

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane - Mira - Bejaïa

Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département de Microbiologie
Spécialité Microbiologie Appliquée



Réf :.....

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

MASTER

Thème

**Etude comparative sur le biocontrôle d'un champignon
Phytopathogène sous serre et sur le champ**

Présenté par :

Mlle AZZOUG Sarah et Mlle AZZOUZ Mebarka

Soutenu le : 06 juillet 2022

Devant le jury composé de :

M. AMIR N.	MCA	Président
Mme BENSIDHOUM. L.	MCB	Promotrice
Mme BOUAOUD Y.	MCB	Examinatrice

Année universitaire 2021/2022

Remerciements

Avant tout, louange à Dieu le tout puissant, le très miséricordieux qui nous a donné la santé, le courage, l'opportunité et la bénédiction de mener ce travail à terme.

Nous tenons à remercier vivement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation et la réussite de ce modeste travail, en particulier :

A monsieur NABTI EL Hafid qui a mis à notre disposition son laboratoire de recherche dans le but de la réalisation de ce modeste travail.

A notre promotrice Mme BENSIDHOUM Leila pour ses précieux conseils qu'elle nous a prodigués tout au long de ce parcours de recherche, ainsi ses orientation et la confiance qu'elle nous a accordé, son aide pratique son soutien moral. Nous la remercions ainsi pour les efforts qu'elle avait consentis avec beaucoup de sympathie et de patience sans oublier sa rigueur scientifique sa pédagogie rédactionnels qui nous ont aidés à réaliser ce travail

Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury M. AMIR N. et Mme BOUAOUD .Y pour l'intérêt qu'il ont porté à notre recherche en acceptant présider et d'examiner notre travail.

On tient à exprimer notre profonde reconnaissance à M. BOURDJIOUA Samir l'agriculteur responsable de la serre Tala Hamza, pour son aide sa générosité et ses conseils avisés tout au long de ce travail

Un grand merci à toute l'équipe de biomasse et environnement de laboratoire de Maitrise des Energies Renouvelables (LMER) : Ahlem, Nouria, Youssra, Nassira, Hanane, Cylia, Lydia, Tassadit, pour leurs encouragements et leurs sympathies. La très bonne humeur et l'ambiance au sein du groupe nous a permis de mener nos travaux de recherche de façon très agréable.

Enfin, nous exprimons notre profonde reconnaissance à tous nos enseignants pour le savoir qui nous ont transmis tout au long de notre parcours d'apprentissage au sein de la faculté des sciences de la nature et de la vie

Mebarka et Sarah

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes employés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincères.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, à qui je dois ma vie, ma réussite, merci pour tous ce que tu m'apporté, de m'avoir aidée à me construire, merci d'être à mes côtés chaque jour merci de faire taire mes doutes en me serrant fort dans tes bras pour toi mon cher papa Salah.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse à toi ma bougie de vie qui se brule pour éclairer mon chemin mon adorable maman Fatima.

Dont le seul honneur d'être leur fille me suffit que dieu les protège

A la mémoire de mes grands-parents que dieu les accueille dans son vaste paradis

A mes adorables sœurs « Hayat, Zoubida, Nadia, Nassima, Sabrina, Nora » qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et me soutenir tout au long de mes études.

A mes beaux-frères « Slimane, Halim, Hamza, Mhand, Belkacem »

A mes neveux « Anis, Mehdi, Maya, Nelia, Sarah, Sidra »

A toute ma famille « AZZOUG » et « OUADAH »

A M. BOURDJIOUA Samir l'agriculteur responsable de la serre Tala - Hamza pour sa générosité et son aide et ces précieux conseils durant notre recherche.

A ma binôme AZZOUZ Mebarka pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce mémoire.

A mes ami(e)s que j'ai connu jusqu'à maintenant, pour leurs amours ,encouragements merci d'être la dans les moments difficiles et de me permettre d'être moi et de me sentir bien.

Enfin, je le dédie à tous les gens qui m'ont soutenu et qui me connaissent de près ou de loin.

Sarah

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents pour leur aide et leur soutien et leur encouragements tout au long de mes études, et qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui et j'espère qu'un jour je serai capable de leur donner au moins le minimum car quoiqu'on face on arrivera jamais à leurs rendre tout.

A mes sœurs ,et surtout HOURIA , KAHINA qui n'ont pas cessées de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leur offre la chance et le bonheur.

A mes frères et surtout DJAMEL, YACINE, pour leur appui et leur encouragement. Je vous souhaite tout ce qu'il y a de meilleur.

A mon cher mari ISLAM, qui m'a toujours encouragé et qui a été compréhensif et patient. Je te remercie pour ton soutien inconditionnel toutes ces longues années d'études. Ton amour et ton affection remplissent mes jours de bonheur.

A mes chères tantes Djouhra , khoukha, Mannon, khelidja merci pour votre prières et votre soutiens .

A ma chère binôme AZZOUG Sarah pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce mémoire.

A tous les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant (Adel, Djijdi, Bila, Sassa, Lynda, Radia, Cylia, Mima, Yasmine, Hannan, Soraya, Sakina ... Merci pour leurs amours et leurs encouragements. Et Merci d'avoir su me remonter le moral quand j'en avais le plus besoin.

Enfin merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail .

Melarka

I. Généralités sur le poivron (*Capsicum annum*. L)

I. 1. Description

Le poivron est une gousse plus au moins charnue qui contient de nombreuses graines dans sa cavité intérieure. Ils poussent sur des plantes qui peuvent atteindre environ 40 à 50 cm d'hauteur. Il existe près de 10 espèces de poivron qui se présentent sous des formes, tailles, couleurs et saveurs différentes (El-Oumairini, 2000) (figure 1 et 2). C'est une plante annuelle, ligneuse, la feuille entière d'un vert luisant, fleur solitaire ; fruit de couleur vert, rouge ou jaune.

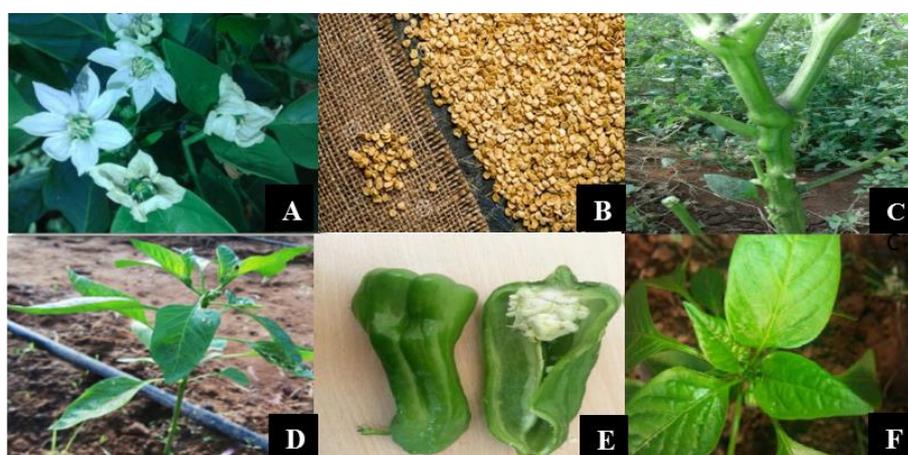


Figure 01: Les différentes parties de poivron , (A) fleur ;(B) graines ; (C) tige ;(D) plante ; (E) fruit ; (F) feuilles

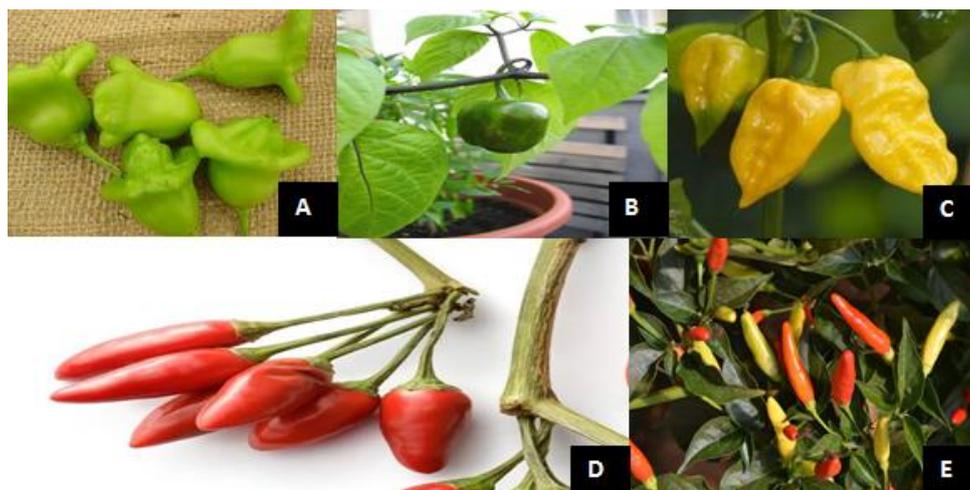


Figure 02 : Les variétés du poivron
(A) *Capsicum baccatum* ;(B) *Capsicum pubescens* ; (C) *Capsicum chinense* ;(D) *Capsicum annum* ;(E) *Capsicum frutescens* (Anonyme 1)

I.2. La culture du poivron

Le poivron est cultivé en plein champ également dans de petits tunnels en plastique ou dans des serres. Son semis est plutôt délicat à réussir, il nécessite une température d'environ 28° C pour germer (Pochard, 1987). la plantation intervient vers la fin mai lorsque le sol est bien réchauffé à 15 C ° (Érard, 2002). Dès l'apparition de la première feuille, la plante est prête à être repiquée. Pour cette culture, les températures ne doivent pas être inférieures à 15°C, il est donc conseillé de les installer sous serre.

I.3. La valeur nutritionnelle du poivron

Selon Tristan, 2006 le poivre est un fruit énergétique grâce à sa composition riche en éléments nutritifs, pour 1g de poids frais on trouve: 91g d'eau ; 1,1 mg de protéines ; 0,3 mg de lipides, 3,5 mg de glucides ; 2 mg de fibres alimentaires ; 0,4 mg de fer 0,9 mg de calcium, 26 mg de phosphore ; 170 mg de potassium. Le poivron est caractérisé par sa teneur en vitamine C qui est 4 à 5 fois plus élevée que celle de citron (Elattir et *al.*, 2009), il contient également la vitamine A, provitamine A, vitamine B2, vitamine B3, vitamine B5, vitamine B6, vitamine B9, vitamine E. Il est cultivé comme plante horticole pour ses fruits consommés, crus ou cuits.

I.4. Importance économique de la culture du poivron

La production mondiale du poivron a connu une évolution progressive au cours des dernières années . Selon les données de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), le record de production mondiale de poivron a été atteint en 2016 avec 34 497 460 tonne. Ce chiffre est 25,78% de plus qu'il y a 10 ans. Au total, dans le monde, 1 938 788 ha sont consacrés à cette culture ce qui donne un rendement de 1,78 kg/m² (FAO, 2015).

En Algérie, le poivron est parmi les cultures les plus anciennement cultivées. Cette culture occupe une place principale dans l'économie agricole Algérienne. Selon La FAO 2021, L'Algérie occupe la 8^{ème} place dans le classement mondial des producteurs de poivron en 2020 (figure 03).

Rang	Pays	Pays 2020	Volume de production 2020	Croissance de la quantité sur 1 an 2019-2020	Croissance de la quantité sur 3 ans 2017-2020	Croissance de la quantité sur 5 ans 2015-2020
1	 Chine	= 46.13%	16.65M	= 0.35%	= 0.18%	= -3.1%
2	 Mexique	= 7.81%	2.82M	= -12.96%	= -14.51%	= 17.93%
3	 Indonésie	= 7.68%	2.77M	= 7.11%	= 17.51%	= 44.78%
4	 Turquie	= 7.31%	2.64M	= 0.43%	= 1.1%	= 20.3%
5	 Espagne	= 4.08%	1.47M	= 5.03%	= 15.25%	= 33.59%
6	 Égypte	= 2.92%	1.06M	= 10.39%	= 56.06%	= 71.84%
7	 Nigeria	= 2.11%	762.17K	= 0.27%	= 0.4%	= 1.61%
8	 Algérie	= 1.99%	717.66K	= 6.29%	= 16.71%	= 28.79%
9	 États-Unis	= 1.98%	715.22K	= -3%	= -11.05%	= -17.82%
10	 Pays-Bas	= 1.19%	430K	= 3.61%	= 16.22%	= 19.44%

Figure 03: Classement mondial des 10 principaux producteurs de poivron et l'évolution de la production entre 2015 et 2020 (Anonyme 2).

Une surface de 22152 ha a été consacrée pour la culture de piment, le tableau I montre l'évolution de la superficie, la production et le rendement de la culture des piments en Algérie.

Tableau I: Evolution de la superficie, production et rendement de poivron en Algérie entre 2010 et 2020 (FAO, 2022).

Année	Superficie (hectares)	Production (tonnes)	Rendement (hg /ha)
2010	21688	380412	175402
2011	21272	384267	180645
2012	22605	426566	188704
2013	22388	482471	215504
2014	22281	532680	239074
2015	23019	557250	242083
2016	22337	598638	268003
2017	21867	614922	281210
2018	22108	651045	294484
2019	21767	675168	310180
2020	22152	717659	323970

D'après les statistiques fournies par la direction des services agricoles, dans la wilaya de Bejaia, la superficie utilisée pour la culture des poivrons est estimée à 194,97 ha avec une production dépassant 31202,5 Qx en 2021.

I.5. Facteurs abiotiques limitant la production du poivron

L'une des principales difficultés que les producteurs de poivrons sous serre devront résoudre est liée à l'obtention d'un équilibre optimal entre la croissance de la plante, la mise à fruits et la charge fructifère dans des conditions d'éclairage faible et variable. Les coûts croissants de l'énergie et la réglementation environnementale nuisent à la production de poivrons sous serre en Algérie. Les producteurs ont en outre plus de difficultés à demeurer concurrentiels (Howard et *al.*, 1994).

- **Choix du sol :** La plante requiert enfin des sols souples, profond, bien drainé, chaud et bien pourvu en humus et en éléments nutritives aisément assimilables (Itcimi ,2010) .
- **La température :** Le poivron est l'une des plantes maraichères le plus exigeantes en température, mais moins exigeant en ensoleillement que la tomate. La plante est exigeante en chaleur, son optimum de croissance se situe à 24°C, la croissance de la plante se ralentit à des températures inférieures à 13°C. La culture est très sensible aux températures basses, les températures supérieures à 35°C affectent également le développement de la plante (Skiredj et *al.*, 2005).
- **Lumière :** Le poivron requiert une bonne luminosité, la floraison se réalise mieux et en abondance pendant la journée si la température et les facteurs climatiques sont adéquats. Les exigences photopériodiques varient de 12 à 15 heures (Valdez, 1994).
- **Humidité :** L'humidité présente une importance capitale pour la culture sous serre. Elle doit se situer entre 60 et 80 % pendant les premières journées de la germination (Howard et *al.*, 1994).

I.5. Facteurs biotiques

Les facteurs biotiques constituent essentiellement par des facteurs liés au potentiel biotique des espèces aphidiennes, le rôle de la plante hôte, l'action des ennemis naturels et les différentes méthodes de lutte déployée par l'Homme.

I.5.1. Facteurs intra spécifiques

D'après Dedryver (1982), ces facteurs peuvent réguler eux-mêmes leurs populations par des mécanismes intra-spécifiques de deux ordres : La formation d'ailes; le contact étroit des individus d'une population dense se trouve lorsque les conditions écologiques sont favorables à la pullulation ce qui entraîne des modifications physiologiques sur l'insecte, il provoque l'apparition des formes ailées. La modulation du poids; donc de la fécondité des adultes. Sous l'effet direct de comportements agrégatifs intra-spécifiques et l'effet direct de modification de la composition de la nourriture par les prélèvements de sève. Dans ces conditions, la densité d'une population augmente, le poids et la fécondité des adultes diminuent, retardent ainsi le moment où la plante risque de mourir.

I.5.2. Rôle de la plante hôte

Les champignons sont uniquement phytophages, ils se nourrissent de la sève des plantes (Christelle, 2007). Ils s'attaquent presque à la plupart des jeunes plantes qui sont les plus sensibles à la contamination par les ailés et les aptères (Fournier, 2010). Cette sensibilité diminue quand la plante acquiert une certaine maturité.

1. Généralités sur les pathologies affectant le poivron

La culture du poivron est une cible de choix pour les agents phytopathogènes. Il existe dans la littérature plusieurs références, traitant des maladies du poivron (Mahbou et *al.*, 2009). Parmi les principaux agents pathogènes du poivron : les virus, les champignons, les bactéries, les nématodes, les insectes et les acariens. Ces ravageurs sont des agents infectieux, engendrent des pertes considérables.

1.1. Les principales maladies fongiques

La culture de poivron peut être attaquée pas plusieurs types de champignons pathogènes. Les maladies fongiques, ou cryptogamiques, se développent en cas d'importante humidité. La figure 1, montre les différents symptômes provoqués par certaines espèces fongiques.

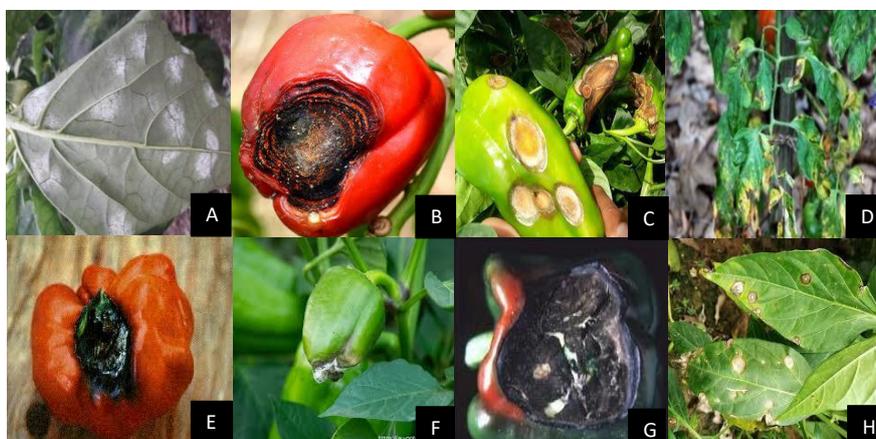


Figure 04: Symptômes d'infection fongiques sur le poivron (A) Oïdium ; (B) Moisissure de la gousse ; (C) Anthracnose ;(D) Milidiou ; (E) Fusariose ;(F) La pourriture grise ; (G) Alternariose ; (H) Cercosporiose (Anonyme 02).

1.1.1. L'oïdium

L'agent causal de cette maladie est *Leveillula taurica* caractérisé par une évolution très rapide marquée par un feutrage blanc à la face inférieure des feuilles avec une nécrose en points de tapisserie (Elmhirst, 2006; Chobriere et Caudel, 2007). Le pathogène n'a pas d'hôtes spécifiques, une défoliation sévère conduit à une réduction de la taille et du nombre des fruits (Black et *al.*, 1993).

1.1.2. L'anthracnose

Il est causé par *Colletotrichum capsici* sur les fruits, il est caractérisé par des larges nécroses sèches, déprimées, grises à brun clair. En fin d'attaque, dessèchement et chutes des fruits. Le

pathogène se rencontre également sur les feuilles et les rameaux. La même maladie s'observe sur le piment (Kohler et Pellegrine, 1992).

1.1.3. La pourriture grise

Botrytis cinerea est caractérisé par une sporulation abondante qui assure sa dissémination. Les fruits atteints se recouvrent d'une moisissure grise caractéristique (CTFL, 2002). *Botrytis cinerea* est considéré comme un saprophyte qui envahit les tissus sains par l'intermédiaire de cellules altérées. Les conditions favorables à la maladie sont des températures moyennes, et une humidité supérieure à 90%, mais aussi de l'eau libre pour la germination des spores (Blancard, 1988 ; Elmhirst, 2006).

1.1.4. La fusariose

L'agent causant la fusariose est *Fusarium oxysporum*, il se traduit par un flétrissement accompagné d'un jaunissement souvent unilatéral des feuilles, suivi du dessèchement complet de la plante et de la mort de celle-ci (Bailey et al., 2006).

1.1.5. L'alternariose

Alternaria solani et l'agent responsable de cette maladie, qui se manifeste par de petites taches noir, est entourée parfois d'un halo jaune, elle provoque le dessèchement des feuilles, et sur les fruits elle provoque des taches noir bien déterminé, déprimé de 1 ou 2 cm (Blanchard, 1988).

1.1.6. Milidiou

L'agent causal du milidiou de poivron est *Phytophthora capsici* L., la maladie se manifeste sous forme d'une pourriture des racines et du collet ce qui entraîne très rapidement le flétrissement et la mort des plantes quel que soit leur âge. Des attaques sur les fruits proches du sol peuvent parfois être observées (Palloix, 1995). Les conditions favorables au développement de la maladie sont surtout une humidité du sol élevée et des températures élevées (Bayries et Marchou, 1976).

1.1.7. Moisissure de la gousse

Aspergillus niger se présente sous l'aspect d'un feutrage mycélien dense ; brun foncé à noir. Il se développe sur une tache nécrosante, entraînant ainsi la pourriture sèche et la momification des gousses. C'est une maladie observée avant la récolte et pendant le stockage. Les conditions favorables à la maladie exigent une température entre (25 et 40° C) et une humidité de 90 % (Franz et Frédéric, 1992).

1.2. Les champignons phytopathogènes

Les champignons sont des microorganismes hétérotrophes filamenteux et immobiles, dont la structure cellulaire est celle d'une cellule eucaryote classique (Nicklin et al., 2000). Certaines vivent en symbiose avec les plantes, d'autres sont des parasites, d'autres enfin sont des saprophytes, se développant sur des substrats inertes ou en voie de décomposition (Bourgeois, 1989).

1.2.1. Exemple d'un champignon phytopathogène : *Aspergillus niger*

Les espèces fongiques appartenant au genre *Aspergillus*, sont des champignons filamenteux, isolé communément à partir du sol, des débris végétaux ou de l'air. Ce sont des saprobiontes de l'environnement qui participent à la dégradation de la matière organique.

Le genre *Aspergillus* est caractérisé morphologiquement par la présence de filaments conidiophores renflés à leur sommet par une vésicule partiellement couverte de phialides fixées ou non à des métules, et qui produisent des phialoconidies, le tout formant une entité spécifique appelée « tête aspergillaire » (Chermette & Bussieras, 1993).

1.2.2. Taxonomie de l'espèce *Aspergillus niger*

Dans l'environnement, la plupart des *Aspergillus* se multiplient par un mode asexué, cependant, environ 70 espèces ont également un cycle de reproduction sexuée (Kwon-Chung & Sugui, 2009). Tous les *Aspergillus* produisent des conidies, qui sont des spores asexuées, via un cycle de développement qui est divisé en deux étapes : croissance végétative et reproduction asexuée. La phase de croissance végétative commence par la germination d'une conidie puis est suivie de la formation du mycélium composé d'hyphes d'hyphes. Lorsque les conditions sont propices, certaines hyphes cessent leur croissance pour initier un développement asexué, qui consiste en la formation de têtes Aspergillaires puis en la production de conidies (Ni & Yu, 2007). La classification de *A. niger* est présentée dans le tableau III.

Tableau II : La classification d'*A. niger* (Alexopoulos et Mimes, 1979).

Régné	Mycètes
Embranchement	<i>Amastigomycota</i>
Sous –embranchement	<i>Deuteromycotina</i>
Classe	<i>Deutoromycètes</i>
Ordre	<i>Moniliales</i>
Famille	<i>Moniliaceae</i>
Genre	<i>Aspergillus</i>
Espèce	<i>Aspergillus niger</i>

1.2.3. Caractères cultureux

Ce champignon se développe facilement sur milieu PDA, Sabouraud et Extrait de malt, un disque de 6mm de diamètre peut atteindre 8 à 9 cm en 10 jours. Il apparait blanc les premiers jours, puis jaunes, et enfin granuleux noires. En effet, ce champignon produit également du mycélium aérien blanc et de très nombreuses structures sporifères, pulvérulentes, brun-noir, qui sont généralement disposées en cercles concentriques. Le verso est incolore à jaune. Cette espèce a une croissance rapide, avec un optimum thermique compris entre 25 et 30 °C, mais il peut pousser à 42°C.

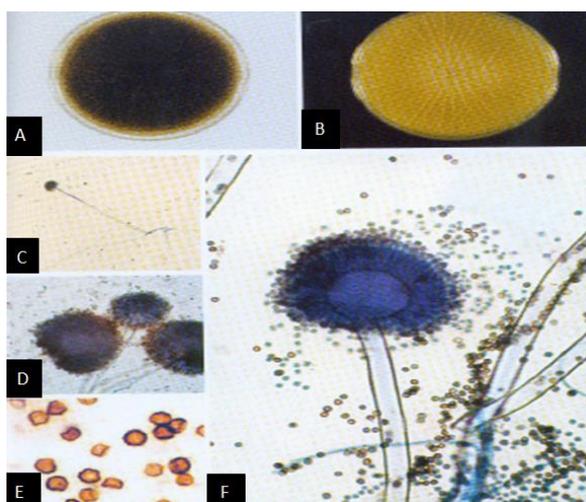


Figure 05: *Aspergillus niger* : (A) et (B) : Culture de 8 jours sur gélose Sabouraud ; Têtes Aspergillaires sous microscope : (C) objectif 4, (D) objectif 20 ; (F) : objectif 40 ; (E) : Objectif 100. (Chabasse et al, 2002)

2. Moyens de lutte contre les agents phytopathogènes

Vue les innombrables dégâts causés par les champignons et leur impact sur le rendement et la production des plantes cultivées, un ensemble de méthodes sont utilisées avec l'objectif de réduire, de réguler et de contrôler les populations de ces agents, considérées comme nuisibles.

Les méthodes de lutte contre les maladies fongiques améliorent la qualité de la production des plantes. Ces méthodes peuvent être : physique, chimique, biologique ou culturale (Nasraoui, 2008).

2.1. La lutte culturale

La lutte culturale est une méthode très ancienne qui utilise des techniques de culture adaptée. Elle vise à créer des conditions défavorables aux pathogènes et favorable aux plantes. Un certain nombre de mesures peuvent être prises dans pour limiter ou réduire au maximum les quantités d'inoculum à l'origine de la maladie dans les cultures. L'objectif est de limiter l'entrée d'inoculum dans la serre et de prévenir les conditions favorables à l'installation du champignon sur la culture (Elad et Shtienberg, 1995). Parmi ces actions ; la rotation des cultures, la chaleur qui inactive beaucoup de champignons nuisible transmis par le sol, le choix de la date de récolte, la fertilisation équilibrée. Par conséquent ces action diminuent le niveau de l'inoculum (Nasraoui, 2008) et limitent l'apparition des espèces adaptées au cycle culturale donné (Auberto et *al.*, 2005).

2.2. La lutte physique

La lutte physique est une méthode de protection des plantes. Elle inclut la lutte mécanique, thermique et pneumatique. Elle repose sur l'utilisation de l'énergie, de l'électricité des micros ondes, de radiation infrarouge, des hautes et basses températures. Consiste à stériliser le sol avant tout transplantation par la chaleur, la solarisation ou le traitement des racines avec de l'eau chaude entre 48 et 49°C pendant 30 secondes (Anchisi et *al.*, 1985), Cependant, ces méthodes ne sont pas efficaces à long terme (Corbaz, 1990).

2.3. La Lutte génétique

Elle consiste à introduire des gènes de résistance au niveau des plantes appelées plantes trans-génétique. Ces sont responsables de la synthèse de protéines capables d'éliminer le parasite (Smahi, 2008). Cependant, cette technique fut inefficace car elle a été à l'origine de l'apparition de races plus virulentes.

2.4. La lutte chimique

La lutte chimique est une stratégie qui consiste à utiliser des traitements chimique (Clos, 2012). Elle est dominée par trois classe : les pesticides, les insecticides et les fongicides destinées à lutter contre les agents phytopathogènes, essentiellement les champignons. La plupart des fongicides affectent directement des fonctions essentielles chez la plante, tel que : la respiration, la biosynthèse des stérols ou la division cellulaire. Ce type de traitement peut entraîner des risques pour la santé humaine (Leroux 2003), d'autre part l'utilisation répétée et parfois exagérée des fongicides a révélé deux effets secondaires : l'adaptation des parasites aux produits ce qui permet le développement des formes résistantes aux fongicides et l'apparition de nouvelle maladies à la place des anciennes (Corbaz, 1990) .

2.5. La lutte biologique

La lutte biologique est l'utilisation d'organisme vivant, pour diminuer la densité des populations d'autres organismes vivant, généralement nuisibles. Les ennemies naturelles les plus utilisés dans la lutte biologique comprennent : les microorganismes, les nématodes et les insectes. Elle a comme objectifs de remplacer la totalité ou une partie des pesticides chimiques en agriculture et de réduire les risques associés à la pollution des sols agricoles (Boivin 2001). Ainsi, elle représente une méthode alternative respectueuse de l'environnement (Pérez-Garcia et al ., 2011). C'est donc un moyen de protection des cultures contre les agents pathogènes des cultures. La lutte biologique permet d'améliorer la qualité ; la quantité et le rendement des cultures. Les microorganismes antagonistes sont les principaux agents du contrôle biologique des agents phytopathogènes. Ces ennemis naturels peuvent être des virus, des bactéries, des champignons, des protozoaires, des nématodes prédateurs ou des insectes (Messiaen et *al.*, 1991). Ces agents de biocontrôle sont sélectionnés ;

- ✓ En fonction de leurs natures moins toxiques que les pesticides chimiques, (Regnault – Roger et al ., 2008)
- ✓ Pour leur activité antagoniste et la capacité d'adaptation aux différentes conditions environnementales, ainsi que leur faible exigence nutritionnelles et résistances aux pesticides (Le poivre, 2003).

Annexe I : Composition des milieux de cultures utilisés (pour un litre de milieu) (g/l)➤ **Gélose de Dénombrement (PCA)**

Composition	Quantité
Glucose	1
Tryptone	5
Extrait de levure	2,5
Agar	12
PH	7,0 ± 0,2

➤ **Gélose PDA**

Composition	Quantité
Pomme de terre	200
Glucose	20
Agar	15
PH	5,4 ± 0,2

➤ **Gélose Nutritif**

Composition	Quantité
Peptone	5
Extrait de viande	1
Extrait de levure	2
NaCl	5
Agar	7,5
PH	7,2 ± 0,2

➤ **Bouillon Nutritif (BN)**

Composition	Quantité
Peptone	10
Extrait de viande	5
Chlorure de sodium	5
PH	7,2 ± 0,2

➤ **Lauria Bertani (LB)**

Composition	Quantité
NaCL	4
Tryptone	10
Extrait de levure	5
Agar	8
PH	7,3 ± 0,2

Conclusion

L'utilisation des micro-organismes dans la lutte contre les agents pathogènes des plantes est une approche biologique apparue ces dernières années comme une alternative prometteuse à l'utilisation excessive des produits agrochimiques.

Le présent travail vise la recherche et la sélection d'un ensemble d'agents biologiques potentiels en vue de leur utilisation comme agent de lutte contre le champignon phytopathogène *Aspergillus niger*.

Les échantillons du sol nous ont permis d'obtenir 48 isolats bactériens. 50% des isolats ont montré un pouvoir antagoniste remarquable *in vitro*, avec des PGI % > à 68 %.

Sur la base de ces pourcentages d'inhibition, deux isolats ont été sélectionnés pour des tests *in vivo* sur plantes, feuilles et fruits de poivron pour vérifier leur efficacité.

Les résultats de l'activité antifongique sur les fruits de poivrons ont montré que les deux isolats inhibent remarquablement le développement d'*A. niger*.

Concernant le test visant à vérifier l'effet de l'inoculation bactérienne des feuilles détachées du poivron sur le développement d'*A. niger*, l'activité antagoniste n'a pas pu être vérifiée (le champignon n'a pas pu infecter les feuilles du poivron).

Les tests ayant pour but de vérifier l'efficacité des deux isolats à contrôler le développement d'*A. niger* sur plante entière, n'a pas donné de résultat et l'activité n'a pas pu être vérifiée (le champignon ne s'est pas développé durant l'expérience).

L'identification préliminaire a montré que les isolats CH1 et OR2 présentent des caractéristiques du genre *Pseudomonas* et *Bacillus* respectivement.

Au terme de ce travail, nous présentons quelques idées et recommandations sous forme de perspectives pour améliorer l'utilisation de ces isolats bactériens ;

- ✓ Installation des chambres de cultures qui permettent de réaliser des expériences sur plantes dans des conditions optimales ;

- ✓ Déterminer la nature et la composition de métabolites produits pour inhiber les pathogènes et les ravageurs ;
- ✓ Réaliser des tests toxicologique et écotoxicologues pour évaluer les risques potentiels liées à l'utilisation d'agents biologiques sur la santé humaine et environnemental
- ✓ Organiser des associations qui sensibilisent sur l'importance de la lutte biologique ;

Introduction

La protection des plantes contre les ravageurs et les agents infectieux des cultures est une préoccupation majeure en agriculture. Selon les estimations de la production agricole mondiale, 20 à 40 % de la production agricole mondiale sont perdus avant et après la récolte. Les champignons phytopathogènes sont la principale cause de cette perte, et ils constituent une menace majeure pour la santé des plantes et la production agricole. Selon la FAO (1999), les maladies phytopathogènes réduisent la production agricole mondiale de 12% à 14%, et 70% des dégâts sont dus aux champignons pathogènes.

Au cours des dernières décennies, les agriculteurs en sont venus à compter sur les produits chimiques comme moyen relativement fiable de protection des cultures en raison de leur efficacité, de leur facilité d'application et de la disponibilité des produits sur le marché. Malheureusement ces produits ont des effets néfastes sur la santé humaine et environnementale, car ils ont la faculté de persister en s'accumulant à diverses étapes de la chaîne alimentaire, en plus d'exposer la communauté microbienne bénéfique du sol à des concentrations excessives en produits agrochimiques (Botelho et Mendonça-Hagler, 2006). De plus, l'efficacité des fongicides chimiques est souvent compromise par l'émergence de pathogènes résistants, en plus de causer divers problèmes de santé chez les humains et les animaux (Gerhardson, 2002).

Les efforts des chercheurs et des agriculteurs s'orientent de plus en plus vers la recherche et l'utilisation de méthodes alternatives, impliquant de nouvelles méthodes de lutte respectueuses de l'environnement, avec l'espoir d'atténuer les effets néfastes des produits chimiques et d'améliorer la productivité des cultures pour répondre aux besoins de la population mondiale.

La lutte biologique, basée sur l'utilisation des organismes vivants pour diminuer la densité des agents pathogènes, est considérée comme une méthode alternative respectueuse de l'environnement. Et les Rhizobactéries sont connues pour être de bons agents de lutte biologique.

Ce travail est dirigé dont l'objectif principal est de sélectionner un ou plusieurs agents de biocontrôle pour limiter le développement de champignon phytopathogène *Aspergillus niger*

en raison de sa gravité sur la culture de poivron. Pour atteindre cet objectif plusieurs tests et analyses ont été effectués :

- ✓ Isolement et sélection des isolats bactériens antagonistes *in vitro* ;
- ✓ Test de l'effet antagoniste des isolats sélectionnés à l'égard d'*Aspergillus niger* sur les feuilles du poivron ;
- ✓ Test de l'effet antagoniste des isolats sélectionnés à l'égard d'*Aspergillus niger* sur les fruits du poivron ;
- ✓ Test *in vivo* de l'effet antagoniste des isolats sélectionnés à l'égard d'*Aspergillus niger* sur les plantes de poivron.

Après cette introduction générale exposant le contexte de l'étude, le manuscrit comporte :

- ✓ Deux chapitres consacrés aux résumés bibliographiques liés au sujet ;
- ✓ Une partie pratique exposant l'ensemble des méthodes expérimentales mise en œuvre pour la préparation et la réalisation des tests *in vitro* et *in vivo* ;
- ✓ Une partie expose et discute les résultats de nos recherches.

Ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire de Maitrise des Energies Renouvelables (Equipe Biomasse et Environnement) de l'université Abderrahmane Mira Bejaïa situé au niveau du bloc 12 sous la provision de notre promotrice, et dans la serre agricole de Monsieur Bourdjioua Samir situé à Merdj Ouamen. Les expériences ont été menées durant une période de 3 mois (Avril-juin 2022). Notre objectif était de sélectionner un isolat bactérien avec un potentiel de biocontrôle du champignon *Aspergillus niger* et de faire une comparaison entre l'activité des isolats antagoniste sur champ et sous serre.

1. Localisation de la serre agricole

La serre est située à Tala Hamza, plus exactement à El Mordj Waman, Béjaïa (36°41'04.5"N 4°57'12.3"E), dans une région agricole qui a pour vocation les cultures vivrières et arboriculture sous serre et sur champ dont la propriété appartient à Monsieur Bourdjioua Samir.



Figure 06: Localisation géographique de la zone des prélèvements



Figure 07: Culture de poivron sous serre

2. Echantillonnage

Le prélèvement des échantillons destinés à l'isolement est une étape cruciale pour obtenir un résultat fiable. Afin d'isoler des Bactéries rhizosphériques à pouvoir antifongique, plusieurs prélèvements du sol (rhizosphère de la tomate, chou-fleur, épinard et des oranges) ont été réalisés en mois d'Avril 2022 à Bejaia dans la région de Merdj Ouaman (36°41'04.5"N 4°57'12.3"E).

Les échantillons de sol ont été placés dans des flacons stériles et transporter directement au laboratoire pour analyse (figure 8).



Figure 8 : Ensemble des échantillons du sol rhizosphérique

3. Isolement et purification des isolats bactériens

Les rhizobactéries ont été isolées selon la technique de dilution en série. 1g de chaque échantillon du sol est dissout dans 9 ml de l'eau physiologique. Des dilutions décimales (10^{-1} , 10^{-2} , ..., 10^{-8}) sont préparées et 1 ml de chaque dilution estensemencé par inondation sur gélose PCA : Plate Count Agar (Annexe I). Les boites sont ensuite incubées à 30°C / 24 à 48h.

Après incubation, les colonies d'aspect différent sont ensemencées sur gélose PCA, par la suite des repiquages successifs sont effectués sur le même milieu d'isolement jusqu'à l'obtention des colonies pures (figure 9).

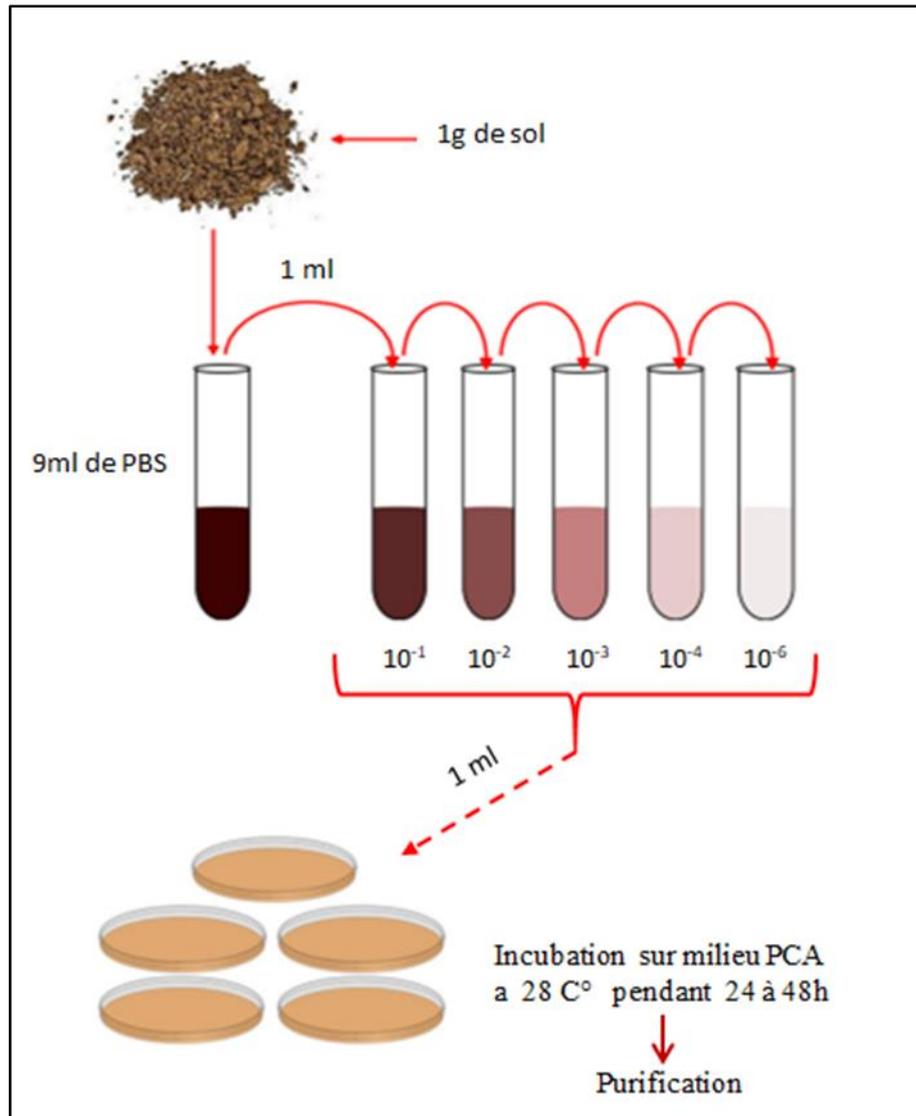


Figure 09 : Les différentes étapes d'isolement à partir d'un échantillon du sol

4. Mise en évidence de l'activité antifongique des isolats bactériens (*in vitro*)

La souche fongique *Aspergillus niger* utilisé dans les différents tests provient du Laboratoire de Maitrise des Energies Renouvelables, université de Bejaia. Le champignon est repiqué sur milieu PDA : Potato Dextrose Agar (Annexe I) puis incubé à 25 C° pendant 72h, dans le but d'obtenir des cultures jeunes (Fig. 6). Les 48 isolats bactériens obtenus, sont ensemencés sur bouillon nutritif (annexe I) puis incubés à 30 C° pendant 24h.

Le test d'activité antifongique est réalisé *in vitro* selon la méthode de confrontation sur gélose (Sagahon et al ., 2011), cette technique consiste à découper un disque de champignon de 5mm de diamètre à partir d'une culture jeune et le déposer au centre d'une boîte de pétrie contenant le milieu PDA. Quatre s pots de suspensions

bactériennes (à raison de deux spots pour chaque isolat) sont déposés à une distance de 2,5 cm du champignon.

Des boîtes de Pétri ne contenant que le champignon cible sont préparées en parallèle pour servir de témoin. Les boîtes sont incubées à une température de 25°C pendant 3 à 7 jours (figure 10).

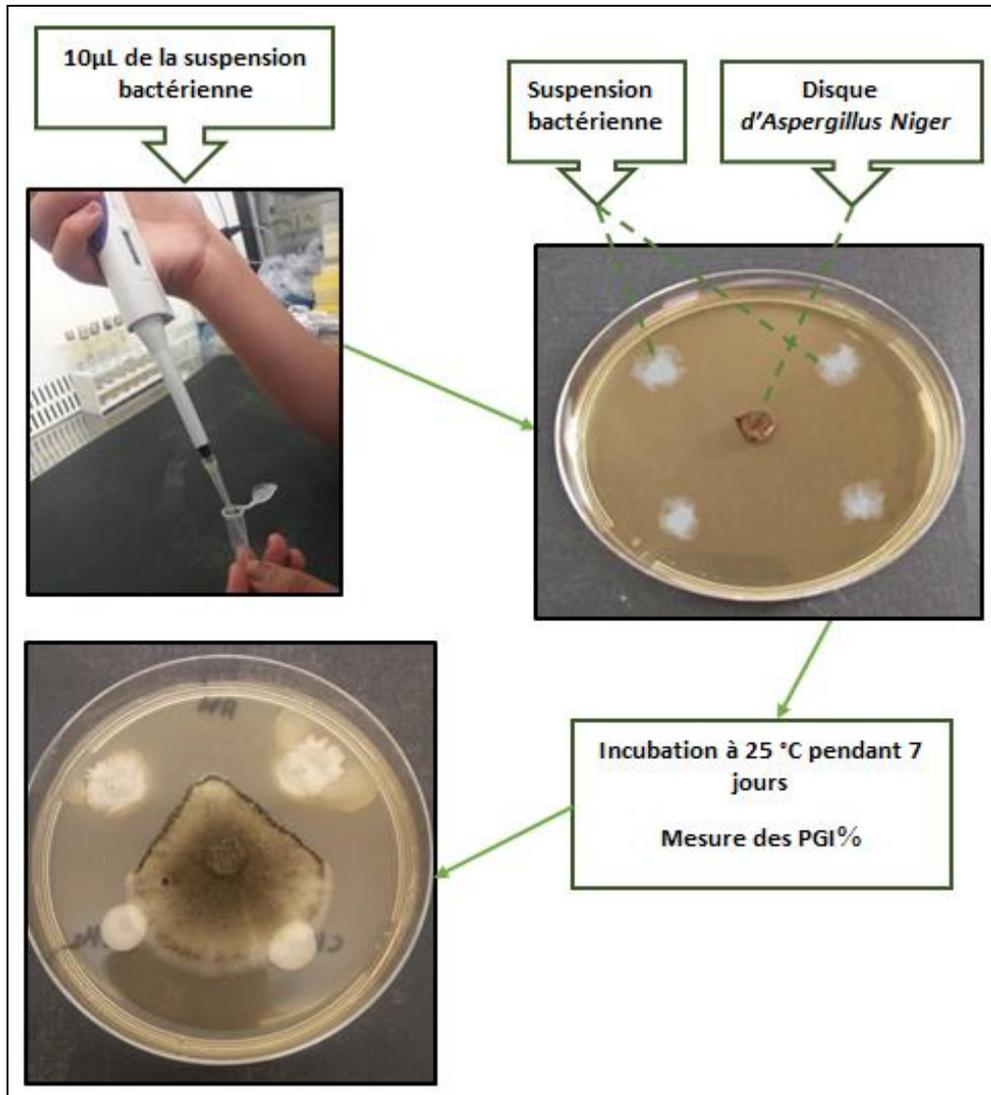


Figure 10 : Mise en évidence de l'effet antagoniste *in vitro* des isolats bactériens à l'égard d'*A. niger*

L'effet antifongique est évalué par la détermination de pourcentage d'inhibition de la croissance (PGI%) selon la formule décrite par Saddiki (1999).

$$PGI\% = \frac{KR - R1}{KR} \times 100$$

KR : Distance en mm entre le point de dépôt du champignon et la marge de la colonie contenue dans le témoin .

R1 : Distance en mm entre le point de dépôt de champignon et la marge de la colonie contenue dans la boîte de pétrie traitée.

5. Identification des isolats bactériens sélectionnés

Les isolats bactériens présentant des PGI% importants sont sélectionnés pour une identification préliminaire.

5.1. Aspect macroscopique

Les caractéristiques macroscopiques des isolats sélectionnés sont obtenues par observation des cultures pures de ces derniers sur milieu PCA. Les critères forme, taille, contour, surface, couleur, etc. sont par la suite déterminés.

5.2. Aspect microscopique

La coloration de Gram est la première étape de vérification de la pureté des souches bactériennes, elle permet de déterminer, la forme, l'arrangement des bactéries et la nature biochimique de leur paroi. Avant de commencer la coloration, un frottis doit être préparé. Ce dernier est par la suite traité par un ensemble de colorant et de réactifs. Le procédé de coloration de gram est comme suit :

- ✓ Recouvrir la lame avec le violet de Gentiane et laisser agir 1 minute.
- ✓ Rincer rapidement à l'eau de robinet et éliminer l'excès d'eau.
- ✓ Recouvrir la lame avec du Lugol et laisser agir 1 minute.
- ✓ Rincer rapidement à l'eau de robinet et éliminer l'excès d'eau.
- ✓ Recouvrir la lame avec l'alcool pendant 30 secondes.
- ✓ Rincer rapidement à l'eau de robinet.
- ✓ Recouvrir la lame avec la fuchsine pendant 1 minute.
- ✓ Rincer rapidement à l'eau de robinet puis sécher.

- ✓ Observer au microscope optique (objectif x 100 à immersion) (Singleton, 2005).

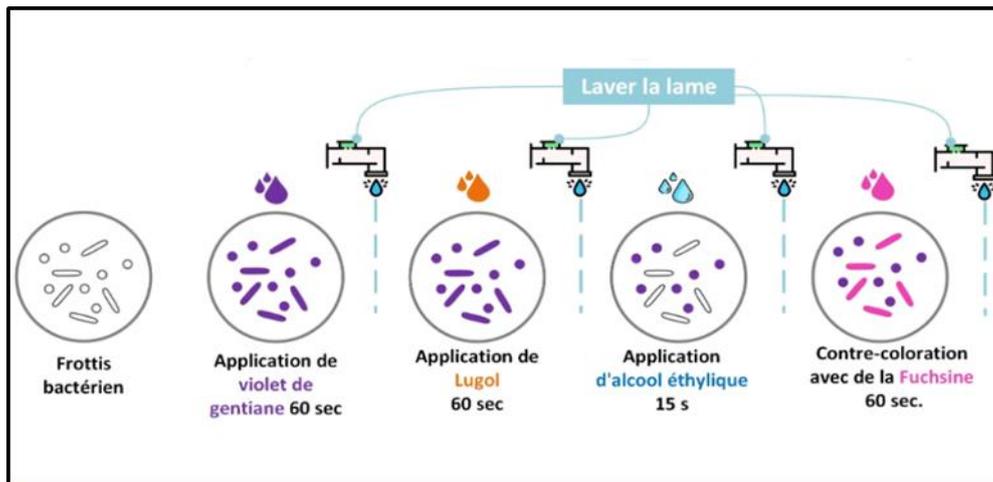


Figure 11 : Etapes de coloration de gramme (Anonyme 03)

5.3. Test de la catalase

L'enzyme catalase sert à neutraliser les effets bactéricides du peroxyde d'hydrogène. La catalase accélère la décomposition du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) en eau et oxygène. L'enzyme est révélée en déposant une parcelle de colonie sur une lame et en ajoutant une ou deux goutte de peroxyde d'hydrogène, l'apparition d'effervescence (dégagement gazeux de dioxygène) indique une réaction positive (Marchal et al., 1991).

6. Test de biocontrôle d'*A. niger in vivo*

Après la sélection des isolats bactériens antagonistes et la mise en évidence de leur effet inhibiteur de développement de champignon pathogène *Aspergillus niger*, le potentiel de biocontrôle de ces isolats a été vérifié *in vitro* sur les feuilles, les fruits et la plante du poivron.

6.1. Préparation de la suspension fongique

La suspension fongiques à 10^7 spores /ml d'une DO de 0.04 à 0.05 est préparée dans l'eau physiologique, à partir d'une culture d'*A. niger* âgée de 7 jours (Touaibia M, 2015) (figure 12).

6.2. Préparation de la suspension bactérienne

Les suspensions bactériennes utilisées sont préparées à partir de culture jeunes, dans l'eau physiologique et la DO est ajusté à 0.08 équivalent de 10^7 Ufc /ml (figure 13).

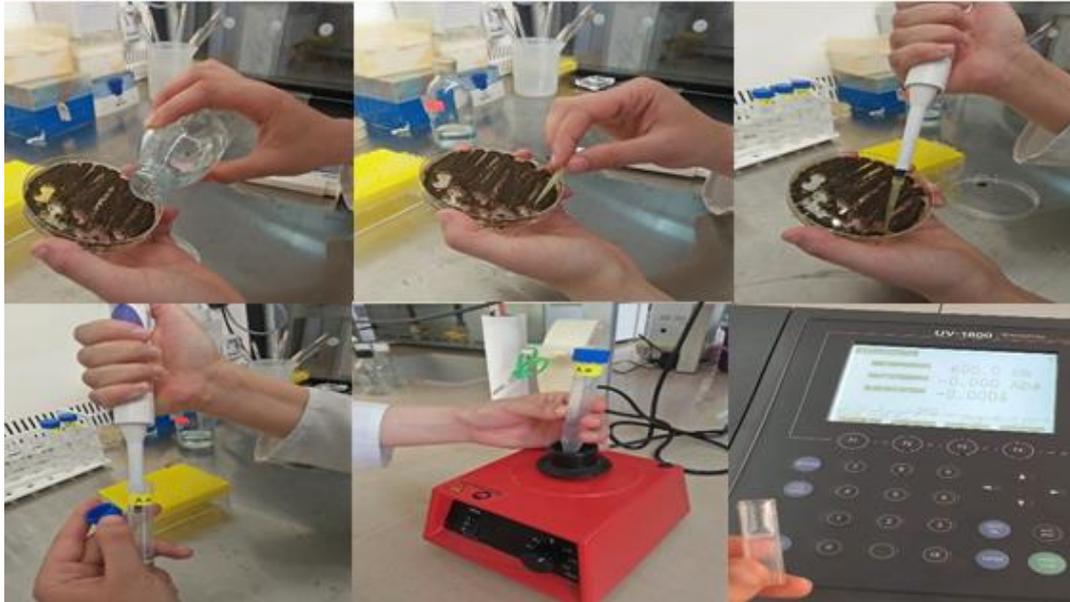


Figure 12 : Préparation de la suspension fongique (*Aspergillus niger*)



Figure 13 : Préparation de la suspension bactérienne

6.3. Test de biocontrôle d'*A. niger* sur feuilles

Les feuilles utilisées dans ce test sont à 20 jours après leurs implantation et sont récupérées à partir de la serre de Tala Hamza. Les différentes étapes effectuées sont représentés ci-dessous ;

- ✓ Choisir les feuilles avec soin (exempte de blessures et de pourriture, même calibre et même stade de maturation) ;
- ✓ Nettoyer les feuilles avec des papiers stériles

- ✓ Préparer des séries de boîtes tapissées avec du papier stérile pulvérisé avec l'eau ;
- 4 lots sont préparés pour cette expérience :
- **Lot 1** : 3 feuilles, pulvérisées avec l'eau physiologique (lot témoin)
 - **Lot 2** : 3 feuilles, pulvérisées avec l'eau physiologique + un disque de *A. niger*.
 - **Lot 3** : 3 feuilles, pulvérisées avec la suspension bactérienne
 - **Lot4** : 3 feuilles pulvérisées avec la suspension bactérienne + un disque de *A. niger*.
- ✓ Après la pulvérisation des différents traitements, les feuilles sont mises dans les boîtes à raison d'une seule feuille de poivron par boîte avec trois répétitions.
 - ✓ Pulvérisation des feuilles de lot 3 et 4 par la suspension bactérienne.
 - ✓ Dépôt des disques d'une culture jeune d'*A. niger* sur chaque feuille de poivron des lots 2 et 3.
 - ✓ Incubation des boîtes à 25°C pendant 7j et mesurer le chancre . (Bouaoud, 2018).

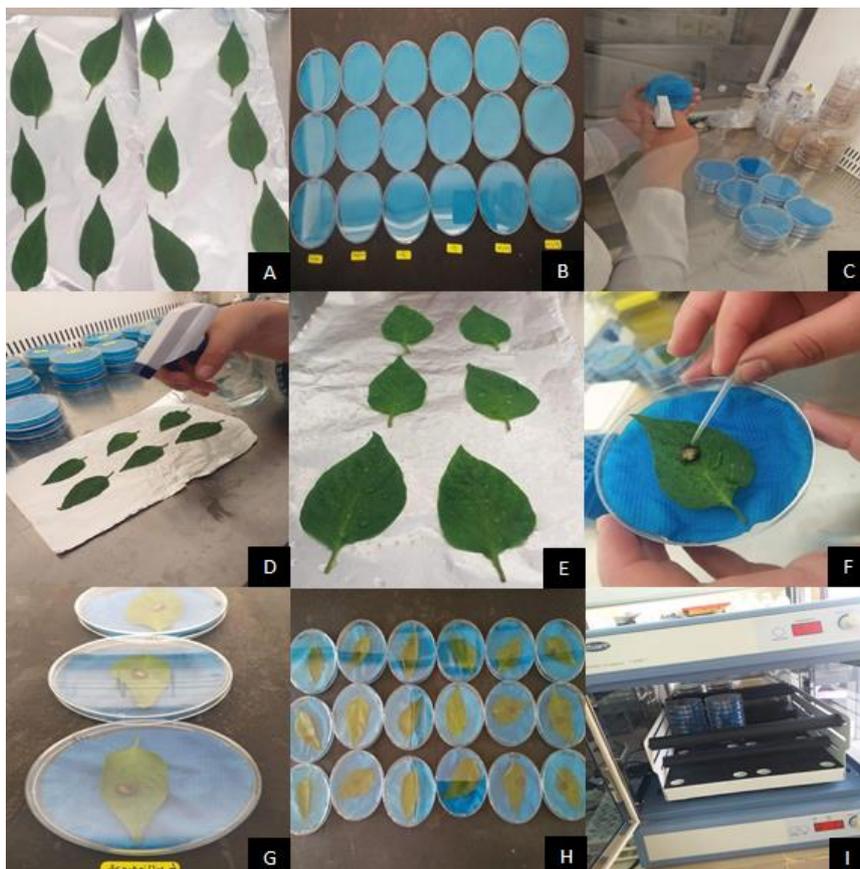


Figure 14: Les étapes de test de biocontrôle sur les feuilles du poivron

(A) Désinfection et séchage des feuilles ; (B) Préparation des boîtes avec le papier ; (C) pulvérisation des boîtes avec l'eau, (D) et (E) Pulvérisation des feuilles avec les différents traitements ; (F) Dépôt des disques d'*Aspergillus niger* ; (G) et (H) Les différents lots du test avant incubation ; (I) Incubation des boîtes du test dans l'étuve.

6.4. Test de biocontrôle d'*A. niger* sur fruit (Aydi-Ben Abdellah et al. , 2013).

Les différentes étapes suivies pour réaliser ce test sont les suivant ;

- ✓ Choisir les fruits avec soin (exempte de blessures et de pourriture, même calibre, et même stade de maturation)
- ✓ Désinfecter la surface des poivrons avec une immersion dans l'eau de javel (2 %) pendant 1 à 2 min suivie de deux lavages avec l'eau stérile
- ✓ Sécher à température ambiante
- ✓ Blessier les poivrons dans la zone équatoriale avec deux puits
- ✓ Après avoir blessé tous les poivrons, ces derniers sont répartis sous quatre lots ;

- ✓ **Lots 01** : Inoculation avec 30 µl de l'eau physiologique dans chaque puits (Témoin) ;
- ✓ **Lots 02** : Inoculation de 30 µl de l'antagoniste (CH1 et OR2) dans chaque puits ;
- ✓ **Lots 03** : Dépôt des disques de champignon dans chaque puits
- ✓ **Lots 04** : Inoculation de 30 µl de l'antagoniste (CH1 ou OR2) puis dépôt des disques de champignon dans chaque puits

- ✓ Les fruits de poivrons sont mis dans des boites tapissées au préalable avec du papier absorbant imbibé d'eau distillé stérile, à raison de trois poivrons par boites .
- ✓ Incubation a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 4 à 7 jours (le test est réalisé en duplicata).
- ✓ Les poivrons sont ensuite photographiés et la surface de lésions est déterminée en (cm^2) à l'aide du logiciel Image J.



Figure 15 : Les étapes de test de biocontrôle sur fruit

(A) et (B) Désinfection et séchage des poivrons ; (C) et (D) Préparation des boîtes du test ; (E) Blessure des poivrons ; (F) Préparation de la suspension bactérienne ; (H) Préparation des disques d'*Aspergillus niger* ; (I) Dépôt des disques de champignon sur le poivron ; (J) Dépôt des poivrons dans les boîtes ; (K) et (L) Incubation des boîtes du test dans l'étuve

6.5. Test de biocontrôle d'*A. niger* sur plante entière

Deux méthodes sont suivies pour la vérification de l'activité de biocontrôle d'*A. niger* sur plante de poivron. La première méthode est la méthode des chicots (Abro *et al.*, 2013), la seconde c'est la méthode incisions au niveau de la tige (Decognet *et al.*, 2010). Les différents lots sont réalisés en duplicata. Une partie est incubée sous serre et l'autre sur champ dans le but de faire une étude comparative.

6.5.1. La méthode des chicots

Elle consiste à la réalisation des chicots de 1 cm avec des ciseaux stériles au niveau des pétioles des plantes du poivron. Les différents traitements sont introduits dans les chicots.

- ✓ **1er lot :** Trois plantes comme témoins négatifs (injection de 20µl de l'eau physiologique stérile dans les chicots) ;

- ✓ **2ème lot** : Trois plante traitées avec la souche bactérienne seul (injection de 10µl de l'eau physiologique et une fois séché ajout de 10µl de l'antagoniste) ;
- ✓ **3ème lot** : Trois plantes de poivron contaminées la suspension fongique (injection de 10µl de l'eau physiologique et une fois séché ajout de 10µl d'*A. niger*).
- ✓ **4ème lot** : Trois plantes traité avec 10 µl de a suspension bactériennes puis l'ajout de 10µl de la suspension fongique.

6.5.2. La méthode des incisions

Les étapes de la réalisation de cette expérience sont les même que celles citées dans la méthode des chicots, la différence réside dans l'étape de l'inoculation par le champignon. Ce dernier est appliqué par ensemencement de toute la blessure formé préalablement, avec la culture fongique.

Les expériences sont réalisées dans des conditions naturelles pendant 15 jours. La longueur des chancres sur tige sont vérifiées chaque jour.



Figure 16 : Quelques étapes des tests de biocontrôle sur plante entières

INTRODUCTION

CONCLUSION

SYNTHÈSE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

GÉNÉRALITÉS SUR LES POIVRONS

CHAPITRE II
AGENTS PHYTOPATHOGÈNES ET
MOYENS DE LUTTE

MATÉRIELS ET MÉTHODES

RÉSULTATS ET DISCUSSION

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Liste des abréviations

PDA : **P**otato **D**extrose **A**gar (gélose dextrose à la pomme de terre).

PCA : **P**late **C**ount **A**gar (gélose pour dénombrement).

GN : **G**élose **N**utritive.

FAO : **F**ood and **A**griculture **O**rganization of the **U**nited **N**ations (Organisation des nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture).

D S A : **D**irection des **S**ervices **A**gricoles.

PGI : **P**ourcentage **G**rowth **I**nhibition

EPS : **E**au **p**hysiologique stérile

LB: **L**auria **B**ertani

Ha : **H**ectare

Qx : **Q**uintaux

Liste des figures

Figure 01 : Les composant du poivron	03
Figure 02 : Les variétés du poivron.....	03
Figure 03 : Classement mondial des 10 principaux producteurs de poivron et l'évolution de la production entre 2015 et 2020.....	05
Figure 04 : Symptômes d'infection fongiques sur le poivron.....	07
Figure 05 : <i>Aspergillus niger</i>	10
Figure 06 : Localisation géographique de la zone des prélèvements.....	13
Figure 07 : Culture de poivron sous serre.....	13
Figure 08: Ensemble des échantillons du sol rhizosphérique.....	14
Figure 09: Les différentes étapes d'isolement à partir d'un échantillon du sol.....	15
Figure 10: Mise en évidence de l'effet antagoniste des isolats bactériens à l'égard d' <i>A. niger</i>	16
Figure 11: Etapes de coloration de gram.....	18
Figure 12: Préparation de la suspension fongique (<i>Aspergillus niger</i>).....	19
Figure 13: Préparation de la suspension bactérienne.....	19
Figure 14: Les étapes de test de biocontrôle sur les feuilles du poivron.....	20
Figure 15 : Les étapes de test de biocontrol sur fruit.....	22
Figure 16 : Quelques étapes des tests de biocontrol sur plante.....	23
Figure 17 : Activité antifongique des isolats CH1, OR2, TO4 sur <i>A.niger</i>	24
Figure 18 : Pourcentage d'inhibition de la croissance d' <i>A.niger</i> par les isolats bactériens....	25
Figure 19 : Résultats du test d'antagonisme à l'égard d' <i>A. niger</i> sur feuilles de poivron.....	27

Figure 20 : Résultats du test d'antagonisme à l'égard d' <i>A. niger</i> sur les fruits de poivrons	28
Figure 21 : Surface de lésion en cm ² des zones pourries sur les fruits de poivron traité par les isolats bactériens.....	28
Figure 22 : Résultats des tests <i>in vivo</i> sur champ.....	29
Figure 23 : Résultats des tests <i>in vivo</i> sous serre.....	30

Liste des tableaux

Tableau I : Evolution de la superficie, production et rendement de piment en Algérie entre 2010 et 2020.....05

Tableau II : La classification d'*Aspergillus niger*.....10

Tableau III : Résultat des tests d'identification des deux isolats bactériens sélectionné.....27

Références bibliographiques

A

Abro MA , Lecompte F, Bryone F, Nicot PC. (2013). Nitrogen Fertilization of the host plant Influences production and pathogenicity of botrytis cinerea Secondary inoculum .Phytopathology 103 :261-267 .

Alabouvette C., Olivain C. et Steinberg C . (2006) .Biological control of plant diseases . The European situation .Eur J Plant Pathol . 114 :329-341 .

Alexopoulos, J. et Mims, C . W. (1979) . Subdivision *Zygomycotina*. En . Introductory Mycology. John Wiley and sons New York. 228p.

Anchisi, M. Gennari, M. Matta, A. (1985). Retardation of Fusarium wilt symptoms in tomato by pre- and post-inoculation treatments on the roots and aerial parts of the host in hot water. Physiological Plant Pathology. 26: 175-183

Anonyme 1, 2015. Les cultures des tomates, aubergines, poivrons, résumé de la conférence de m.Frrière (consulté le 28 /06/2022).

Anonyme 2, 2022. <https://www.tridge.com/fr/intelligences/bell-pepper/production> (consulté le 28/06/2022).

Auberto JN, Barbier JM, Carpentier A, Griljj, Guichard L, Lucas P, Savary S, Savini I, Voltz M. (2005). Pesticides , Agriculture et environnement .Réduire L'utilisation des pesticides et limiter leur impacts environnementaux .Rapport d'expertise scientifique collective .INRA.

Aydi-Ben Abdellah Rania ; Hassine Marwa ,Jabnun –Kharreddine Hayfa ; Ben jannet Hichem et Daami –Remadi Mejda.(2013). Microbiol .Hyg .Alimentaire . pp15-25.

Æ

Bailey A , Hanhong B , Daniel P , Hyoun S B , Mary D , Park S , Choong M , Rachel L. (2006). Endophytic *Trichoderma* Isolates from Tropical Environments Delay Disease Onset and Induce Resistance against *Phytophthora capsici* in Hot Pepper Using Multiple Mechanisms 16p.

Bayries et Marchou. (1976). Les maladies du poivron et du piment 75p.

Bezert G., Chappe P., Mourey A et Loubinoux B. (1996). Action de *Bacillus* et d'Actinomycètes sur les champignons de bleuissement du bois. Bulletin des Académie et Société Lorraines des Sciences. 35 (3): 177-190.

Black L, Sylvia K, Green Glen L, Hartman and Jean M. (1993). Maladies des poivrons, un guide pratique .departement of plant pathology and crop physiology Louisiana agricultural expérimenté Station Louisiana State University Agricultural Center Bâton Rouge LA 70803 USA. Centre Asiatique de recherche de développement de légumes ; Centre technique de coopération agricole et rurale ACP-CEE.P 14 ; 18 ; 24 ; 30 ; 32 ; 50 ; 64 ; 84 ; 88.

Blancard D. (1988). Maladies de la tomate : Observer, Identifier, Lutter. INRA Paris 1988. 205 p 50.

Boivin G. (2001). Parasitoides et lutte biologique : Paradigme ou Panacée. Vertigo, la revue électronique en science de l'environnement, 2.

Botelho GR, Mendonca-Hagler LC.(2006).Fluorescent Pseudomonads associated with the rhizosphere of crops-an overview .Braz J Microbial.37,401-416.

Bourgeois C.M., Mescle J.F., Zucca J. (1989). Microbiologie alimentaire. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Lavoisier. Paris. P. 216-244.

Ç

Chabasse, D., Bouchara, J.-P., De Gentile, L., Brun, S., Cimon, B., & Penn, P. (2002).Les moisissures d'intérêt médical. *Cahier de formation BIOFORMA*, 25(160), 19.

Chabérière C. et Caudal Y.T. (2007). Poivron protection phytosanitaire situation actuelle et perspectives. Rencontre technique-plan d'Orgon -5 octobre 2007.10p.

Chaux., Cl et Foury., Cl., (1994). Fiche technique : Productions légumières. Agriculture d'aujourd'hui. Tome 3, Tec et Doc Lavoisier.

- Chermette, R., & Bussieras, J. (1993).** Parasitologie vétérinaire. Mycologie, Edité par le Service de Parasitologie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Maisons-Alfort.
- Christelle. L., 2007.** Dynamique d'un système hôte-parasitoïde en environnement spatialement hétérogène et lutte biologique Application au puceron *Aphis gossypii* et au parasitoïde *Lysiphlebus testaceipes* en serre de melons. Thèse Doctorat., Agro Paris Tech, Paris.p 43-44.
- Choudhary D.K., Prakash A., Wray V et Johri B.N. (2009).** Insights of the *fluorescent Pseudomonas* in plant growth regulation. *Current Science*. 97 (2): 170-179
- Corbaz, R. (1990).** Principe de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes. Edition Presse polytechnique et universitaire romande, p.286.
- Clos J. (2012).** L'immunité chez les animaux et les végétaux (médecine sciences publications). Paris, France.
- CTFL. (2002).** Edition Centre Technique des Fruits et Légumes ; www.ctifl.fr (Octobre 2002), (<http://www.facebook.com/agrono-bio>); Annonceurs (Bioline, Clause-Tézier et Syngenta seeds).

Ɔ

- Decognet, V., F. Ravetti, C. Martin, and P. Nicot. (2010)** Improved leaf pruning reduces development of stem cankers caused by grey mould in greenhouse tomatoes. *Agronomy for Sustainable Development* 30, 2.:465 - 472.
- Dedryver. C.A., 1982.** Qu'est-ce qu'un puceron ? journal. D'info et d'étude « : les pucerons des cultures, Le 2, 3 et 4 mars 1981. Ed. Bourd, Paris. pp9-20.
- Deleu, M., Paquot, M., & Nylander, T. (2005).** Fungicide interaction with lipid monolayers at the air–aqueous interface-implication for the effects of fungicide on biological membranes. *Journal of colloid and interface science*, 283(2), 358-365.
- Donmez, M.F., Esitken, A., Yildiz, H., et Ercisli, S. (2011).** Biocontrol of *botrytis cinerea* on strawberry fruit by plant growth promoting bacteria. *J. Anim plant Sci*, 21(4), 758-763.
- Direction du commerce de la wilaya de Bejaïa. (2022).**
- Dire Tristan. (2006).** contribution à la stratégie de sélection de génotypes de piment (*Capsicum annum*) adaptés aux conditions tropicales chaudes et humides. Doctorats agronomie, école nationale supérieure d'agriculture, Senegal. ction des innovations et des systèmes d'information P75.

£

Elad Y., Shtienberg D.(1995). *Botrytis cinerea* in greenhouse vegetables: Chemical,cultural, physiological and biological controls and their integration, Integrated Pest Management Reviews 1, 15-29.

Elattir H, Skidedj A, Alfadl A. (2009). Fiche technique V : La tomate, L'aubergine, poivron, et gambo, Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA n°100. Ministre de l'agriculture et de développement rural. Royaume du Maroc. 10p.

El-Oumairini A. (2000). Entomofauna of pepper plants and the effect of plants and the effect of plant variety on biology and morphology of aphids. 27p.

Elmhirst J. (2006). Profil de la culture de poivron de serre au Canada. Elmhirst Diagnostic and Research Abbotsford (Colombie-Britannique) Canada (4):50 p.

Érard, P. (2002) poivron Ed, centre technique interprofessionnel des fruits et des légumes, Paris p.

ƒ

Fan,H., RU,J.,Zhang ,Y.,Wang,Q.,& Li,Y.(2017).Fengycin produced by *Bacillus subtilis* 9407 plays a major role in the biocontrol of apple ring rot disease.Microbiological Research, 199,89-97 .

FAO. <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/FBS>. Consulté en 26 juin 2022.

Franz K ., Frédrie P. (1992). Pathologies des végétaux cultivés, Edition ORSTOM, Paris,12p

Fournier. A., 2010 .Assessing winter survival of the aphid pathogenic fungus *Pandora neoaphidis* and implications for conservation biological control. Thèse Doctorat. Univ Eth Zurich.

ƒ

Howard R, Allan G, Lloyd W, 1994. Diseases and Pests of vegetable Crops in Canada Société canadienne de phytopathologie et Société entomologique du Canada, 534p

ƒ

Idris H.A., Labuschagne N et Korsten N. (2007). Screening rhizobacteria for biological control of *Fusarium* root and Crown root of sorghum in Ethiopia. *Biological Control*. 40 (1): 97-106.

Inam-ulmhaq M., Javed N., Ahmad R., Rehman A. (2003). Evaluation of different strains of *Pseudomonas fluorescens* for the biocontrol of *Fusarium* wilt of chickpea. *Pakistan Journal of Plant Pathology*, 2(1), 65-74.

J

Jacob Ruegg , René Total , Mauro Jermini ,Sebstiano Scettrini ,Ronald Wohlhauser ,Stefan Wolf et Graham Sanderson (2012).Recherche agronomique suisse ;pp 28-35.

Jamali F.,Shi –Tehrani A .,Lutz M.P et Maurhofer M .(2009). Influence of Host plant génotype , presence of a pathogen , and coinoculation with *Pseudomonas Fluorescens* Strains on the rhizosphere expression of hydrogen Cyanide – and 2,4 –Diacetylphloroglucinol biosynthesis Genes i *P . Fluorescens* biocontrol strain CHAO . *Microb Ecol . 57* :267-275.

K

Kohler F et Pellegrine F. (1992). Pathologie des végétaux cultivés. Edition de l'ORSTOM ; ISBN 2-7099-1113-2,22p

Kwon-Chung, K. J., & Sugui, J. A. (2009). What do we know about the role of gliotoxin in the pathobiology of *Aspergillus fumigatus*? *Medical mycology*, 47(Supplement_1), S97-S103.

L

Leroux p. (2003) Mode d'action des produits phytosanitaire sur les organismes pathogènes des plantes. mode of action of agrochimicals toward plant pathogène . biologie et pathologie végétale / plant biology and pathology ,326, 9-21 .

Le poivre P. (2003). Phytopathologie : bases moléculaire et biologiques des phytosystèmes et fondements des stratégies de lutte. De Boeck université, Bruxelles.

M

Marschner P .et Timonen S .(2006). Bacterial community composition and activity in rhizosphere of roots colonized y arbuscular mycorrhizal fungi . In Mukerji KG ,Manoharachary C , Singh J .(eds), *Microbiam activity in the rhizoqphere* ,soil biol .7 :139-154.

Messiaen C.M., Blacars D., Rouxel F. et Lafon R. (1991). Les maladies des plantes maraichères. Ed. INRA Paris. 568p.

Miller, R. N. G., Costa Alves, G. S., & Van Sluys, M. A. (2017). Plant immunity: unravelling the complexity of plant responses to biotic stresses. *Annals of botany*, 119(5), 681-687.

N

Nakkeeran S et Fernando G.T.D. (2005).La croissance des plantes rhizobactéries formulation formulation et champ d’application en matière de commercialisation de la gestion des ravageur et des maladies. In: Siddiqui Z.A (ed) PGPR :biocontrôle et biofertilisation.Springer Dordrecht. 257-296.

Nasraoui B. (2008) . principales maladies fongiques des céréales et des légumineuse en tunisie main fungale diseases of cereal and legums in Tunisia . Centre de publication universitaire, Tunisie 185 p.

Ni, M., & Yu, J.-H. (2007). A novel regulator couples sporogenesis and trehalose biogenesis in *Aspergillus nidulans*. *PloS one*, 2(10), e970.

Nicklin J., Graeme-Cook K., Paget T. & Killington R. (2000).L’essentiel en microbiologie. Berti. Paris. P. 210-216.

P

Palloix A. (1995). Histoire du piment, de la plante sauvage aux variétés modernes. PHM- Revue Horticoles, décembre 1995 N° 365-366,41-43p.

Pérez – Garcia A ., Romero D., Aeriouh H., de Vicente A. (2011). Biological control of phytopathogenic fungi by qerobic Endospore –formers. *Endospor-Forming soit Bacteria*, 27, 157-180.

Pochard E, Palloix A, Daubeze M, 1992. Le piment. Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection, INRA, 2-7380-0383-4. 420p.

Q

Gerhardson B. (2002). Biological substitutes for pesticides. *Trends in Biotechnology*.20. (8): 338-343.

Gust A.A., Brunner F et Nurnberger T. (2010). Biotechnological concepts for improving plant innate immunity. *Current Opinion in Biotechnology*. 21: 204-210.

R

RAi A.(2017) .Effet du stress salin sur les bactéries du sol : role d'extraits dérivés de *Enteromorpha intestinalis* , *Ulva lacuta* et *opuntia ficus – indica* sur la relation bactérie –plante sous stress salin (Doctoral dissertation , Université Ferhat Abbas Sétif).

Regnault –Roger C , JR Philogène B , vincent C . (2008) .Biopesticides d'origine végétale. Technique et documentation. Paris. 546 p.

Ryu CM , Farag MA ,Hu CH ,Reddy MS , Wei HX , Paré PW , Kloepper JW , (2003) . Bacterial volatiles promote growth in *Arabidopsis* . *Proceedings of the National Academy of sciences* . 100 :4927-4932 .

S

Singleton P. (2005). Bactériologie : Pour la médecine, la biologie et la bactériologie. 6ème édition. Dunod-Paris. 480-49.

Skiredj A, Elattir H, ElFadl A. (2005). Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Département d'horticulture. Site Internet : www.legume-fruit-maroc.com, 2005. Consulté le 30 Mai 2007.

Smahi A. (2008). Contrôle biologique de la fusariose vasculaire de la Tomate causée par *Fusarium oxysporum* f.sp.*licopersici* .Thèse de Magister . Université d'Oran, Algérie

T

Tristan. (2006). contribution à la stratégie de sélection de génotypes de piment (*Capsicum annum*) adaptés aux conditions tropicales chaudes et humides .Doctorats agronomie, école nationale supérieure d'agriculture, Sénégal.

Touaibia M. (2015). composition chimique et activité antifongique de l'huile essentielle de *mrytus communis* sur milieu de laboratoire et sur les fruits de fraise, «Nature &technologie »,B-sciences agronomiques et biologique , (12) : 65-70 .

V

Valdez V, 1994. Cultivode Aji, Edition : Centro d'information de FDA. 17p.

Vespermann , A, Kai , M et piechulla ,B(2007) , Rhizobacterial volatiles affect the growth of fungi and Arabidopsis thaliana .Appl . Environ . Microbial . 73 ,5639-5641.

W

Whipps JM. (1997). Plant Pathology and Microbiology Department ,Horticulture Research International , Welles Bourne , Warwick CV 35 9 EF .26,1-134

Worrall, E. A., Hamid, A., Mody, K. T., Mitter, N., & Pappu, H. R. (2018). Nanotechnology for plant disease management. *Agronomy*, 8(12), 285.

Z

Zhang X.et ErvinE.H. (2008). Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatinriboside on creeping bentgrass heat tolerance. *Crops Sci.* 48 :364-370 .

I. Isolement de bactéries rhizosphériques

les études et les expériences réalisées dans le but de la recherche de nouveaux moyens de protections et de lutte contre les agents phytopatogènes, ont révélé que le biocontrôle est une méthode d'un grand intérêt industriel et agronomique

Dans cette présente étude ,la zone rhizosphérique est choisie comme lieu de prélèvement car c'est le lieu d'interaction entre le sol, la plante et les microorganisme. En raison de nombreuse interactions, des échanges et de la compétition qui existent dans cette zone, la probabilité d'isolement de bactéries dotées de propriétés caractérisant les agents de biocontrôle est important. Les isolats obtenus à partir des échantillons rhizosphériques sont isolés sur le milieu PCA. La purification des bactéries a permet d'obtenir une diversité de colonies différentes en terme d'aspects , de couleur ,de taille et de forme. 44 isolats bactériens ont été obtenus à partir les échantillons du sol. Les 4 d'autres ont été fournies par l'équipe de laboratoire LMER.

II. Mise en évidence de l'activité antifongique des isolats (*in vitro*)

L'activité antifongique des isolats obtenus à l'égard d'*Aspergillus niger* dans la présente étude est évaluer par mesure des pourcentages d'inhibition de la croissance (PGI%). La méthode suivie dans cette partie est la méthode de confrontation sur gélose, qui est une technique qui permet d'avoir un aperçu préliminaire sur l'aptitude d'un isolat à inhiber la croissance fongique. L'aspect des zones d'inhibition est présenté dans la figure suivante.

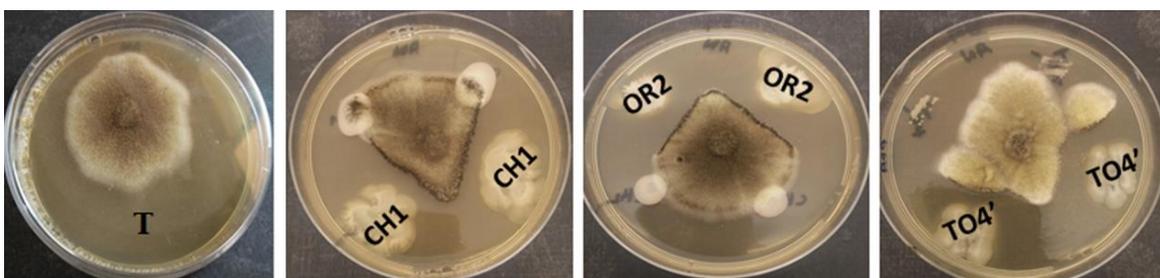


Figure 17: Activité antifongique des isolats CH1, OR2, TO4' sur *A.niger*

T : Témoin

Après 7 jours d'incubation les 48 isolats, ont montré une action inhibitrice envers *A.niger* avec des pourcentages d'inhibition (PGI%) qui varient selon les isolats testés. Les résultats des PGI % obtenus lors du test *in vitro* sont présenté dans le graphe ci- dessous ;

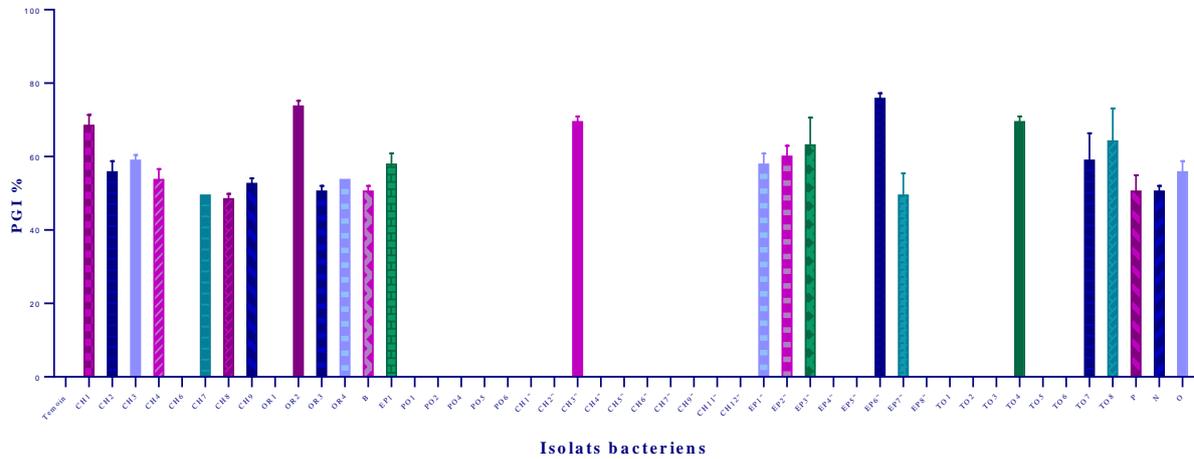


Figure 18: Pourcentage d'inhibition de la croissance d'*A.niger* par les isolats bactériens testée *in vitro*.

Le test d'antagonisme *in vitro* a permis d'estimer le potentiel inhibiteur des bactéries *vis-à-vis* *A.niger*.

Les pourcentages d'inhibitions varient entre 40 et 75 %. Les isolats CH1, OR2, CH3, EP6'' et TO4, ont montré une forte activité contre *A.niger* avec un PGI% > 68% , les pourcentages d'inhibition de la croissance par les isolats CH1, OR2, CH3, EP6'' et TO4 est de 68.4%, 73.7%, 69.5%, 75.8%, 69.5% respectivement.

Une inhibition moyenne de croissance est montrée par les isolats (CH2, CH3, CH4, CH7, CH8, CH9, OR3, OR4, B, EP1, EP1'', EP2'', EP3', EP7'', TO7, TO8, P, N et O avec un pourcentage 40% < PGI < 68%. Les autres isolats n'ont présenté aucune activité inhibitrice.

Plusieurs travaux ont montré que les souches bactériennes inactives sur boîtes (*in vitro*) sont généralement inactives aussi *in vivo*. Il est donc préférable de passer par des tests *in vitro*, et cela malgré les limites de ces derniers, pour le contrôle *in planta* (Inam-ul-haq *et al.*, 2003). Sur la base de cette hypothèse et les résultats du test *in vitro*, deux isolats bactériens ont été sélectionnés pour les tests *in vivo*. Il s'agit des isolats CH1 et OR2 qui ont montré des PGI% de 68,4% et 73,7% respectivement. Ces mêmes isolats ont montré également un effet antagoniste remarquable à l'égard de *B. cinerea* avec des PGI% de 73.49% et 67.47% (Etude effectuée en parallèle par SALHI Hanane et SMAÏL Cylia sous le

thème Isolement et sélection d'agents de biocontrôle de quelques phytopathogènes de la tomate).

Les autres isolats (CH3'', EP6'', TO4, CH2, CH3, CH4, CH7, CH8, CH9, OR3, OR4, B, EP1, EP1'', EP2'', EP3', EP7'', TO7, TO8, P, N, O), ont perdu leurs activités antifongiques après 15 jours d'incubation.

La capacité des souches bactériennes rhizosphériques à synthétiser des substances antimicrobiennes spécifique, influencent directement la croissance des plantes et réduisent l'incidence de maladie des plantes (Ryu et al., 2003 ; Vespermann et al., 2007 ; Zhang et al., 2008).

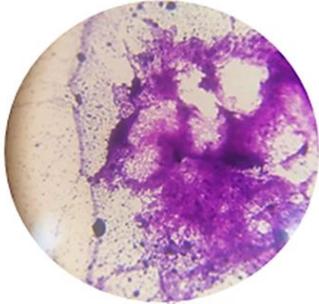
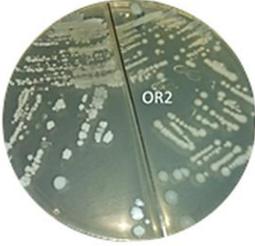
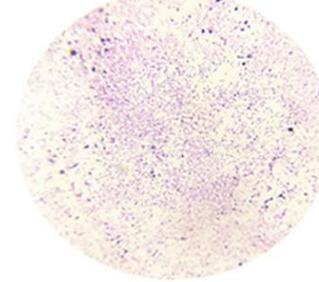
La différence observée entre les pourcentages d'inhibition des souches antagonistes testées est peut-être dû aux mode d'action et/ou le type et quantité des substances bioactives produites par les isolats, comme elle peut être également lié à la taxonomie des bactéries qui sont différentes (Donmez et al., 2011). Les conditions de production des métabolites bioactifs (composition de milieu de culture, pH, température et le temps d'incubation) peuvent être à l'origine de cette variabilité de résultats.

Le pouvoir antagoniste des bactérie est due à plusieurs mécanismes comme la production des molécules antibiotiques et la sécrétion des enzymes hydrolytique qui sont responsable de la dégradation des spores ou les hyphes des champignons phytopathogènes. La compétition pour les nutriments joue également un rôle important dans l'inhibition de la croissance des champignons par l'inhibition de la germination de leur spore et aussi d'autre mode d'action (Marschner et Timonen, 2006 ; Jamali et al., 2009 ; Calvo et al., 2010 ; Alabouvarette et al., 2006 ; Whipps, 2001).

III. Identification des isolats sélectionnés

L'étude microscopique est basée sur la coloration de Gram, cette technique nous a permet de distinguer entre bactéries Gram négatifs et des bactéries Gram positif qui apparaissent sous deux formes, les résultats obtenus sont représenté ci-dessous ;

Tableau III : Résultat des tests d'identification des deux isolats bactériens sélectionné

Isolats	Aspect des colonies	catalase	Coloration de gram		
			forme	gram	Aspect microscopique
OR2		+	Bacille	+	
CH1		+	Bacille	-	

L'ensemble des caractères phénotypiques comprenant l'aspect des colonies, la forme le Gram des bactéries ainsi que le test catalase (Tableau III) nous laissent supposer que les isolats peuvent appartenir aux genres *Bacillus* et *Pseudomonas*. De plus, selon plusieurs auteurs les agents de biocontrôle isolés à partir des zones rhizosphériques appartiennent en grande partie aux genres *Bacillus* et *Pseudomonas*.

IV. Test de biocontrôle d'*A. niger* in vivo

IV.1. Test d'antagonisme à l'égard d'*A. niger* sur feuilles de poivron

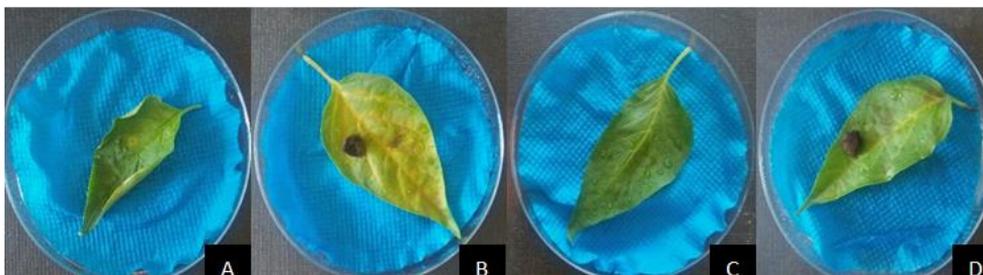


Figure 19: Résultats du test d'antagonisme à l'égard d'*A. niger* sur feuilles de poivron

(A) Témoin ; (B) La feuille + *A. niger* ; (C) La feuille + souche bactérienne ; (D) La feuille + *A. niger* + La souche bactérienne.

Après 7 jours d'incubation des feuilles de poivron à 25 ± 2 C°, aucune lésion sur les feuilles n'a été observée.

IV.2. Test d'antagonisme à l'égard d'*A. niger* sur fruit de poivron



Figure 20: Résultats du test d'antagonisme à l'égard d'*A. niger* sur les fruits de poivrons

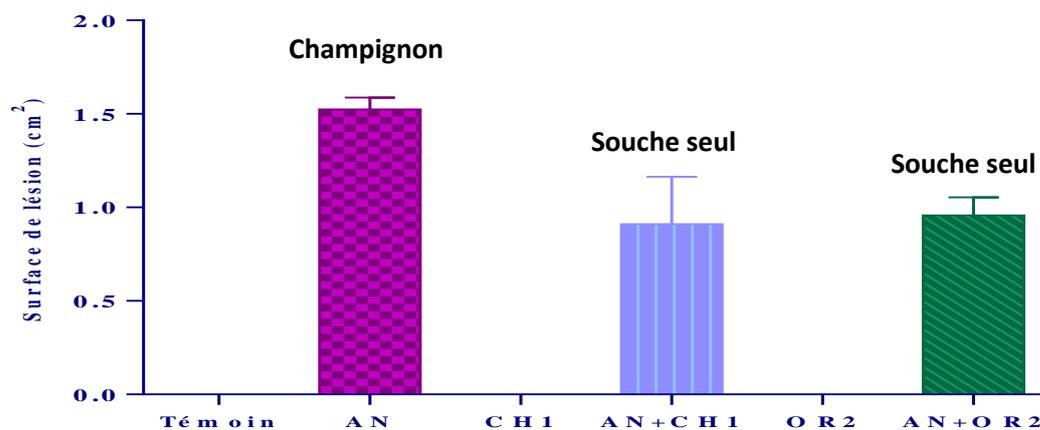


Figure 21: Surface de lésion en cm² des zones pourries sur les fruits de poivron traité par les isolats bactériens.

Après 10 jours d'incubation des poivrons à $25 \pm 2^\circ\text{C}$, les les lésion provoqué par *A. niger* sur les poivrons avec ou sans traitement bactérien ont été photographiées et les images sont par la suite analysé par le logiciel Image J pour déterminer les surfaces de lésions en cm^2

Les résultats obtenus ont montré que sur le témoin positif (*A. niger* seul), la surface de lésion mesure $1,6 \text{ cm}^2$. Les poivrons traités préalablement avec l'un des isolats, présentent des surfaces de lésion moins importante que celle de témoin positif. Les valeurs de lésions varient en fonction de l'isolat testé. La surface de lésion en présence des isolats OR2 et CH1 sont de $0,9 \text{ cm}^2$ et $0,75 \text{ cm}^2$ respectivement.

IV.3. Test d'antagonisme à l'égard d'*A. niger* sur plante entières

Le suivi de la croissance des plantes de poivron sous serre et sur champ nous a permis d'enregistrer les résultats représentés dans les figures suivantes.

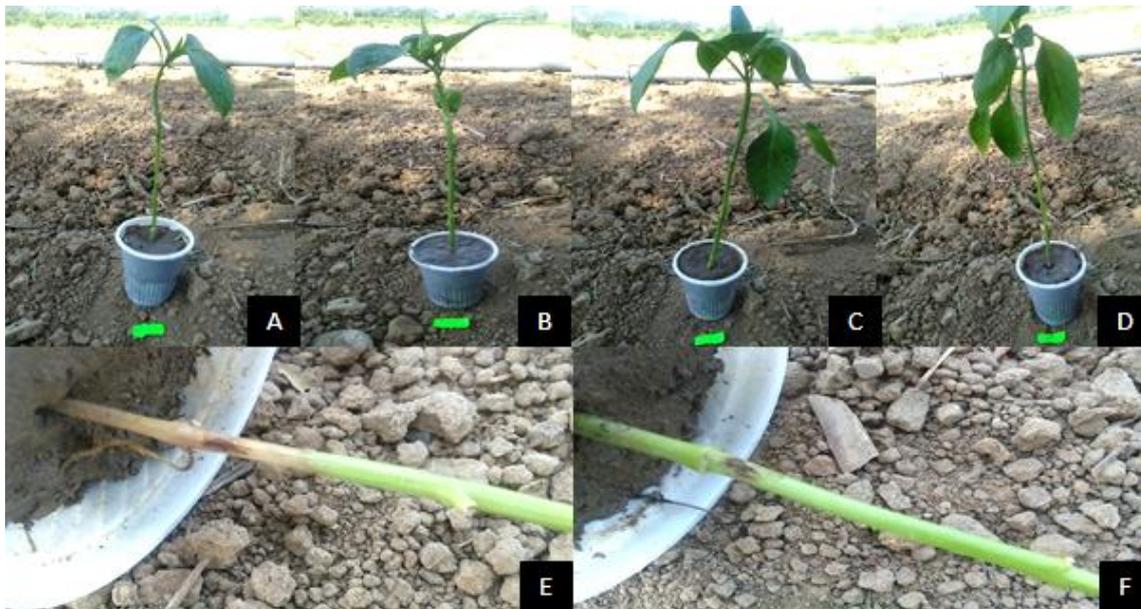


Figure 22: Résultats des tests *in vivo* sur champ

(A) Témoin ; (B) Souche bactérienne ; (C) Souche + *A. niger* ; (D) *A.niger* ; (E) Site de blessure avec le champignon ; (F) Site de blessure avec le champignon + la souche.

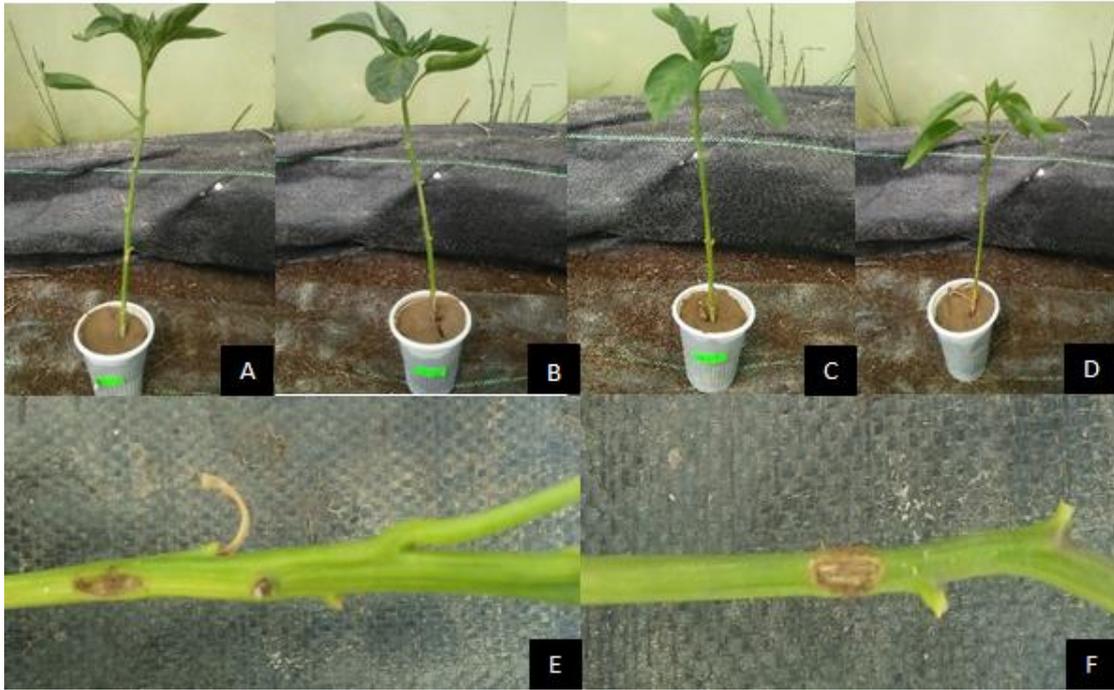


Figure 23 : Résultats des tests *in vivo* sous serre

(A) Témoin ; (B) Souche bactérienne ; (C) Souche + *A. niger* ; (D) *A. niger* ; (E) Site de blessure avec le champignon ; (F) Site de blessure avec le champignon + la souche.

Le test de biocontrôle sur plante entière a été réalisé sous deux conditions différentes (sous serre et sur champs) dans le but de faire une comparaison entre l'agressivité de champignons *A. niger* sur champs et sous serre. Egalement cette étude pouvait nous renseigner sur l'influence des conditions de culture sur le pouvoir antagoniste des isolats bactérien. Pendant 15 jours de suivi de cette expérience, aucun développement de champignon n'a été enregistré. Et de ce fait le pouvoir antagoniste de nos deux isolats n'a pas pu être vérifié sur plante.

Les trois expériences réalisées *in vivo* ont donné des résultats variables. Sur les feuilles, l'absence de développement de *A. niger* ne nous a pas permis de vérifier l'efficacité de l'isolat OR2 et CH1 sur feuille. Plusieurs hypothèses peuvent être émises pour expliquer ces résultats. Les feuilles proviennent de plantules traitées préalablement ; les conditions de l'expérience n'étaient pas optimales pour la croissance de champignons ; la souche fongique n'attaque pas les feuilles.

Sur fruits, la souche fongique a pu se développer et le potentiel de biocontrôle des deux isolats a pu être vérifié.

OR2 a montré un effet antagoniste modéré comparé à l'isolat CH1 qui a inhibé remarquablement la croissance d'*A.niger* sur les fruits de poivron. Ces résultats montrent que les isolats testés ont réduit à des degrés variables le développement du champignon.

Jha et al, (2019), dans une étude sur l'effet de deux isolats associées aux racines: *Bacillus megaterium* (bactérie rhizosphérique) et *Pseudomonas aeruginosa* (bactérie endophyte) dans le bio-contrôle d'*Aspergillus niger* sur le maïs, ont montré que ces deux souches utilisés comme agents de bio-contrôle ont réduit l'incidence de la maladie sous serre.

Dans une étude sur l'effet antagoniste de *Bacillus* contre la pourriture des pommes, Fan et al, (2017) ont rapporté que cet souche a contrôlé efficacement l'agent pathogène *A. niger*. Rai (2017) a montré que l'antagoniste *P. protegens*-RhiNA a exprimé une forte activité inhibitrice vis-à-vis développement de *B. cinerea* sur les fruits de pomme.

Le potentiel antagoniste de nos isolats, pourrait être attribué à leur compétitivité, sur les nutriments et l'habitat par rapport à l'agent pathogène. le pouvoir antagoniste des agents biologiques peut être également lié à l'activité des enzymes lytiques, comme les protéases, les lipases, les cellulases, les chitinase et les glucanases . Ces enzymes sont capables de détruire les polysaccharides, responsables de la rigidité des parois cellulaires des champignons (Aydi-Ben Abdellah et al ., 2013). La production de fengycine, un lipopeptide bioactif produit par le genre *Bacillus*, est un autre mécanisme impliqué dans le contrôle des champignons filamenteux (Deleu et al, 2005). D'après Fan et al (2017), la fengycine produite par *Bacillus* joue un rôle majeur dans l'inhibition du développement du champignon phytopathogène.

Comme c'est mentionné précédemment, l'efficacité de nos isolats dans le contrôle de développement d'*A. niger* sur les plantes entière n'a pas pu être vérifiée. Cela est peut être lié aux conditions sur champs et sous la serre qui était non contrôlable (température varie entre 40 et 50 C° avec une humidité relative inférieure à 50 % et le manque d'aération et l'excès de lumière qui traverse la serre en plastique. L'absence de développement de champignon est peut être également lié à la plante (variété résistante) test, qui peut être traitée auparavant ou précédent contre *A. niger* ou à la souche fongique utilisé dans ces expériences, qui peut être non agressif sur la tige de poivron.

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction..... 01

Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le poivron

I.1. Description.....	03
I.2. La culture du poivron.....	04
I.3. La valeur nutritionnelle du poivron.....	04
I.4. Importance économique de la culture du poivron.....	04
I.5. Facteurs abiotiques et biotiques limitant la production du poivron.....	06

Chapitre II : Agents phytopathogène et moyens de lutte

II.1. Les principales maladies fongiques

II.1.1. L'odium.....	07
II.1.2. L'anthracnose.....	07
II.1.3 La pourriture grise.....	08
II.1.4. Fusariose.....	08
II.1.5. L'alternariose.....	08
II.1.6. Mildiou.....	08
II.1.7. Moisissure de la gousse.....	08

II.2. Les agents phytopathogènes

II.2.1. Exemple d'un champignon phytopathogène : <i>Aspergillus niger</i>	09
II.2.2. Taxonomie de l'espèce <i>Aspergillus niger</i>	09
II.2.3. Caractères culturaux.....	10

III. Moyens de lutte contre les agents phytopathogènes

III.1. La lutte culturale.....	11
III.2. La lutte physique.....	11
III.3. La lutte génétique.....	11
III.4. La lutte biologique.....	12
III.5. La lutte génétique.....	12

Matériels et méthodes

I. Localisation de la serre agricole.....	13
II.Echantillonnage	13
III. Isolement et purification des isolats bactériens.....	14
VI.Mise en évidence de l'activité antifongique des isolats bactériens	15
V. Identification des isolats bactéries sélectionnés.....	17
V.1. Aspect macroscopique... ..	17
V.2. Aspect microscopique.....	17
V.3. Test de la catalase	18

IV. Test de biocontrôle d'*A.niger* in vivo

IV.1. Préparation de la suspension fongique	18
IV.2. Préparation e la suspension bactérienne	18
IV.3. Test de biocontrôle d' <i>A.niger</i> sur feuilles	19
IV.4. Test de biocontrôle d' <i>A.niger</i> sur fruits.	21
IV.5. Test de biocontrôle d' <i>A.niger</i> sur plante entiers.....	22
IV.5.1. La méthode des chicots... ..	23
IV.5.2. La méthode des incisions.....	23

Résultats et discussion

I.Isolement de bactéries rhizosphériques... ..	24
II. Mise en évidence de l'activité antifongique des isolats	24
III. Identification des isolats sélectionnés... ..	27

PDF Converter

Only two pages were converted.

Please **Sign Up** to convert the full document.

www.freepdfconvert.com/membership

Résumé

L'objectif de ce travail est de réaliser une étude comparative sous serre et sur champ de l'activité antagoniste des isolats bactériens rhizosphériques. 44 isolats bactériens isolés à partir des sols prélevés à Bejaïa (Tala Hamza) et 4 isolats provenant de la collection de laboratoire LMER, ont été testés pour leur pouvoir antagoniste *in vitro* à l'égard d'*Aspergillus niger*. 50% des isolats ont montré un pouvoir antagoniste remarquable, avec des PGI % > 68 %. Deux isolats (CH1 et OR2) ont été sélectionnés pour des tests *in vivo* sur plantes, feuilles et fruits de poivron. L'identification préliminaire a montré que les isolats CH1 et OR2 présentent des caractéristiques du genre *Pseudomonas* et *Bacillus* respectivement. Les résultats de l'activité antifongique sur le fruit de poivron montrent une action inhibitrice remarquable à l'égard d'*A. niger*. Les tests réalisés sur les feuilles et les plantes entières n'ont pas donné de résultats et l'activité n'a pas pu être vérifiée (le champignon ne s'est pas développé durant l'expérience).

Mots clés : Phytopathogènes, Poivron, *Aspergillus niger*, Biocontrol.

Abstract

The objective of this work is to carry out a comparative study, in a greenhouse and in the field, of the antagonistic activity of rhizospheric bacterial isolates. 44 bacterial isolates isolated from soils sampled in Bejaïa (Tala Hamza) and 4 isolates from the LMER laboratory collection were tested for their *in vitro* antagonistic activity against *Aspergillus niger*. 50% of isolates showed significant antagonistic activity, with PGI% > 68%. Two isolates (CH1 and OR2) were selected for *in vivo* tests on pepper plants, leaves and fruits. Preliminary identification showed that isolates CH1 and OR2 presented the same characteristics of the genus *Pseudomonas* and *Bacillus* respectively. The results of the antifungal activity on pepper fruit showed a remarkable inhibitory effect against *A. niger*. The tests performed on the leaves and the whole plants, didn't give any results and the activity could not be verified (the fungus didn't grow during the experiment).

Key words : Phytopathogens, Pepper, *Aspergillus niger*, Biocontrol.