporum*. *AGROBIOLOGIA*. 1(2): 34-36.
10. **Blancard, D., Laterrot, H., Marchoux, G., and Candresse, T., (2009).** 'Les maladies de la tomate, identifier, connaitre et maitriser'. Quae (Paris), p 691.
11. **Blancard, D., Sorel, M., Fermaud, M., (2021).** Biologie, Epidémiologie. INRAE.

Références bibliographiques

12. **Botton B., Breton A., Fèvre M., Gauthier S., Guy P., Larpent J.P., Reymond P., Sanglier. J., Vayssier, Y. et Veau P., (1990).** Moisissures utiles et nuisibles Importance industrielle. Ed : Masson. Paris. p512.
13. **Bryon Florian., (2011).**Caractérisation des populations de *Botrytis cinerea* issues de cultures de laitues et de tomates sous abris. 4p

C

14. **Cantharide, C., (2020).** Grenouilles et légionnaires. (S. d.). Consulté 5 juillet 2023, à l'adresse <http://www.sciencepresse.qc.ca/blogue/2012/04/08/cantharide-cantharidine-grenouilles-legionnaires>.
15. **Cee-Onu., (2011).** Guide de la CEE-ONU sur les maladies, parasites et défauts des plants de pomme de terre.
16. **Chabasse, D., Bouchara, J., P, De Gentile L, Brun, S., Cimon, B., et Penn, P. (2002).** Les moisissures d'intérêt médical, cahier de formation en biologie médicale n°25. P 29, 78-84.
17. **Chabrier, C., Mbolidi-Baron, H., Wicker. (2007).** Techniques de lutte alternatives.
18. **Cucu, M. A., Gilardi, G., Pugliese, M., Gullino, M. L., & Garibaldi, A. (2020).** An assessment of the modulation of the population dynamics of pathogenic *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* in the tomato rhizosphere by means of the application of *Bacillus subtilis* QST 713, *Trichoderma sp.* TW2 and two composts. *Biological Control*, 142, 104158.

D

19. **Dallaire R. G., Mukle F., Rouget P., Kadhel H., Bataille L., Guldner S., Seurin V., Chajes C., Monfort O., Boucher J. P., Thome S., Jacobsen W., Multigner L et Cordier S., (2012).** Cognitive, visual, and motor development of month-old Guadeloupean infant exposed to chlordécone. *Environmental Research*. 118: 79:85.
20. **Deacon, J., W., (2006).** Fungal biology. 4^{ème} édition. Institut of cell and Molecular Biology. Université of Edinburgh.
21. **Diener, A., C, Ausubel, F., M., (2005).** Resistance to *Fusarium oxysporum* a dominant Arabidopsis disease-resistance gene is not race-specific. *Genetics* 171: 305-321.

Références bibliographiques

22. **Do Kim, J., Kang, J. E., & Kim, B. S., (2020).** Postharvest disease control efficacy of the polyene macrolide lucensomycin produced by *Streptomyces plumbeus* strain CA5 against gray mold on grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 162, 111115.

F

23. **Fravel, D., R., (2005).** Commercialization and implementation of biocontrol. Annu. Rev. Fusariose des céréales en Algérie. INPV Institut National de la protection des végétaux.

G

24. **Gauthier, A., (2016).** Les mycotoxines dans l'alimentation et leur incidence sur la santé. Thèse de Doctorat. Université de Bordeaux, France. p 30-31.
25. **Gerhardson, B., (2002).** Biological substitutes for pesticides. *Trends in Biotechnology*. 20. (8): 338-343.
26. **Goyal, A. and Manoharachary, C. (eds) (2014).** 'Future challenges in crop protection against fungal pathogens'. *Springer New York*, (London), p. 364.
27. **Guyader, S. (2020).** Maladies cryptogamiques : Méthodes de lutte. Master Biologie - Sante, hal-02791127.

H

28. **Hammerschmidt, R. (2007).** Introduction: Definitions and Some History. *In: Induced Resistance for Plant Defence: A Sustainable Approach to Crop Protection. Blackwell Publishing*, 1-8
29. **Hawkins, L. K., Dane, F., Kubisiak T. L., Rhodes, B., Jarret, R. L., (2001).** Linkage mapping in a watermelon population segregating for *Fusarium* wilt resistance. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126:344-350.
30. **Heit, S. (2015).** Identification de *Fusarium* et Détection des mycotoxines associées par MALDI-TOF. Thèse D'Université de Lorraine, Faculté de Pharmacie .P13-116.
31. **Hodgson, W.A., O. Pond, et J. Munro. (1975).** Maladies et ennemis de la pomme de terre. Ministère de l'agriculture du Canada. Publication p1492.
32. **Holz, G., Coertze S and Williamson, B. (2004).** The ecology of *Botrytis* on plant surfaces. *In. Botrytis: biology, pathology and control.* 9-27.

J

Références bibliographiques

33. **Jijakly, M., H. (2003).** La lutte biologique en phytopathologie, *In; Phytopathology. Lepoivre P. (Eds). De Boeck, Bruxelles.*
34. **Jimenez-Gasco M. M., Navas-Cortes J. A. et Jimenez-Diaz R. M. (2004).**The *Fusarium oxysporum* sp. *ciceris/ Cicerarietinum* pathosystem: A Case Study of the Evolution of Plant Pathogenic Fungi into Races and Pathotypes. *International Microbiology*, 7: 95-104.

K

35. **Kerr, J. (2014).** Plants de pomme de terre Guide de la CEE-ONU sur les maladies, parasites et défauts des plants de pomme de terre. New York ET Genève.108p.
36. **Kim, W. K., Sang, H. k., Woo, S.K., Park, M.S., Paul, N. C., (2007).** Six species of *Penicillium* associated with blue mold of grape. *Mycrobiologie*, P35 180-185.
37. **Kingston, D. G. I. (2011).** Modern natural products drug discovery and its relevance to biodiversity conservation. *Journal of Natural Products*, 74(3), 496-511.
38. **Kirk, P.M., Cannon, P.F., Minter, D.W., Stalpers, J.A. (2008).** Dictionary of the fungi (10thed.). CAB International Europe-UK, 1-771.
39. **Koike, S.T., Gladders, P. and Paulus, A.O. (2007)** ‘Vegetable diseases.Acolorhandbook. *Elsevier AcademicPress*. Manson (London), p. 415.
40. **Kumar, A., &Verma, J. P. (2018).**Does plant microbe interaction confer stress tolerance in plants: areview *Microbiological Research*, 207, 41-52.
41. **Kumar, N., and Khurana, S. P. (2021).** *Trichoderma*-plant-pathogen interactions for benefit of agriculture and environment. In *Biocontrol Agents and Secondary Metabolites* (pp. 41-63). Woodhead Publishing.

L

42. **Lefort F., (2010).** Lutte biologique et lutte microbiologique : des concepts anciens pour des méthodes de lutte modernes. Haute Ecole de Paysage d’ingénierie et d’architecture. Genève.
43. **Lepoivre, P. (2001).** Editorial : ‘les systèmes de production agricole et la protection descultures à la croisée des chemins. ’ *BiotechnolAgron Soc Environ*, 5, pp. 195-19.
44. **Leroux, P. (2003).** ‘Modes d’action des produits phytosanitaires sur les organismes pathogènes des plantes.’ *Comptes Rendus Biologies*, 326(1), pp. 9-21.

Références bibliographiques

45. Leslie, J. F, Zeller K. A, Summerell B.A., (2006). Icebergs and species in populations of *Fusarium*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 59: 107-117.
46. Logrieco, A., Moretti, A., Solfrizzo, M., (2009). *Alternaria* toxins and plant diseases: an overview of origin, occurrence and risks. *World Mycotoxin Journal*. 2 (2): 129-140.

M

47. Matrose, N. A., Obikeze, K., Belay, Z. A., & Caleb, O. J., (2021). Plant extracts and other natural compounds as alternatives for post-harvest management of fruit fungal pathogens: A review. *Food Bioscience*, 41, 100840.
48. Mauro, N. M., (2006). Synthèse d'alcaloïdes biologiquement actifs : la (+)-anatoxine et la (±)-camptothécine, thèse doctorat, 13, 16-28p.
49. Meena M, Zehra A, Dubey MK, Aamir M, Gupta VK, Upadhyay RS., (2009). Comparative evaluation of biochemical changes in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) infected by *Alternaria*
50. Merghem, R. (2009). *Eléments de biochimie végétale*. Ed. Bahaeddine. Constantine, Algérie. 172p.
51. Munkvold, G., P. (2017). *Fusarium species and their associated mycotoxines*. *Methods Mol. Biol.* 1542:51-106.
52. Morcia C., Mehani M., Salhi N., Nazari L., Khelil L., Bara A., Ghizzoni R., and Terzi V. (2015). on the role of natural compounds in mycotoxigenic fungi. *Control the Battle Against Microbial Pathogens. A. Méndez-Vilas*: 193-197
53. Morcia, C., Tumino, G., et Terzi, V. (2013). Plant Bioactive Metabolites for Cereal Protection Against Fungal Pathogens. In M. Razzaghi-Abyaneh & M. Rai (Éds.), *Antifungal Metabolites from Plants* (p. 401-427). Springer Berlin Heidelberg.
54. Morin O. (1994). *Aspergillus* et aspergilloses: biologie, Ed. Techniques Encycl. Med. Chir. (Elsevier, Paris), Mal- adies infectieuses 8-600-A-10 Morno-Martinez

N

55. Nasraoui, B. (2008). Principale maladies fongiques des céréales et des légumineuses en Tunisie, p 121.

Références bibliographiques

56. **Nasraoui, B. (2006).** Les Champignons Parasites Des Plantes Cultivées, Biologie, Systématique, Pathologie, Maladies. Chapitre 4 : Maladies. 363-427. Centre de Publication Universitaire, Tunis.
57. **Nasraoui, B. (2006).** Les Champignons Parasites Des Plantes Cultivées, Biologie, Systématique, Pathologie, Maladies. Chapitre 1. p : 141-151. Chapitre 3 et 4. p : 320-447.
58. **Nasraoui, B. (2006).** Les champignons parasites des plantes cultivées, biologie, systématique, pathologie, maladies. Centre de publication universitaire, Tunis. p 456.

O

59. **Orivel, J., Escoubas, P., Touchard, A et al. (2015).** the complexity and structural diversity of ant venom peptidomes is revealed by mass spectrometry profiling. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 29(5), 385-396.

P

60. **Pal. K. K, Dey R, et Tilak K. V. B. R. (2014).** Fungal Diseases of Groundnut: Control and Future Challenges. In: Goyal .A et Manoharachary. C (eds), *Future Challenges in Crop Protection Against Fungal Pathogens*. P, 12-16.
61. **Pane, B., Sourabie, O., Philippe, A., Nikiem, A., Alfred, S. et Traor, E. (2011).** Caractérisation de souches d'*Aspergillus* spisolées des grains d'arachides cultivées au Burkina Faso, Afrique de l'Ouest. *International Journal of Biological and Chemical Science.*, 5(3), 1232-1249.
62. **Peberdy, John F. (1987).** *Penicillium* and *Acremonium*. *Biotechnology handbooks*, Volume 1. University of Nottingham, England p 11-297.
63. **Plascencia-Jatomea, M., Susana, M., Gómez, Y., & Velez-Haro, J. M. (2014).** *Aspergillus spp.* (Black Mold). In *Postharvest Decay* (p. 267-286). Elsevier.

R

64. **Rahul, P., & Jha, S. N. (2014).** Basics of the genus *Aspergillus*. *International Journal of Research in Botany*. 4(2), 26-30.
65. **Reboux, G., Bellanger, A., Roussel; S., Grenouillet, F. et Million, L. (2010).** *Pollution Revue Française d'allergologie* 50: 611-620.
66. **Relyea R. A., (2009).** A cocktail of contaminants: How mixtures of pesticides at low concentrations affect aquatic communities. *Oecologia*. (2): p 363-376.

Références bibliographiques

67. **Richter, G., (1993).** (Metabolisme des végétaux- physiologie et biochimie, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne
68. **Rocher, F. (2004).** Lutte chimique contre les champignons pathogènes des plantes évaluation de la systémie phloémienne de nouvelles molécules à effet fongicide et d'activateurs de réactions de défense. Thèse de doctorat en Sciences fondamentales et appliquées, Université de Poitiers, p. 152.
69. **Rosenberger, D., A. (1990).** Postharvest diseases (Blue mold-Gray mold), in: Compendium of Apple and Pear Diseases, A.L. Jones and H.S. Aldwinkle, eds., APS Press The American Phytopathological Society, USA pp.53-58.
70. **Rossant, A. (2011).** Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes ruche, in Traité de biologie de l'abeille. Tome 03. Ed Masson et Cie. 389p.
71. **Rotem, J., and Palti J. (1969).** Irrigation and plant diseases, Annu.Rev. Phytopathol. 7, 267-288.

S

72. **Sahoo, S. S., Shukla, S., Nandy, S & Sahoo, H. B. (2012).** Synthesis of novel coumarin derivatives and its biological evaluations. *European Journal of Experimental Biology*.2 (4), PP: 899-908.
73. **Santra, H. K., & Banerjee, D. (2020).** Natural Products as Fungicide and Their Role in Crop Protection. In J. Singh & A. N. Yadav (Éds.), *Natural Bioactive Products in Sustainable Agriculture* (p. 131-219). Springer Singapore
74. **Sarni-Manchado Pascale et Cheynier Veronique. (2006).** Les Polyphénol en Agroalimentaire. Technique et Documentation. Lavoisier. Paris. 398p.
75. **Sharma, I.N., (2021).** Phytopathogenic fungi and their biocontrol applications. In *Fungi Bio-Prospects in Sustainable Agriculture, Environment and Nano-Technology* (p. 155-188).Elsevier.
76. **Singh R, DubeyAK.v (2015).** Endophytic Actinomycetes as Emerging Source for Therapeutic Compounds. *Indo Global Journal of Pharmaceutical Sciences*, 5(2): 106-116
77. **Smeesters, E., Chouinard, G. and Gagnon. S., (2000).** Méthodes alternatives de lutte chimique en pomiculture : Principales Techniques Applicables au Québec. ISBN2-550-371011.
78. **Smilanick, J.L. (2004).** 'Postharvest diseases of fruits and vegetables: development and Control', *Postharvest Biology and Technology*, 31(2), p. 213.

Références bibliographiques

79. Storey, E., Dangmank; K. H., Schenck, P. (2004). Guidance for clinicians on the recognition and management of health effects related to mold exposure and moisture indoors. Formington, University of Connecticut Health Center.
80. Summerell, B. A., Salleh, B., and Leslie JF. (2003). A utilization approach to *Fusarium* identification. *Plant disease*, 87(2): 117, 120, 122-128.

T

81. Troncoso-Rojas, R., etTiznado-Hernández, M. E. (2014). *Alternaria alternata* (Black Rot, Black Spot). In *Postharvest Decay* (p. 147-187). Elsevier.

V

82. Valero-Jiménez C.A., Veloso J., Staats M., Kan J.A.L. (2019). Comparative genomics of plant pathogenic *Botrytis* species with distinct host specificity. *Bmc Genomics*. 20:203 : 12 p.
83. Van Houdt, R., Givskiv, M., and amp; Michiel, C. W. (2007). *Quorum sensing in Serratia*. *FEMS Microbiology Reviews*, 31(4), 407-424.
84. Visagie, C.M., Samson, R. A., Hirooka. Y., Hobraeken., Mwange, K., Tanney, J.B., Meijer, M., Amend, A.S., Seifert, K.A (2014). Speices diversity in *ASPERGILLUS*, *PENICILLIUM* and *TALAROMYCES*..

W

85. Waard, M.A., Georgopoulos, S.G., Hollomon, D.W., Ishii, H., Leroux, P., Ragsdale, N. and Schwinn, F.J. (1993). 'Chemical Control of Plant Diseases: Problems and Prospects', *Annual Review of Phytopathology*, 31(1), pp. 403-421.

X

86. Xavier AS, Barros APO, Godinho MT, Zerbini FM, Souza FO, Bruckner FP, Zerbini P, A. (2018). Novel Mycovirus Associated to *Alternaria alternate* comprises a distinct lineage in Partitiviridae. *Virus Res*; 244: 21-6.
87. Xie, J., Cardena, E.S., Sammis, TW, Wall, M. M., Lindsey, D.L., Murray, L.W. (1999). Effects of irrigation method on chile pepper yield and *Phytophthora* rot incidence, *Agric. Water Manage.* 42, 127-142.

γ

- 88. Yadav, A. N., Verma, P., Kumar, V., Sangwan, P., Mishra, S., Panjari, N., and Saxena, A. K. (2018).** Biodiversity of the genus *Penicillium* in different habitats. In *New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering*. Ed. Elsevier, p: 3-18.

Annexes

Annexes : Milieux de cultures

➤ **Milieu malt-agar**

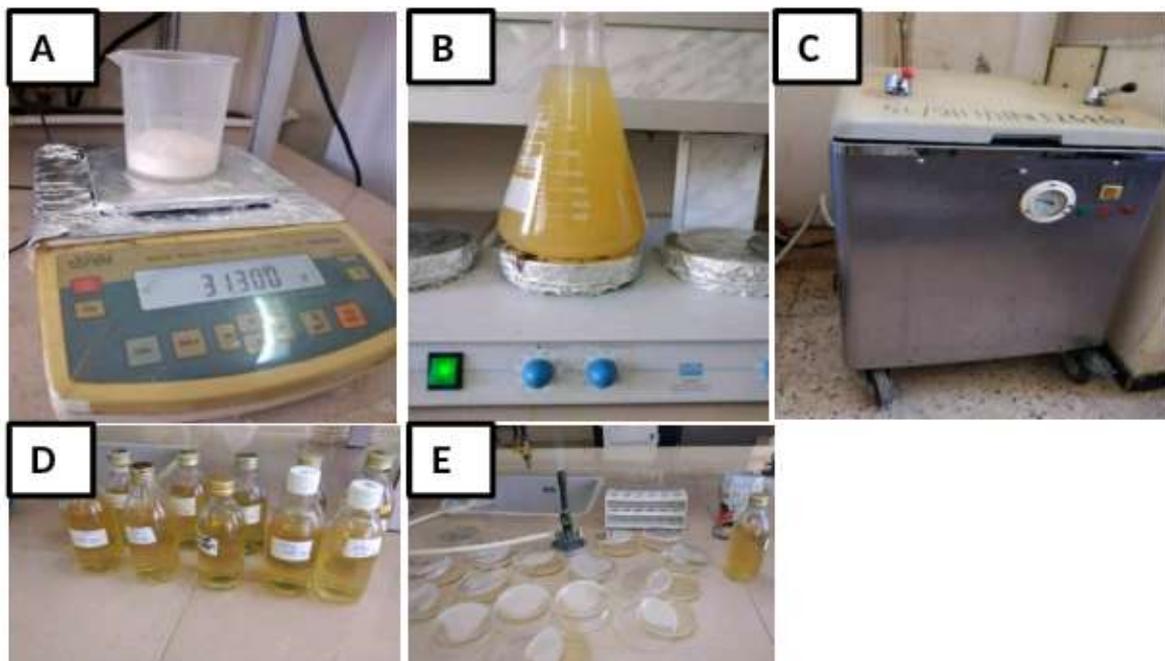
- Extrait de malt.....31,3g
- L'eau distillée.....1L
- PH.....5,40 ±0,2

➤ **Milieu Agar-agar**

- Agar.....8g
- L'eau distillée.....1L
- PH.....5,40 ±0,2

- Stérilisation à l'autoclave à 120°C, pendant 20min pour les deux milieux

Annexe 1



La préparation du milieu de Malt Agar. **A** : La pesée de 31,3g de poudre déshydratée de milieu de culture. **B** : Agitation, chauffage (mélange de la masse avec 1000 ml d'eau distillé) et mesurer le PH du milieu (5,40 ±0,2). **C** : L'autoclavage est fait à 120°C pendant 15 min. **D** : Refroidissement du milieu. **E** : Le milieu est prêt à être coulé dans les boites de pétri et conservé pour un éventuel ensemencement.

Annexe 2



Préparation de milieu Agar agar

Résumé

Les champignons phytopathogènes sont responsables des maladies cryptogamiques qui affectent les plantes. Dans le but de rechercher des molécules naturelles à effet fongicide, ce travail a porté sur l'étude de l'activité antifongique de quatre produits naturels (F1, F2, F3 et F4), vis-à-vis de cinq champignons phytopathogènes : *A. niger*, *Alternaria sp*, *B. cinerea*, *F. oxysporum* et *Penicillium sp*. Le test *in vitro* de l'activité antifongique a été testé par la technique de contact direct à travers des puits, en utilisant différentes concentrations des produits testés. Les résultats obtenus par la technique de contact direct à travers le test des puits, ont montré que F1, F2, F3, F4 ont exercés une activité inhibitrice vis-à-vis des isolats fongiques. L'activité antifongique à la concentration 100 %, 75% et 50% est importante et non négligeables pour les quatre produits, par contre à la concentration 25% des F1 et F4, l'ADUPC moyenne est de 0 pour les isolats suivants : *Alternaria sp*, *B. cinerea*, *F. oxysporum*, *Penicillium sp* et *A. niger*. Par contre les résultats obtenus pour F2 et F3 sur *A. niger* ont révélés une activité antifongique avec une AUDPC moyenne allant respectivement de 4,93 et 4.

Mots clés : Pathogène, Lutte Biologique, Produits Naturel, Croissance Mycélienne, AUDPC.

Abstract

Phytopathogenic mushrooms are responsible for cryptogamic diseases that affect plants. In order to search for natural molecules with fungicidal effects, this study focused on the investigation of antifungal activity. Of four natural products (F1, F2, F3, and F4) regarding five phytopathogenic mushrooms *A. niger*, *Alternaria sp*, *B. cinerea*, *F. oxysporum* and *penicillium sp*. the *in vitro* test of antifungal activity was conducted using the direct contact technique from wells, employing different concentration of the tested products. The results obtained using the direct contact technique through the well test have shown that F1, F2, F3, and F4 exhibited inhibitory activity against fungal isolates. The antifungal activity at concentration of 100%, 75%, and 50% was significant and noteworthy for all four products. However, at a concentration of 25%, F1 and F4 displayed complete antifungal activity (with an average percentage of Growth inhibition (ADUPC of 0). Against the following isolates: *Alternaria sp*, *B. cinera*, *F. oxysporum*, *Penicillium sp*, and *A. niger*. On the other hand, the results obtained with F2 and F3 against *A. niger* revealed antifungal activity, with an average ADUPC ranging from 4,93 to 4. Indicating that these products were partially effective in inhibiting the growth of *A. niger*.

Keywords: Pathogens, biological control, natural products, mycelium growth, ADUPC.