



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Akli Mouhadj Bouira
Faculté des Sciences de la Nature de la Vie et Sciences de la Terre
Département des Sciences Biologiques



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/2019

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV **Filière** : Sciences Agronomiques

Spécialité : Phyto pathologie

Présenté par :

MHABOUL Seif eddine

Thème

*Contribution de l'étude de Fusariose et
l'Alternariose en vue d'une lutte biologique dans
la région de Bouira*

Soutenu le : 21/09/2019

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

M LAMINE

MAA

Univ. de Bouira

Présidente

M KEBDANI

MCA

Univ. de Bouira

Promoteur

M RAY

MAA

Univ. de Bouira

Examineur

M LIBDIRI

.....

Univ. de Bouira

Invité

Année Universitaire 2018/2019

Remerciement

Je remerciés Dieu le tout puissant pour le souffle de vie qu'il nous a accordé.

Un vif remerciement s'adresse à mes chers parents qu'ils m'ont encouragés durant tout notre cursus.

Je tiens à remercier sincèrement **M. KEBDANI** qui fut pour moi un encadreur attentif et disponible malgré ses nombreuses charges. Sans son accompagnement ce mémoire n'aurait jamais vu le jour. Sa compétence, sa rigueur scientifique et sa clairvoyance m'ont beaucoup aidées dans mon parcours. Il a été de tout temps disponible avec moi pendant la préparation jusqu'à la finalisation de ce mémoire. Il a été et restera un modèle exemplaire dans ma formation.

Je remercie infiniment les membres des jurés Enseignant au département SNV pour votre aide donc merci pour votre présence. Et pour votre aide, gentillesse vous être aussi un super exemple soit dans votre travail super exemple dans l'administration de SNV ou bien dans les spécialités de l'agronomie.

Je souhaite aussi adresser mes remerciements à **Mme MARRI, M. TOMI, Mme MELOUK** pour leur soutien, Merci à tous les membres de l'administration et sons oubli la secrétaire de la SNV Malika.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à **M^{elle} BENABDERRAHMANE** pour son aide afin d'accomplir ce travail. Comme aussi, je lui adresse mes vifs remerciements pour sa disponibilité, sa gentillesse ainsi que ses conseils.

Encore un grand merci pour tout ceux qui ont participé à l'élaboration de près ou de loin de ce travail.

Table des matières

Remerciement

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Chapitre I : Présentation de la plante hôte *Solanum tuberosum* (Pomme de terre).

I.1.	Origine.....	3
I.2.	Distribution actuelle de <i>Solanum tuberosum</i>	3
I.3.	Botanique.....	3
I.3.1.	Taxonomie.....	3
I.3.2.	Variété de la pomme de terre	4
I.4.	Morphologie de la plante hôte	4
I.4.1.	Description de l'Appareil aérien	4
I.4.2.	Description de l'appareil souterrain	5
I.5.	Exigences pédoclimatiques.....	6
I.5.1.	La température.....	6
I.5.2.	Lumière	6
I.5.3.	Pluviométrie	7
I.5.4.	L'humidité.....	7
I.5.5.	Le sol.....	7
I.6.	Les maladies physiologiques	8
I.7.	Maladie lie aux agents pathogènes	8
I.7.1.	Maladie bactérienne	8
I.7.2.	Les maladies virales	10
I.7.3.	Les maladies cryptogamiques	10
I.8.	Les ravageurs	13
I.8.1.	Les insectes	13
I.9.	Méthodes de lutte contre les maladies de pomme de terre	18
I.9.1.	Lutte chimique.....	18
I.9.2.	Méthodes culturales.....	18
I.9.3.	La lutte biologique	18
I.10.	Bacillus spp.....	19

I.10.1. Classification du genre <i>Bacillus</i>	19
I.10.2. L'utilisation de genre <i>Bacillus</i> dans la lutte biologique	20

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II.1. Présentation de la zone d'étude	22
II.1.1. Situation géographique de la région d'étude	22
II.1.2. Occupation du sol	22
II.1.3. Hydrologie	23
II.1.4. Climatologie	23
II.1.5. Température	24
II.1.6. Synthèses bioclimatiques	25
II.1.7. Quotient pluviothermique d'Emberger	26
II.2. Étude microbiologique	28
II.2.1. Analyse mycologique	28
II.2.2. L'activité antifongique <i>in vitro</i> des souches antagonistes <i>Bacillus spp</i>	32

Chapitre III: Résultat et discussions

III.1. Résultats	34
III.1.1. Dénombrement de la flore fongique	34
III.1.2. L'activité antifongique <i>in vitro</i> des souches antagonistes <i>Bacillus</i>	36
III.2. Discussion	39
Conclusion	42
Références bibliographique	43
Annexe	

Liste des figures

Figure 1: Principaux organes extérieurs du tubercule de pomme de terre.....	5
Figure 2: Coupe longitudinale d'un tubercule de pomme de terre.	6
Figure 3: Maladie physiologique de pomme de terre. (a) cœur noir (manque d'oxygène), (b) Rosissement de a chaire (lie à l'exposition à la lumière, sol riche en azoteetc).	8
Figure 4: (a) Gale en pustules ou en relief, (b) Gale en liège	9
Figure 5: manifestation de la maladie de la jambe noire.....	10
Figure 6: Manifestation de la maladie de mildiou de pomme de terre.....	11
Figure 7: manifestation de Rhizoctone Brun.	11
Figure 8: manifestation de l'Alternariose.	12
Figure 9: manifestation de la fusariose.	12
Figure 10: manifestation de la verticilliose.	13
Figure 11: Doryphore.....	13
Figure 12: Taupin.....	14
Figure 13: pomme de terre infestée par le taupin.....	14
Figure 14: Teigne	15
Figure 15: Pomme de terre infestée par Teigne	15
Figure 16: les kystes des nématodes.	16
Figure 17: Pomme de terre infesté par des nématodes a galle	16
Figure 18: lésion causée après la pénétration du nématode libre.....	17
Figure 19: Début de momification du tubercule	17
Figure 20: Carte d'occupation de sol de la wilaya.....	23
Figure 21: Diagramme des Précipitations à la station de Bouira (2009/ 2017).	24
Figure 22: Températures moyenne mensuelles et annuelles à la station de Bouira (2009-2017).....	25
Figure 23: Diagramme Ombrothermique de Bagnouls & Gausсен pour la station de Bouira.....	26
Figure 24: Situation bioclimatique de la station de Bouira sur le climagramme d'Emberger.	28
Figure 25: Isolement sur milieu PDA	29
Figure 26: Isolement par dilution.....	30
Figure 27: Milieux PDA pour la purification.....	30
Figure 28: Méthode de confrontation directe entre l'agent pathogène et l'agent antagoniste sur milieu PDA.....	33

Figure 29: Observation macroscopique des champignons isolés (a) <i>Fusarium</i> sp, (b) <i>Alternaria</i> sp.	34
Figure 30: Observation microscopique des champignons pytopathogènes (X100). (a) <i>Fusarium roseom</i> , (b) <i>Alternaria solani</i>	35
Figure 31: Croissance d' <i>Alternaria solani</i> en présence des souches <i>Bacillus</i>	36
Figure 32: Croissance de <i>Fusarium roseom</i> en présence des souches <i>Bacillus</i> sp.....	36
Figure 33: Taux d'inhibition des souches de <i>Bacillus thuringiensis</i> (B1 et BEN1) et <i>Bacillus cereus</i> (B10) confrontées au <i>Alternaria solani</i> en fonction du temps.....	37
Figure 34: Taux d'inhibition des souches de <i>Bacillus thuringiensis</i> (B1 et BEN1) et <i>Bacillus cereus</i> (B10) confrontées au <i>Fusarium roseom</i> en fonction du temps.	38

Liste des tableaux

Tableau 1: Les Précipitations moyennes mensuelles et annuelles à la station de Bouira (2009/2017).....	24
Tableau 2: Températures moyennes mensuelles et annuelles à la station de Bouira (2009-2017).....	25
Tableau 3: Zones bioclimatiques selon EMBERGER.....	27
Tableau 4: Sous étages bioclimatiques d'après Daget & David (1982).	27
Tableau 5: Les souches bactériennes testées pour leur activité antagoniste vis-à-vis Fusarium roseom, Alternaria solani.	32
Tableau 6: Pourcentages d'inhibition des souches Bacillus thuringiensis (B1 et BEN1) et Bacillus cereus (B10) confrontées vis à vis Alternaria solani, en fonction du temps.	37
Tableau 7: Pourcentages d'inhibition des souches Bacillus thuringiensis (B1 et BEN1) et Bacillus cereus (B10) confrontées vis-à-vis Fusarium roseom, en fonction du temps.	38

Introduction

La pomme de terre est originaire de l'Amérique du sud, elle est apparue sur les hauts plateaux des Andes péruviennes et colombiennes, en suite elle arrivé en Europe en sixième siècle, elle à été cultivé en Algérie en dix-neuvième siècle. **(MINISTERE DU COMMERCE, 2013)**. C'est une plante herbacée, vivace par ces tubercules, mais cultivée en culture annuelle le plus souvent **(ROUSSELLE *et al*, 1996)**, elle est très apprécié par les populations, son potentiel de rendement est important d'un point de vue nutritionnel. Elle se classe parmi les plantes à tubercules les plus nutritive avec une teneur énergétique élevée. Sa consommation occupe la première place parmi les cultures maraichères dominantes en Algérie et représente 87 Kg /habitant/an **(AGENCE NATIONAL DE DEVELOPPEMENT ET DE L'INVESTISSEMENT, 2013)**.

La pomme de terre est affrontée aux attaques parasitaires. Ainsi, elle peut contracter un ensemble de maladies fongiques ou bactériennes qui affectent tout ou une partie de la plante (Racines, tiges, feuilles, tubercules) pendant la phase de végétation et/ou pendant la phase de conservation des tubercules. Les maladies présentent divers aspects, allant de la nécrose isolée du système végétatif de l'altération superficielle à la pourriture destructive des tubercules. Elles sont provoquées par des agents fongiques (le mildiou, le rhizoctone brun, la Galle argentée...) et bactériens (la jambe noire, la pourriture molle...) très différents à dissémination aérienne ou tellurique **(ITCF-ITPT, 1998)**. Les champignons phytopathogènes sont à l'origine des maladies cryptogamiques et sont responsables de près de la moitié des maladies connues à ce jour chez les plantes cultivées **(LEPOIVRE, 2003)**.

Les microorganismes pathogènes sont difficiles à contrôler car ils peuvent survivre dans le sol pour de longues périodes **(TSCHEN, 1985)**. Pour lutter contre ces maladies, l'utilisation illimitée de pesticides dans les sols peut entraîner la pollution de l'environnement, des eaux souterraines et l'apparition de souches pathogènes résistantes. Une recherche sérieuse est nécessaire pour identifier des méthodes alternatives pour la protection des végétaux, qui sont moins dépendantes des produits chimiques et sont plus respectueuses de l'environnement **(PRAPAGDEE *et al*, 2008)**.

La lutte biologique, précisément par utilisation de micro-organismes bactériens est une alternative très prometteuse pour assurer une protection phytosanitaire performante de par l'ubiquité naturelle des agents microbiologiques dans les écosystèmes, leur grande variété, leur

dissémination facile, leur spécificité d'action et aussi leur persistance dans l'environnement (IGNOFFO, 1970).

Selon STARNES *et al.*, (1993), plus d'une centaine de bactéries ont été identifiées comme ayant un potentiel d'utilisation en lutte biologique. Ces bactéries appartiennent surtout à trois grandes familles qui sont les *Bacillaceae*, *Enterobacteriaceae* et *Pseudomonaceae* (Greathead *et al.*, 1994)

Les bactéries appartenant au genre *Bacillus* mésophile sont fréquemment utilisées dans le processus de la lutte contre ces phytopathogènes, ce moyen alternatif de protection des plantes par des antagonistes bactériens semble être une solution à la fois élégante et respectueuse de l'environnement, elle répond aux exigences économiques et écologiques. Cette forme de bioprotection permet de réduire et ou d'inhiber la croissance et le développement des champignons phytopathogènes. (SAIDIET AL, 2009).

Dans le cadre d'une éventuelle lutte biologique, l'objectif globale de ce travail est d'évaluer l'activité antifongique des trois souches bactérienne appartenant au genre *Bacillus* à savoir : B1 de *Bacillus thuringiensis*, B10 de *Bacillus cereus* et BeN1 *Bacillus thuringiensis*, vis à vis les espèces de *Fusarium roseom* et *Alternaria solani* responsables respectivement de la Fusariose et Alternariose de la pomme de terre dans la région de Bouira.

Ce travail est structuré en trois parties :

- La première partie représente des rappels bibliographiques sur la pomme de terre et l'agent de contrôle biologique.
- La deuxième partie présente le matériel et les méthodes utilisées et les essais réalisés,
- La troisième partie résultats obtenus et leurs interprétations et discussion.

Chapitre I : Présentation de la plante hôte

Solanum tuberosum (Pomme
de terre).

I.1. Origine

La pomme de terre est originaire de la cordillère des Andes dans le sud-ouest de l'Amérique du Sud où son utilisation remonte à environ 8 000 ans. La pomme de terre a pris naissance dans les pays andins et plus particulièrement près du littoral du Pérou, entre 8000 et 9000 ans avant JC. Les incas l'ont cultivé sous le nom de papa et elle porte toujours ce nom en Amérique latine. Ainsi, la zone la plus riche en cette espèce est le centre du Mexique (ANONYME, 2000). Introduite en Europe vers la fin du XVIe siècle à la suite de la découverte de l'Amérique par les conquistadors espagnols, elle est aujourd'hui cultivée dans plus de 150 pays sous pratiquement toutes les latitudes habitées (GRISON, 1993).

I.2. Distribution actuelle de *Solanum tuberosum*

Les pommes de terre sont cultivées dans plus de 150 pays, principalement dans l'hémisphère nord. La distribution de cette culture s'étire en latitude de 45 ° S à 65 ° N et marque deux pics, le plus important dans les zones tempérées, situées entre 45 et 57 ° N, qui incluent l'Allemagne, la Pologne l'Ukraine et la Russie, et le deuxième dans les zones subtropicales situées entre 23 et 34 ° N, qui comprennent en particulier le bassin indo-gangétique.

En 2013, la production mondiale de pommes de terre est estimée à 368,1 millions de tonnes, pour une surface cultivée de 19,4 millions d'hectares, soit un rendement moyen de 18,9 tonnes par hectare (FAOSTAT, 2015).

I.3. Botanique

Solanum tuberosum est une espèce herbacée vivace par ces tubercules, qui est selon ROUSSELLE et al, (1996) cultivée en culture annuelle. La plante comporte à la fois des tiges aériennes et des tiges souterraines (DARPOUX et DEBELLEY, 1967).

I.3.1. Taxonomie

La pomme de terre (*Solanum tuberosum*) appartient à la famille des Solanacées, genre *Solanum* (QUEZEL et SANTA, 1963). Elle comprend 1000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (DORE et al., 2006; HAWKES, 1990). On pensait autrefois que la pomme de terre était issue d'une plante sauvage unique, l'espèce *S. tuberosum*. Selon ROUSSELLE et al (1992), et DORE et al (2006), L'origine de la pomme de terre était plus complexe, où les botanistes on retrouvait parmi les ancêtres des espèces de pomme de terre cultivées, des plantes sauvages différentes.

D'après **BOUMIHK (1995)**, la position systématique de la pomme de terre est la suivante :

- **Embranchement** : Angiospermes
- **Classe** : Dicotylédones
- **Sous-classe** : Gamopétales
- **Ordre** : Pol moniales
- **Famille** : Solanacées
- **Genre** : *Solanum*
- **Espèce** : *Solanum tuberosum L*

I.3.2. Variété de la pomme de terre

Les variétés de pomme de terre sont nombreuses, elles sont selon :

- La forme du tubercule
- La couleur de la peau et de la chair
- La durée de conservation
- La date de mise sur le marché
- La durée de culture

À partir de la couleur de la peau, on distingue : la variété à peau blanche ; où on trouve la Spunta, Fabula, Sigma, Sieglinde,... et les variétés à peau rouge est représenté par Désirée, Kondor, Bintje, Hermes,... (**BUFARES, 2012**).

I.4. Morphologie de la plante hôte

La plante est une espèce herbacée vivace par ces tubercules, mais cultivée en culture annuelle selon **ROUSSELLE et al, (1996)**. La plante comporte à la fois des tiges aériennes et des tiges souterraines (**DARPOUX et DEBELLEY, 1967**).

I.4.1. Description de l'Appareil aérien

L'appareil aérien est constitué d'une ou de plusieurs tiges principales et latérales herbacées souvent ailées. Les feuilles sont alternes, composées imparipennées et comportent de 7 à 15 grandes folioles latérales primaires flanquées de folioles secondaires, de folioles intercalaires et de foliolules se distinguant par leur mode d'insertion sur le rachis disposé en

spirale (**ROUSSELLE et al, 1996**). Les fleurs sont souvent stériles. La production de fruit (baie sphérique) est donc généralement rare.

I.4.2. Description de l'appareil souterrain

L'appareil souterrain est composé d'un tubercule mère desséché, les stolons (tiges souterraines diagéotropes) qui portent des tubercules fils dans les régions subapicale ainsi que des racines adventives (**ROUSSELLE et al, 1996**). Ce dernier est la partie la plus intéressante de la plante, car on y trouve les tubercules qui donnent à la pomme de terre sa valeur alimentaire (**BOUFARES, 2012**). Le tubercule représente environ 75 à 85 % de la matière sèche totale de la plante (**ROUSSELLE et al., 1996**).

I.4.2.1. Structure externe du tubercule

Le tubercule est une tige souterraine ou en y trouve la couronne a l'extrémité apicale ou se trouve le bourgeon terminal, par contre on y trouve du côté proximal le point d'attache du stolon et l'ombilic. Les yeux sont disposés régulièrement sur le tubercule suivant une phyllotaxie spiralée qui correspond à l'emplacement des bourgeons axillaires. Les lenticelles qui parcourent la surface du tubercule jouent un rôle essentiel dans la respiration du tubercule (**ROUSSELLE et al., 1996**).

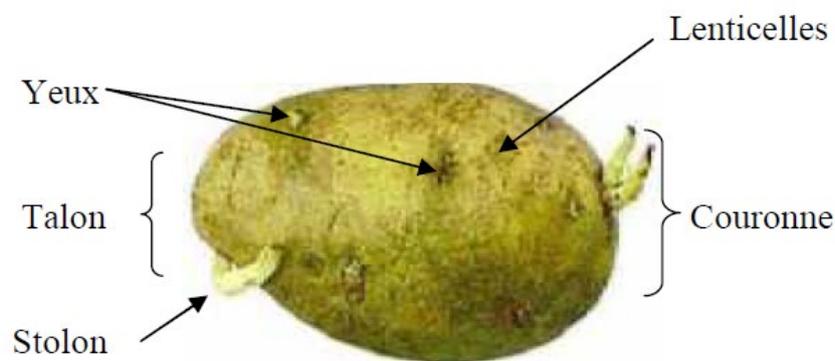


Figure 1: Principaux organes extérieurs du tubercule de pomme de terre.

I.4.2.2. Structure interne du tubercule

La coupe longitudinale d'un tubercule mature (Figure 2), montre ces différents composants de l'extérieur vers l'intérieur. On observe le périoderme, le cortex ou parenchyme cortical, l'anneau vasculaire composé de phloème externe, de xylème et de parenchyme vasculaire. On peut également remarquer la zone pérимédullaire ou parenchyme pérимédullaire contenant le phloème interne et enfin, la moelle ou parenchyme médullaire (Figure 2) contiennent de grandes

quantités de grains d'amidon qui diffèrent par leur taille. (ROUSSELLE et al., 1996 , KECHID, 2005).

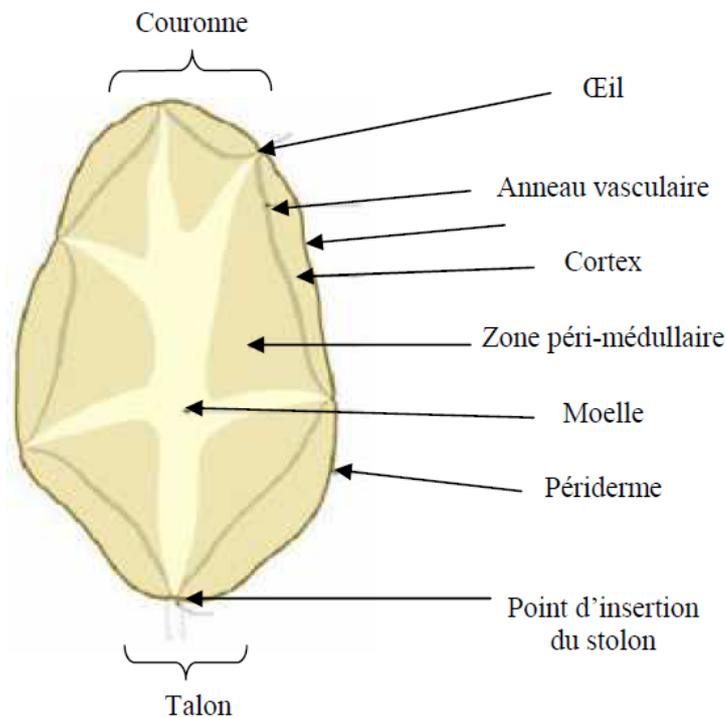


Figure 2: Coupe longitudinale d'un tubercule de pomme de terre.

I.5. Exigences pédoclimatiques

I.5.1. La température

La croissance et la production des tubercules sont étroitement liées à la température et au photopériodisme (BEKKARI, 1991). Les hautes températures stimulent la croissance des tiges ; par contre les basses températures favorisent davantage la croissance du tubercule (CHIBANE, 1995, BOUFARES, 2012).

La pomme de terre est très sensible au gel. Le zéro de végétation est compris entre 6 et 8 °C. Les températures optimales de croissance des tubercules se situent aux alentours de 18°C le jour et 12°C la nuit ; une température du sol supérieure à 25° c'est défavorable à la tubérisation (BAMOUEH, 1999).

I.5.2. Lumière

La pomme de terre est une plante héliophile. Ses besoins en lumière sont importants surtout pendant la phase de croissance. Ce facteur est déterminant pour la photosynthèse et la richesse en fécule des tubercules (MOULE, 1972).

En effet la lumière intervient par son action photopériodique dans l'induction de la tubérisation et par son intensité dans l'activité photosynthétique (**COMBE, 1999**).

Selon **CHIBANE (1999)** la croissance végétative de la pomme de terre est favorisée par la longueur du jour élevée (14 à 18h), et une photopériode inférieure à 12 h favorise la tubérisation. L'effet du jour long peut être atténué par les basses températures.

I.5.3. Pluviométrie

La culture de pomme de terre est exigeante en eau. Les besoins varient en fonction de la durée du cycle végétatif (**CORALINE et al, 2009**). La pomme de terre demande une pluviométrie régulière et bien répartie de 500 à 600 mm d'eau au cours de son cycle végétatif. Elle ne supporte ni un excès d'eau vers la fin de la tubérisation (les tubercules pourrissent facilement) ni la sécheresse (formation de tubercules prématurés). Elle peut être cultivée pendant la saison pluvieuse ou en culture irriguée (**MARTY, 1992**).

I.5.4. L'humidité

Dans le cas d'une culture de pomme de terre ; l'humidité est considérée comme un facteur limitant de la production, une humidité suffisante permet un développement le plus normalement possible, une carence ou un déficit en humidité pourrait avoir des conséquences vis-à-vis des rendements au niveau de la croissance et la tubérisation (**ABD EL MONAIM, 1999**).

I.5.5. Le sol

La majorité des sols correspond à la culture de la pomme de terre à condition qu'ils soient bien drainés et pas trop pierreux. Les sols préférés sont ceux qui sont profonds, fertiles et meubles (**BAMOUEH, 1999**).

La pomme de terre est une plante qui préfère les sols siliceux ou silico-argileux, légers, profonds et assez frais. Elle s'approprie des terres acides dont le pH est assez bas ; 5,5 à 6. Il n'y a que les terrains très argileux, froids et humides au printemps et en automne, secs et compacts en été, ou trop calcaires qui ne lui conviennent pas (**GAUTHIER, 1991**).

La pomme de terre a besoin de sols profonds, sains, riches et bien drainés. Généralement, elle se développe mieux dans des sols plus ou moins grossiers (texture sableuse ou sablo-limoneuse) que dans des sols fins et battants (texture argileuse ou argilo-limoneuse) qui empêchent tout grossissement de tubercule (**BOUFARES, 2012**).

I.6. Les maladies physiologiques

Plusieurs désordres physiologiques, dont l'origine n'est pas parasitaire, peuvent être provoqués par les conditions d'environnement et de nutrition défavorables. Ils sont parfois associés à la présence d'agents pathogènes intervenant dans un deuxième temps, si les conditions sont favorables. On peut observer des déformations du tubercule liées à une augmentation de température. Les fortes chaleurs peuvent aussi provoquer le cœur noir et la filiosité des germes. Par contre la faible température (le gel) cause des brûlures au niveau des feuilles sur la végétation, et un blocage de la germination et du développement du tubercule qui devient mou sur la partie gelée. L'excès de l'eau et à des conditions de forte humidité du sol favorisent un agrandissement des lenticelles sur les tubercules, qui déprécie l'aspect de la récolte et favorise la pénétration d'agents de pourriture. L'apparition de cœur brun, cœur creux et des taches de rouille, est liée à une sensibilité variétale, conjuguée aux conditions climatiques (MARCHAL, 1925).

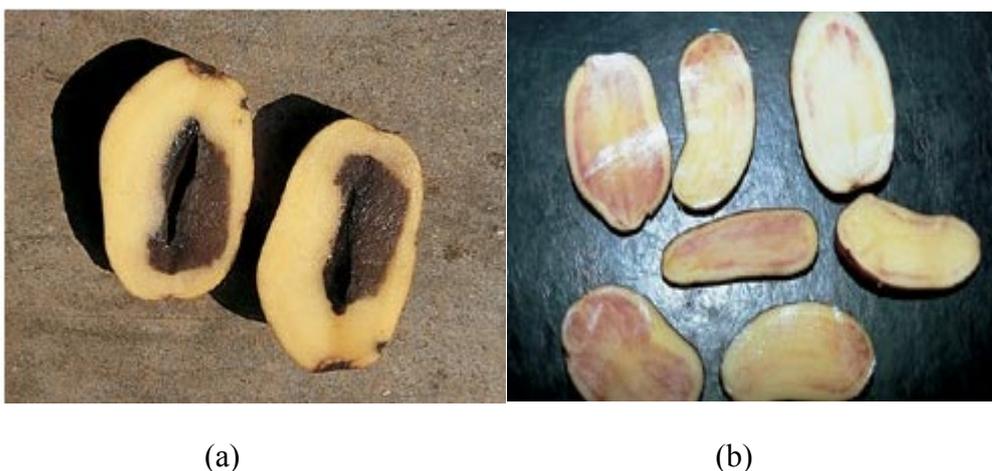


Figure 3: Maladie physiologique de pomme de terre. (a) cœur noir (manque d'oxygène), (b) Rosissement de la chair (lié à l'exposition à la lumière, sol riche en azote ...etc).

I.7. Maladie liée aux agents pathogènes

La pomme de terre est exposée à un ensemble de maladies avec des aspects divers qui affecte le système aérien et le système souterrain (racine, tige, feuilles, tubercules), ces maladies sont à l'origine des infections fongiques ou bactériennes qui affectent la totalité ou une partie des tubercules (MARCHAL, 1925).

I.7.1. Maladie bactérienne

I.7.1.1. Gales communes

La gale est provoquée par des bactéries appartenant au genre *Streptomyces*. On distingue deux principales formes de gale commune (pustule et liège) ayant des caractéristiques très

différentes : agent causal, conditions climatiques de développement, sensibilité variétale, ce qui les considère comme deux maladies différentes (BENCHEIKH et SETTI, 2007).

a. La gale commune en relief ou en pustules

C'est une infection provoquée notamment par *Streptomyces scabies* mais aussi par d'autres espèces (*S. europaeiscabies*, *S. stelliscabies*...). L'optimum thermique de ces espèces se situe autour de 19 à 24 °C (SELBIR, 2003).

b. La gale plate ou en liège

C'est une maladie provoquée en particulier par *Streptomyces reticuliscabies* (et certaines souches de *S. europaeiscabies*) et a un optimum thermique de 13 à 17 °C. A l'inverse de la gale en relief (figure 4), la gale liégeuse est favorisée par les conditions humides et provoque des nécroses sur le système racinaire (SELBIR, 2003).



(a)

(b)

Figure 4: (a) Gale en pustules ou en relief, (b) Gale en liège (IRDA, 2000).

1.7.1.2. La jambe noire

La manifestation de la maladie de la jambe noire est causée par la bactérie *Erwinia carotovora* subsp. *Atroseptica* (VAN HALL, 1902, DYE, 1969), dont le développement est favorisé par un climat frais et humide (figure 5). Elle peut aussi être provoquée par les bactéries *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* et *Erwinia chrysanthemi*. Les attaques précoces du parasite peuvent faire pourrir les tubercules-mères (RAP, 2017).



Figure 5: manifestation de la maladie de la jambe noire (RAP, 2017).

I.7.2. Les maladies virales

I.7.2.1. Virus Y

Est un potyvirus transmis par des pucerons, provoque des taches nécrotiques noires sur les nervures des feuilles, les feuilles deviennent cassantes (ALALLA *et al.*, 2014, INPV, 2011).

I.7.2.2. Virus X

Se transmet de façon mécanique (par contact), provoque des symptômes faciles à distinguer (apparition de mosaïques limitées par les nervures) (ALALLA *et al.*, 2014, INPV, 2011).

I.7.2.3. Virus M

Il est transmis par les pucerons selon un mode non persistant correspondant l'enroulement mou des feuilles, une ondulation des bords et la formation de tâches en mosaïque (ALALLA *et al.*, 2014, INPV, 2011).

I.7.3. Les maladies cryptogamiques

I.7.3.1. Mildiou de la pomme de terre

Provoqué par un Champignon *Phytophthora* infestant se transmet par le vent. Elle se manifeste par une apparition de petites taches brunes entourées d'un halo jaune sur la face supérieur des feuilles (Figure 6), le dessèchement conduit rapidement à la destruction des feuilles sur les tiges et sur le tubercule des taches au contour mal défini, de couleur brune ou gris bleuâtre (BENINAL *et al.*, 2009).



Figure 6: Manifestation de la maladie de mildiou de pomme de terre.

I.7.3.2. Rhizoctone Brun

Provoqué par un champignon *Rizoctonia solani* se développe à partir des sclérotés noirs fixés sur le tubercule mère ou présents dans le sol (AIT OUADA *et al.*, 2008).

Elle se manifeste par des levées irrégulières ou tardives des plants, les racinelles présentent des taches brunes profondes. Le rhizoctone se traduit par un enroulement et un jaunissement de feuillages ; le tubercule contaminé porte à la surface de petits amas noirs très durs (Sclérotés) (Figure 7) (SELBIR, 2003).



Figure 7: manifestation de Rhizoctone Brun.

I.7.3.3. Alternariose

Provoqué par les champignons *Alternaria solani* et *Alternaria alternata*, se transmet par le vent et la pluie (ISSYAKHAM, 2008). Il y aura formation des taches nécrotiques, bien délimitées, de taille variable, situées sur les feuilles du bas et des pourritures brunes à noires très sèches sur les tubercules (figure 8) (GAUCHER, 1998).



Figure 8: manifestation de l'Alternariose.

I.7.3.4. Fusariose (la pourriture sèche)

Elle est provoquée par des champignons du genre *Fusarium* (*Fusarium roseum* var. *sambucinum* et *Fusarium solani* var. *coeruleum*) ; le tubercule et la terre contaminés sont les vecteurs de propagation de ces champignons. Dans ce cas les tissus touchés brunissent et dépriment présente des sites concentriques, sur le tubercule, la coupe de tubercule montre une pourriture marron qui se développe vers l'intérieur (TIVOLI *et al.*, 1989).



Figure 9: manifestation de la fusariose.

I.7.3.5. Verticilliose

Deux champignons de genre *Verticillium* qui sont responsables de la maladie de la verticilliose de la pomme de terre (*Verticillium dahliae* et *Verticillium alboatrum*) qui provient du sol, de l'eau d'irrigation ou de ruissellement. Se manifeste par le jaunissement des feuilles suivi par flétrissement du feuillage qui se généralise à l'ensemble de la plante, les feuilles tombent ou restent fixées à la tige qui conserve une couleur verte ; sur les tiges mortes ; la présence de petites sclérotés noirs ou de mycélium suivant l'espèce de champignon et sur les

tubercules on note des taches brunes au niveau de l'anneau vasculaire (figure 10) (NAIKA *et al.*, 2005).



Figure 10: manifestation de la verticilliose.

I.8. Les ravageurs

I.8.1. Les insectes

I.8.1.1. Doryphore

Le Doryphore est un petit coléoptère de 10 à 12 mm, jaune rougeâtre avec plusieurs taches noires sur le thorax et cinq bandes noires sur les élytres. L'adulte pond des œufs de couleur jaune orangé en amas sur la face inférieure des feuilles. La larve, légèrement incurvée et de couleur rouge-orangé, porte une double rangée de taches noires sur le côté de l'abdomen. Les adultes hivernent dans le sol (20 à 30 cm) et remontent à la fin du printemps pour consommer les premières pousses de pomme de terre et parfois même l'épiderme des tiges (figure 11). Ils sont alors très nuisibles en raison de leur voracité et du fait qu'ils peuvent consommer la totalité du feuillage. Les larves commencent à dévorer les feuilles qui les portent puis celles voisines jusqu'au sommet de la plante. Leur consommation est très importante et rapide. En cas de forte infestation, la plante défoliée ne peut plus assurer le grossissement des tubercules : la diminution de rendement peut être très importante (LAMBERT, 1996).

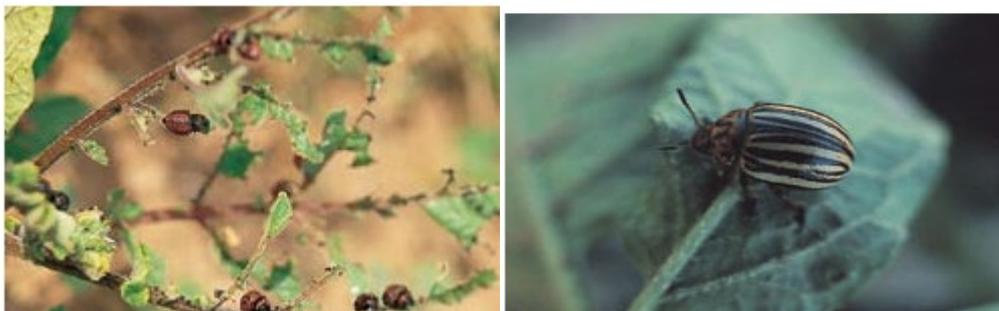


Figure 11: Doryphore(INRA)

I.8.1.2. Taupin

Le taupin est un petit coléoptère a une taille comprise entre 5 et 20 mm de longueur et une couleur variant du jaune brillant au brun noirâtre (figure 12). Le cycle évolutif s'étale sur 4-5 ans sauf *Agriotes sordidus* dont la larve peut se développer en une année (**LESEIGNEUR, 1972**).

Les insectes ont peu d'action sur le développement végétatif de la pomme de terre ; par contre, ils se nourrissent de la chair des tubercules en y perçant des galeries, nuisant à la présentation de la pomme de terre (figure 13) (**IRDA, 2000**).



Figure 12: Taupin (ITAB, 2006).

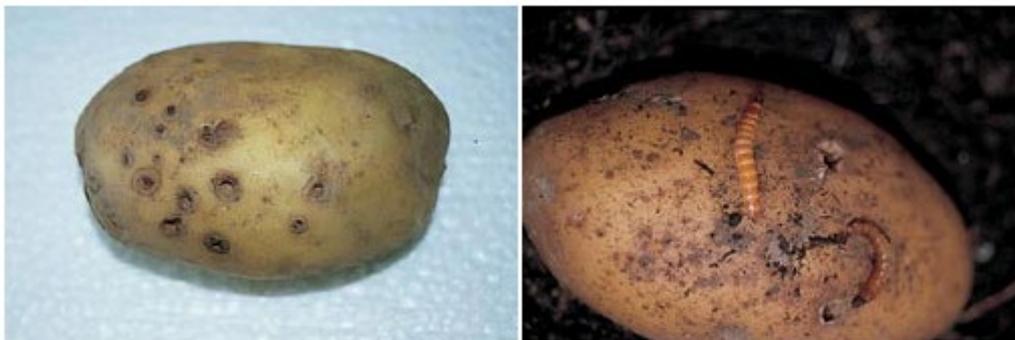


Figure 13: pomme de terre infestée par le taupin (ITAB, 2006).

I.8.1.3. Teigne

La teigne de la pomme de terre *Phthorimaea operculella* (figure 14) est un parasite important dans les régions chaudes notamment sur le pourtour méditerranéen (**ZELLER, 1873**).

L'infection par cet insecte se manifeste par des dégâts importants sur les feuilles et les pétioles par perforations et forage de mines pouvant affaiblir les plantes. Feutrage gris en surface. Par contre sur le tubercule, les chenilles creusent des galeries superficielles tapissées de fil de soie et les excréments noirâtres sont rejetés vers l'extérieur. D'autres pathogènes

peuvent s'installer dans ces galeries et entraîner des pourritures de tubercules (figure 15) (HAMDANI, 2008).



Figure 14: Teigne



Figure 15: Pomme de terre infestée par Teigne

I.8.1.4. Les nématodes

a. Les nématodes à kyste

Ce sont des Nématodes ou vers de très petite taille (< 1 mm) visibles à l'œil nu pendant la végétation sous forme de petites boules (kystes) attachées aux racines de la plante (figure 16). La couleur de ces kystes est d'abord jaune chez *Globodera rostochiensis*, blanche chez *Globodera pallida* avant de brunir (LANGESLAG *et al.*, 1982, ROBINSON *et al.*, 1987).

Pendant la période de végétation, la présence de nématodes à kystes sur la parcelle se traduit par l'observation de foyers, ou zones plus ou moins circulaires, à végétation faible. L'observation de plantes arrachées dans ces foyers pendant la tubérisation montre sur le système racinaire la présence des femelles blanches ou jaunes et de kystes bruns (ROBINSON *et al.*, 1987, ITAB, 2006).



Figure 16: les kystes des nématodes (ITAB,2006).

b. Nématodes a galle

Les nématodes à galle provoquent des dégâts sur pomme de terre qui se traduit par la baisse de rendement, déformations externes, nécroses internes. Certaines espèces de *Meloidogyne* sont très courantes en pays chauds, depuis le pourtour méditerranéen jusqu'aux tropiques : *M. arenaria*, *M. javanica*, *M. incognita*. D'autres sont plus adaptées aux conditions méditerranéennes et tempérées : *M. hapla*, *M. chitwoodi* et *M. fallax* (INGHAM *et al.*, 1985).

Ces nématodes sont transmis par les tubercules de pomme de terre, avec ou sans symptômes, et par toute plante enracinée (tomate, laitue, etc). Ils sont extrêmement polyphages et se développent sur de nombreuses cultures (betterave, carotte, céréales, ray-grass, colza...) et mauvaises herbes (morelle...). Les plantes touchées sont caractérisées par un nanisme, présence des galles sur les racines, et des tubercules avec des galles lisses ressemblant à des pustules de galle commune (figure 17). À l'intérieur des tubercules, on peut observer sous l'épiderme des petites masses blanchâtres gélatineuses et translucides qui sont les femelles de nématodes et leurs masses d'œufs adhérentes. Les symptômes peuvent évoluer ultérieurement en taches rougeâtres internes (INGHAM *et al.*, 1985, ITAB, 2006).



Figure 17: Pomme de terre infestée par des nématodes à galle (ITAB, 2006).

c. Nématodes libre

Ce sont des Nématodes ou vers de très petite taille, ne formant pas de kystes, donc invisibles à l'oeil nu tout au long de leur cycle de développement. Il s'agit d'espèces très polyphages se développant sur de nombreuses plantes cultivées et adventices, monocotylédones ou dicotylédones (BLANCHARD, 2006).

Ditylenchus dipsaci se développe sur les feuilles, tiges et tubercules de la plante. La croissance du végétal est réduite et les tubercules atteints présentent des taches brunes. *Ditylenchus destructor* se manifeste exclusivement sur les parties souterraines de la plante. Il pénètre directement dans le tubercule à partir des stolons, des lenticelles et des yeux. Aucun symptôme n'est visible pendant la période de végétation. À la récolte, des lésions apparaissent sur le tubercule sous forme de petites taches brunes parfois étoilées (figure 18) (IRDA, 2006).



Figure 18: lésion causée après la pénétration du nématode libre (IRDA, 2000).

En coupe, les tissus sous-jacents apparaissent granuleux et spongieux. Les taches grandissent et l'évolution finale se traduit par une momification du tubercule (figure 19).



Figure 19: Début de momification du tubercule (IRDA, 2000).

I.9. Méthodes de lutte contre les maladies de pomme de terre

I.9.1. Lutte chimique

La lutte chimique consiste essentiellement à l'utilisation molécules chimiques différent pour l'élimination des multiples agents pathogènes, tels que les fongicides, pesticide et insecticide, qui doit être utilisé selon les précautions d'emploi. Il existe différents modes d'action de ces produits ; par contact, pénétration, diffusion ou par systémie.

L'utilisation de produits phytosanitaires pour lutter contre les maladies des cultures présentent des impacts sur l'environnement et sur la santé humaine, comme il engendre une résistance de certains agents pathogènes. Par conséquent, les chercheurs ont développé des méthodes alternatives pour lutter contre les maladies des plantes, en utilisant des techniques biologiques pour avoir une lutte biologique qui préservent le nature et la santé humaine (TRAPERO *et al.*, 2011).

I.9.2. Méthodes culturales

Plusieurs techniques culturales réduisent le risque des maladies avant ou pendant l'implantation de la culture (MAUFRAS, 2001, HOSFORD, 2012) :

- Éviter les semis précoces et trop denses.
- Assurer un désherbage permettant d'éliminer les mauvaises herbes qui entretiennent un microclimat humide qui pourrait être un foyer de germes pathogènes.
- Éliminer les repousses de plantes.
- Respecter les assolements et les rotations
- une bonne fertilisation azotée peut également réduire les attaques des maladies foliaires (MAUFRAS, 2001. HOSFORD, 2012).

I.9.3. La lutte biologique

La lutte biologique consiste à utiliser des organismes vivants pour prévenir ou réduire les dégâts causés par des ravageurs (OILB-SROP, 1973).L'agent de lutte (ou auxiliaire) peut être un parasitoïde, un prédateur, un agent pathogène (champignon, bactérie, virus, ou protozoaire), ou un concurrent du bioagresseur visé (JOURDHEUIL *et al.*, 1991).

On distingue classiquement trois types de lutte biologique : La lutte biologique classique, ou lutte par introduction-acclimatation, consiste à introduire une nouvelle espèce dans un environnement afin de contrôler les populations d'un ennemi des cultures ;La lutte

biologique augmentative consiste à augmenter la taille des populations d'ennemis naturels, soit par des lâchers massifs (lutte inondative) ou par lâchers en petite quantité, l'auxiliaire devant s'établir, se multiplier et coloniser une zone donnée (lutte inoculative) ; La manipulation environnementale permet de favoriser les effets bénéfiques des espèces indigènes d'ennemis naturels (**FERRON, 2000, BOIVIN, 2001**).

Les auxiliaires utilisés sont le plus souvent des insectes entomophages ou des acariens entomophages ou parasites. De nos jours, la lutte biologique utilisant le potentiel antagoniste naturel des bactéries contre les pathogènes, Ces microorganismes produisent des métabolites secondaires antifongiques qui inhibent la croissance et le métabolisme des agents pathogènes. L'application de cette méthode présente un avantage par rapport à l'utilisation des fongicides synthétiques agents, à savoir : l'absence de résidus toxiques, respectueuse de l'environnement, durable, efficace, facile à appliquer (**BONATERRA et al., 2012**).

Les agents antagonistes utilisés pour lutter contre les champignons pathogènes appartiennent à plusieurs groupes taxonomiques, notamment les champignons tels que *Trichoderma virens* (**DAVET, 1996**), et les bactéries telles que *Pseudomonas* sp et *Bacillus* sp (**MERCADO-BLANCO et al., 2004**), et

I.10. Bacillus spp

Le genre est l'un des genres les plus courants de bactéries libres présentes dans le sol, c'est un est hétérogène, aéro anaérobie facultatif à Gram positif, formant des spores, mobiles, C'est l'ensemble des micro-organismes aptes à se multiplier à l'air aux températures moyennes, plus précisément ceux dont la température optimale de croissance est située entre 20 et 40°C. Ils peuvent être des micro-organismes pathogènes ou d'altération (**BOUGEOIS ET LEVEAU, 2006**). On le retrouve dans les couches les plus superficielles aux plus profondes et il colonise la rhizosphère des plantes. Il a été démontré que ces bactéries ont une large distribution dans toutes les régions géographiques de la planète, atteignant environ 24% du total des bactéries isolées dans le sol (**LOPEZ-ESCUDERO ET MERCADO-BLANCO, 2010**). Ces espèces sont largement utilisées dans la lutte biologique contre les microorganismes phytopathogènes. (**ORBERARATON et al., 2005**).

I.10.1. Classification du genre *Bacillus*

Le genre *Bacillus* a été signalé pour la première fois par **COHN (1872)**, qui l'a décrit comme une bactérie produisant des endospores résistantes à la chaleur.

Selon **MAUGHAN ET VAN DER AUWERA (2011)**, les espèces de *Bacillus* appartiennent au :

- **Règne** : Bacteria.
- **Embranchement** : Firmicutes.
- **Classe** : Bacilli.
- **Ordre** : Bacillales.
- **Famille** : Bacillaceae.
- **Genre** : *Bacillus*.

Actuellement, ce genre comprend plus de 336 espèces qui en raison de leur similitude génétique peuvent être classées dans différents groupes dont les plus importants sont les suivants :

Le groupe de *B. cereus*, qui comprend *B. cereus*, *B. anthracis* et *B. thuringiensis* et les bacilles de l'environnement, qui sont typiquement présents dans différents habitats, comme le groupe de *Bacillus subtilis* ; composé de *B. subtilis*, *B. licheniformis* et *B. pumilus* et le groupe de *B. clausii-halodurans* (ALCARAZ *et al.*, 2010).

I.10.2. L'utilisation de genre *Bacillus* dans la lutte biologique

Plusieurs espèces du genre *Bacillus* sont avérées avoir une activité antagoniste contre divers microorganismes phytopathogènes dans les cultures agricoles, comme le maïs, le riz, les arbres fruitiers (WANG *et al.*, 2014 ; LI *et al.*, 2015). En effet différents espèces du genre *Bacillus* sont efficaces dans le biocontrôle de divers champignons phytopathogènes (WILLIAMS ET ASHER, 1996 ; LANDA *et al.*, 1997 ; COMMARE *et al.*, 2002 ; SWAIN ET RAY, 2006). Ce biocontrôle est établi par plusieurs mécanismes dont : la sécrétion d'antibiotiques, les sidérophores, les enzymes lytiques, les toxines et la résistance systémique de la plante (ISR) (LAYTON *et al.*, 2011 ; TEJERA-HERNANDEZ *et al.*, 2011).

Les espèces de *Bacillus* productrices d'antibiotiques sont *B. subtilis*, *B. polymyxa*, *B. brevis*, *B. licheniformis*, *B. circulans*, *B. cereus*. Les antibiotiques polypeptidiques produits par *Bacillus* les plus utilisés dans les traitements médicaux sont la bacitracine, la gramicidine S, les polymyxines, la tyrotricine (MORIKAWA *et al.*, 1992 ; PEREZ *et al.*, 1993 ; DRABLO *et al.*, 1999). Ils ont un large spectre d'action et sont utilisés comme agents antifongiques (MILNER *et al.*, 1995).

La plupart de ces *Bacillus* ont été capables d'inhiber la croissance de *Fusarium oxysporum* efficacement *in vitro*. D'autres pathogènes parmi le *F. oxysporum* dont *F. o. ciceris*,

F.o. phasioli et *F.o. melonis* sont inhibés par des isolats de *Bacillus spp.* de la rhizosphère du pois chiche (LANDA *et al.*, 1997).

La souche *Bacillus creuse* UW85 a la capacité de réduire les maladie des plantes causée par les Oomycètes (HANDELSMANE ET STABB, 1996), grâce à la production des antibiotiques Zwittermicine et Kanozamines (MILNER *et al.*, 1996).

Selon PEREZA *et al* (1993), une activité antifongique est connue pour les *Bacilles spp* mésophiles, En effet ils sont capables d'inhiber la croissance des champignons phytopathogènes *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia ozyzae*, *Aspergellus niger*.

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II. Matériels et Méthodes

Ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire d'Agronomie du département des sciences agronomiques de l'université Akli Mohand Olhadj de Bouira, dans un intervalle de temps entre mai et juillet 2019. Il consiste à évaluer l'activité antifongique des trois souches bactérienne B1 de *Bacillus thuringiensis*, B10 de *Bacillus cereus* et BeN1 *Bacillus thuringiensis* sur les espèces de *Fusarium* et d'*Alternaria* responsables respectivement de la Fusariose et Alternariose de la pomme de terre dans la région de Bouira, dans le cadre d'une éventuelle lutte biologique.

Pour notre approche on a eu recours à l'utilisation des parties de plantes de pomme de terre (tige, feuilles) présentant les symptômes de fusariose et alternariose, à partir desquels on a isolé et purifié les souches fongiques. L'isolement a été suivi par les tests antifongiques pour évaluer l'activité antifongique des bactéries.

II.1. Présentation de la zone d'étude

II.1.1. Situation géographique de la région d'étude

Le secteur étudié, la wilaya de Bouira se situe dans la région Centre Nord du pays au sud-est d'Alger. Elle s'étend sur une superficie de 4454 km². La wilaya de Bouira est délimitée au nord par les wilayas de Boumerdes et Tizi-Ouzou à l'est par les wilayas de Bejaia et Bordj bouarreridj, au sud par les wilayas de M'sila et Médéa, à l'ouest par les wilayas de Médéa et de Blida (DSA, 2018).

La grande chaîne du Djurdjura d'une part et les monts de Dirah d'autre part, encadrent la wilaya qui s'ouvre de l'Ouest vers l'Est sur la vallée de la Soummam (DSA, 2018).

II.1.2. Occupation du sol

Le sol de cette zone est caractérisé par des terres à hautes potentialités agricoles. La végétation dans la région est représentée par les buissons et certaines plantes sauvages qui jalonnent les cours d'eau. La vocation agricole qui caractérise la plaine du Sahel est en relation directe avec la disponibilité en eau. En effet, la culture maraîchère est développée à proximité des points d'eau. Les zones sans points d'eau sont cultivées en Céréales ou en culture fourragères. Les oliviers sont plantés sur des surfaces réduites appartenant à des propriétés privées (figure 20).

L'agriculture constitue la vocation prédominante de l'activité économique de la wilaya avec une superficie agricole totale de 291.423 ha dont 178.998 ha de surface utile à l'agriculture, soit 61% de la superficie agricole totale (DSA, 2018).

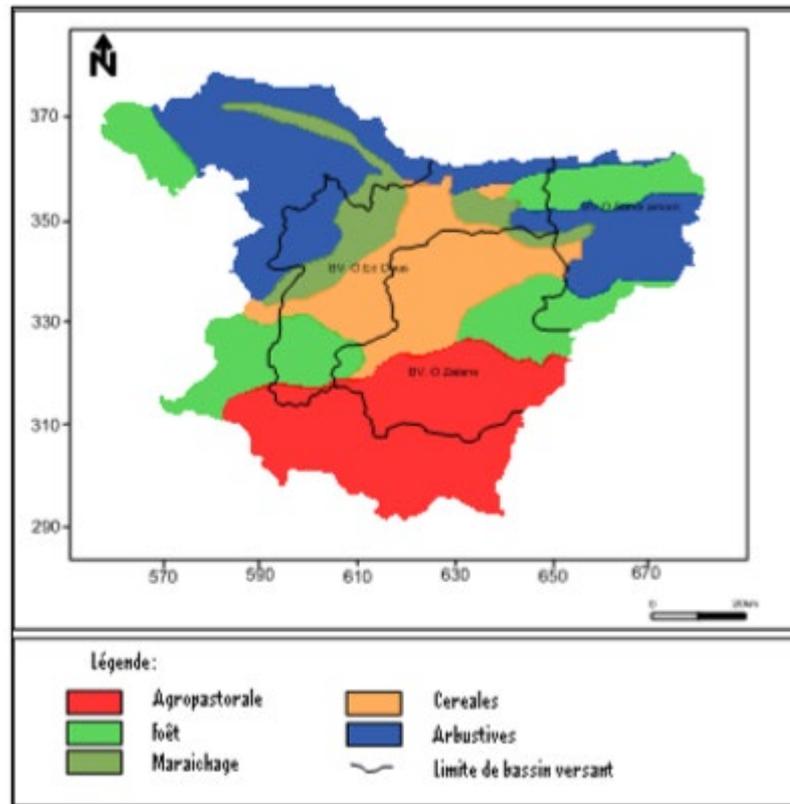


Figure 20: Carte d'occupation de sol de la wilaya(DSA de Bouira).

II.1.3. Hydrologie

Dans le plateau de Bouira, il existe deux nappes superposées, l'une phréatique formées par des alluvions récentes peu épaisses, de 0 à 8 m de profondeur. La deuxième, plus importantes, est la nappe des poudingues, de graviers, et d'argiles brunes. Les argiles sont généralement parsemées de graviers, donc il s'agit d'une formation semi-perméable. Selon la **DSA, 2018** la wilaya de Bouira s'étend du point de vue hydrographique sur quatre (04) bassins versants :

- ✓ Soummam: 2 240 km².
- ✓ Isser: 1 166 km².
- ✓ Hodna: 675 km².
- ✓ Hamiz: 56 km².

II.1.4. Climatologie

Le climat représente un des facteurs du milieu les plus importants (**BRAQUE, 1988**). En effet, il est utile de connaître les quantités des précipitations, les températures, les différents facteurs climatiques (gelée, neige, vent) et la durée de la saison sèche, pour avoir une idée précise sur le climat de la région.

II.1.4.1. Précipitations et variations pluviométriques

Plusieurs auteurs montrent que la pluviométrie en Algérie est sous l'influence des facteurs géographiques, l'altitude, la longitude et l'exposition. La pluviométrie augmente avec l'altitude, elle est moins importante sur le versant sud que sur le versant nord qui est plus exposé au vent humide (QUEZEL, 1957).

Tableau 1: Les Précipitations moyennes mensuelles et annuelles à la station de Bouira (2009/2017).

Paramètres	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Pmoyennes (mm)	27.41	35.01	51.25	52.33	74.28	91.16	78.61	51.33	43.03	12.57	1.91	10.33	529.22

D'après les données climatiques que nous disposons, la précipitation moyenne annuelle est de l'ordre de 529,22 mm (Tableau 1). Au niveau de Bouira. On constate que les mois les plus pluvieux sont janvier, février et mars (Figure 12).

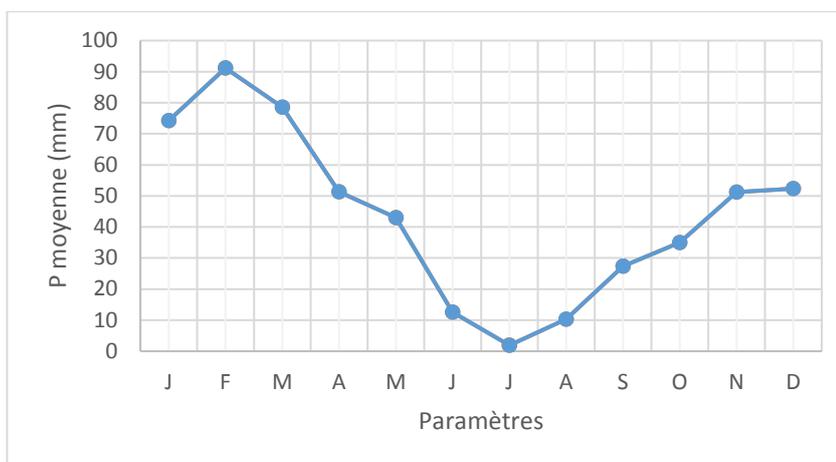


Figure 21: Diagramme des Précipitations à la station de Bouira (2009/2017).

II.1.5. Température

La température est un facteur écologique limitant. Elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait, la répartition des espèces dans la biosphère (Ramade, 1984). La caractérisation de la température en un lieu donné se fait généralement à partir de la connaissance des variables suivantes : Température moyenne mensuelle (T), Température maximale (M) et la Température minimale (m).

Les relevés moyens mensuels des températures ont été enregistrés sur une période de 08ans (2009-2017), par la station de Bouira. Les températures ambiantes ont été mesurées à

l'aide de thermomètre à minima et à maxima. Les moyennes mensuelles et annuelles correspondant à la période d'observation sont représentés dans le tableau 2.

Tableau 2: Températures moyennes mensuelles et annuelles à la station de Bouira (2009-2017).

Paramètres	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
T moyennes	23.02	19.07	12.7	9.42	8.7	8,4	10.82	15.08	18.71	23.57	27.95	27.66	16.93

La température moyenne annuelle est de l'ordre de 16.93 °C. On constate que les mois les plus chauds sont juillet et août avec une température de 27.95°C en raison des courants chauds provenant du Sud. Les mois froids sont décembre, janvier et février (Figure 22).

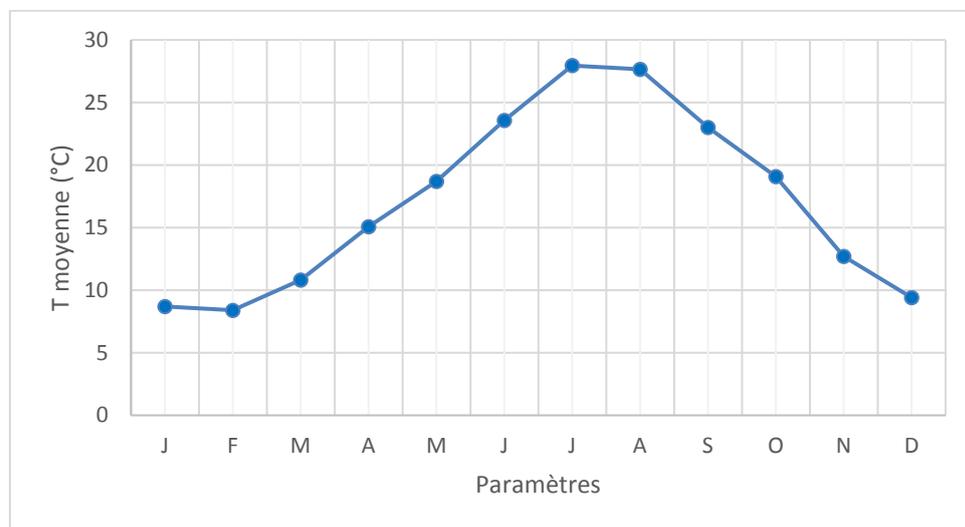


Figure 22: Températures moyenne mensuelles et annuelles à la station de Bouira (2009-2017).

II.1.6. Synthèses bioclimatiques

Nous avons retenu les deux indices les plus utilisés en région méditerranéenne. La période sèche est déterminée par le diagramme ombrothermique de **BAGNAULS & GAUSSEN (1957)** et le climagramme associé au quotient pluviométrique d'Emberger. Cette

synthèse bioclimatique permet d'expliquer la répartition biogéographique des êtres vivants dans leurs milieux.

II.1.6.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls & Gaussen

Selon **BAGNOULS & GAUSSEN (1953)**, un mois sec est celui où le total des précipitations (mm) est inférieur ou égal au double de la température (°C), soit $P \leq 2T$. Le diagramme réalisé pour la zone d'étude montre que la période sèche s'étale sur une période de six mois, du mois de mai jusqu'au mois de septembre (Figure 23).

La figure 12, représente la courbe ombrothermique de la région de Bouira, station pour laquelle, nous disposons des données thermiques et pluviométriques.

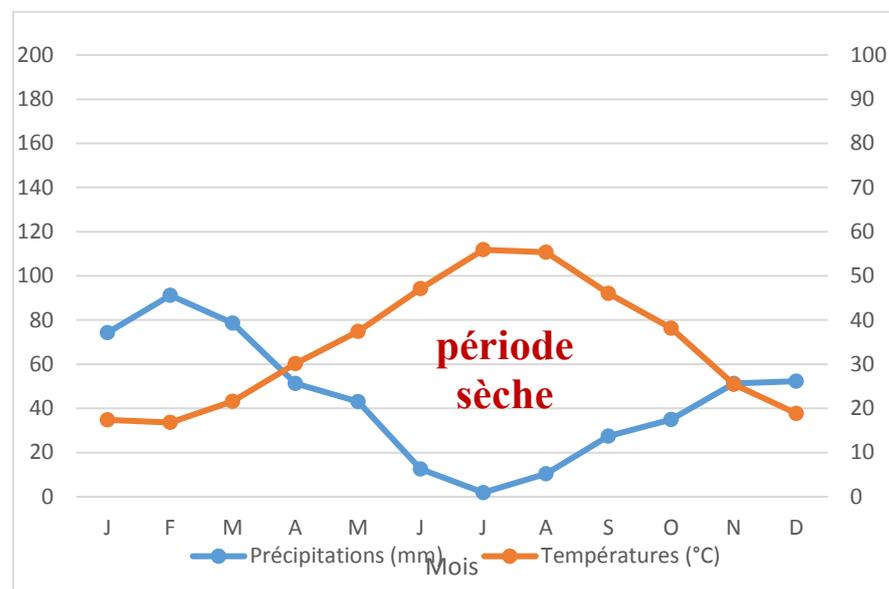


Figure 23: Diagramme Ombrothermique de Bagnouls & Gaussen pour la station de Bouira.

II.1.7. Quotient pluviothermique d'Emberger

Pour caractériser un climat, **EMBERGER (1952)**, a établi un quotient pluviothermique, simplifié par **STEWART (1969 IN MEDDOUR, 2010)**, dont l'expression est la suivante :

Ce quotient a été formulé de la façon suivante :

$$Q_2 = \frac{3,43P}{(M - m)}$$

- P : Précipitations annuelles en mm (= 529,22 mm)

- M : Moyenne des maximas du mois le plus chaud (=27,95 °C)
- m : Moyenne des minima du mois le plus froid (=8,4 °C)

L'indice Q_2n est pas utilisé seul, **EMBERGER (1936)** a combiné sur un climagramme, les températures moyennes minimales (m) en abscisse et le quotient pluviométrique (Q_2) en ordonnée pour définir les étages bioclimatiques (Ambiances bioclimatiques). Le tableau 3, ci-dessous, résume l'ensemble des zones bioclimatiques définies pour la région méditerranéenne.

Tableau 3: Zones bioclimatiques selon **EMBERGER (1952)**.

Zone bioclimatique	Quotient pluviométrique (Q_2)	P (Précipitations, mm)
Saharienne	$Q_2 < 10$	$P < 100$
Aride	$10 < Q_2 < 45$	$100 < P < 400$
Semi-aride	$45 < Q_2 < 70$	$400 < P < 600$
Sub-humide	$70 < Q_2 < 110$	$600 < P < 800$
Humide	$110 < Q_2 < 150$	$800 < P < 1200$
Per-humide	Supérieur à 150	Supérieur à 1200

En se basant sur les valeurs des précipitations et des températures, nous avons estimé le Q_2 de Bouira qui est de 92,85. À l'aide de cette valeur, nous avons représenté l'aire correspondant à la zone d'étude sur le climagramme (Figure 24).

Ainsi, la région de Bouira serait dans une ambiance bioclimatique sub-humide à hiver chaud ($Q_2 = 92.85$ et $m = 8.4$ °C). Dans le Tableau 5, nous reprenons les différents sous étages bioclimatiques retenus par Daget & David (1982).

Tableau 4: Sous étages bioclimatiques d'après **Daget & David (1982)**.

Variante à hiver	Valeur de m	Variante à hiver	Valeur de m
Glacial	$m < -10$	Tempéré	$+3 < m < 4,5$
Extrêmement froid	$-10 < m < -7$	Doux	$4,5 < m < 7$
Très froid	$-7 < m < -3$	Chaud	$7 < m < 10$
Froid	$-3 < m < 0$	Très chaud	> 10
Frais	$0 < m < 3$		

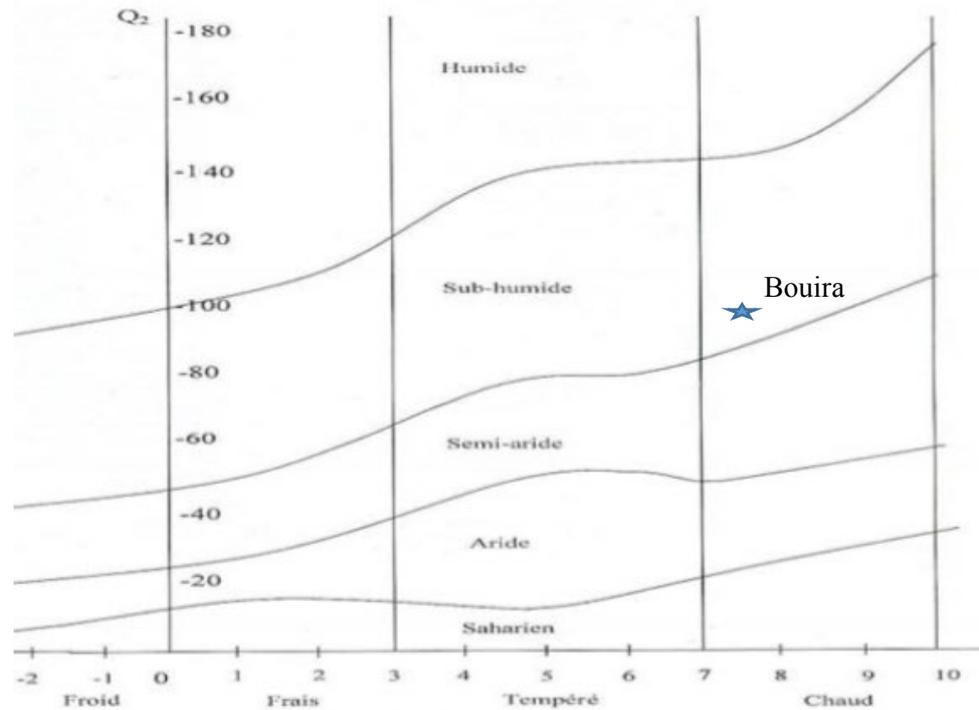


Figure 24: Situation bioclimatique de la station de Bouira sur le climagramme d'Emberger.

II.2. Étude microbiologique

Le diagnostic microbiologique et mycologique représente un outil indispensable en phytopathologie. Il est applicable à différents niveaux d'une maladie avec différentes approches.

La microbiologie a un rôle dans détermination de la structure, la physiologie, le métabolisme, la pathogenèse, ainsi que la génétique et l'écologie des microorganismes, par contre la Mycologie permet d'étudier et de mieux comprendre la diversité et le rôle des champignons dans la fruiticulture et la culture maraîchère afin de pouvoir appliquer leurs effets positifs pour une agriculture respectueuse de l'environnement. Ce qui élabore le phytodiagnostic qui consiste en la détection, l'identification et la caractérisation des agents pathogènes des plantes (virus, bactéries, champignons) et constitue un enjeu important pour la maîtrise et le contrôle des maladies infectieuses des variétés végétales cultivées.

II.2.1. Analyse mycologique

II.2.1.1. Échantillonnage

Plusieurs prélèvements sur la plante de pomme de terre (Tubercule, Feuille) sont effectués au niveau de chaque exploitation sera effectué.

Les échantillons de la pomme de terre sont placés dans des sachets en plastique, étiquetés puis ramenés au laboratoire. Une fois au laboratoire, les isolements sont réalisés le même jour.

II.2.1.2. Dénombrement de la flore fongique

a. Isolement

L'isolement est réalisé à partir de fragments des feuilles et de tiges présentant les symptômes caractéristiques de chaque maladie. La méthode est réalisée dans des conditions aseptiques, les échantillons prélevés ont été découpés et immergés pendant 2 min dans l'hypochlorite de sodium à 2% pour éliminer la flore saprophyte superficielles puis rincés trois fois dans de l'eau distillée stérile. C'est dernier ont été par la suite séchés sur du papier-filtre stérile avant d'être déposés sur milieu gélose PDA coulé en boîtes de Pétri stériles. Les boîtes sont scellées avec du parafilm puis incubées à l'obscurité à une température de 25 ± 1 °C (Figure 25).



Figure 25: Isolement sur milieu PDA (Original, 2019).

- **Isolement par dilution**

Les isolats obtenus présentent parfois des variations culturelles (BOOTH, 1971 ; BOISSON ET LAHLOU, 1983), par conséquent afin d'obtenir des isolats homogènes, nous avons utilisé la technique de la culture monospore (RAPPILY, 1968).

Cette technique repose sur la réalisation des dilutions à partir d'une solution mère, cette dernière est préparée en prélevant un fragment du champignon à partir d'une culture âgée, est le mère dans un tube contenant 9ml d'eau distillée stérile. Après agitation, 1ml de la suspension est introduit dans 9ml d'eau distillée, l'opération est répétée autant de fois jusqu'à la dilution voulue. 1ml de suspension fongique de chaque dilution est prélevé à l'aide d'une micropipette stérile, puis étalée sur une boîte Pétri contenant un milieu PDA (figure 26). Les boîtes sont mises à incuber à 25 ± 1 °C, en obscurité (BOUZNAD, 1989).

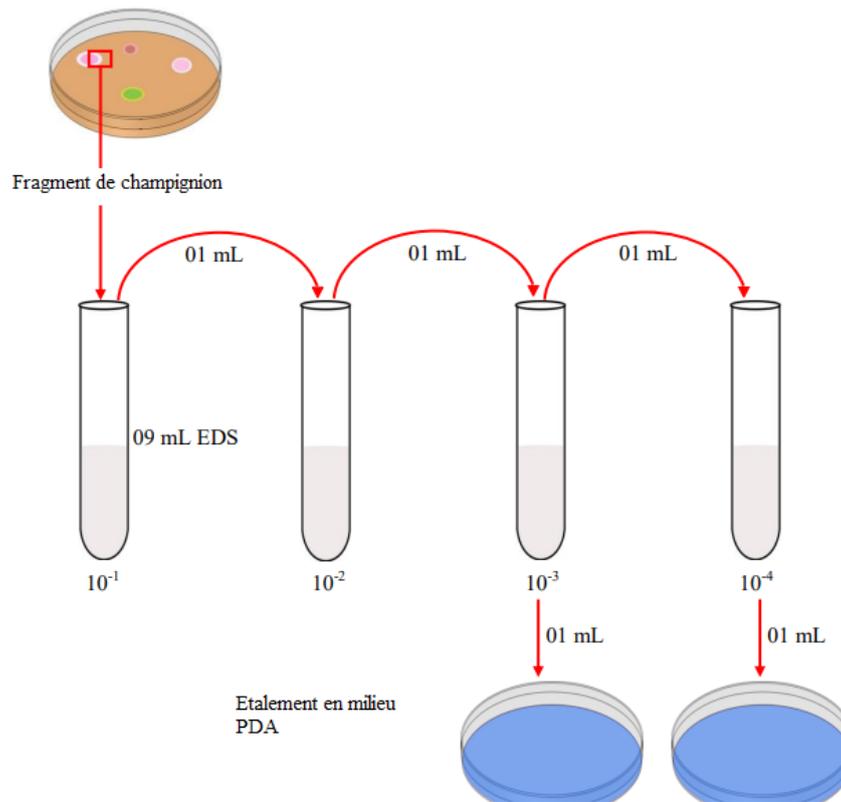


Figure 26: Isolement par dilution.

b. Purification

La purification est réalisée par transfert des colonies développées sur des boîtes contenant le milieu de culture PDA. Ce dernier se considère comme un milieu favorable de développement rapide des champignons, ainsi qu'à la production des spores (**BOTTON *et al.*, 1990**).

Après 4 jours d'incubation, des implants sont découpés à l'anse à partir du bord de colonie puis transférés individuellement sur une nouvelle boîte de Pétri contenant du milieu PDA (Figure 27).

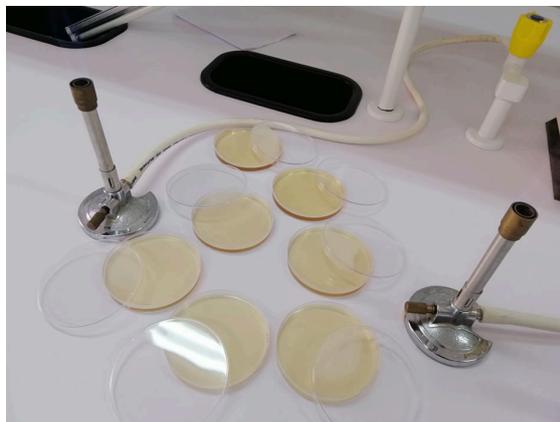


Figure 27: Milieux PDA pour la purification (**Original, 2019**).

c. Identification des moisissures

Une fois les souches pures obtenues après purification, on passe à l'étude macroscopique et microscopique pour l'identification.

L'identification des colonies développées à partir des fragments infectés est basée sur la morphologie des spores et plusieurs autres caractères.

Les techniques classiques, l'observation macroscopique et microscopique des souches sont largement suffisantes pour déterminer le genre des moisissures isolées (**BOURGEOIS et LEVEAU, 1980**).

- **Études macroscopique**

L'étude repose sur l'examen des cultures à l'œil nu ou à la loupe binoculaire des boîtes de Pétri contenant les champignons purifiés, elle permet d'étudier certains caractères cultureux des isolats : la vitesse de croissance, la couleur et la pigmentation des colonies, la texture, la surface et l'envers des cultures (**BOTTON *et al.*, 1990**). Les observations sont effectuées sur milieu PDA à partir du 7^{ème} jour d'incubation à 25°C. L'examen macroscopique est effectué afin de dégager quelques caractères spécifiques, à savoir : l'aspect de la colonie (couleur de la surface et du revers de la boîte, texture de la surface des colonies, topographie...), l'aspect des bordures des colonies, la couleur du mycélium aérien, présence ou absence de gouttelettes sur le mycélium, production de pigment diffusible.

- **Étude microscopique**

L'examen microscopique d'une colonie fongique se fait après réalisation d'un étalement entre lame, scotch et coloration. Généralement, un examen à l'objectif 40 est suffisant pour mettre en évidence la plupart et des éléments importants (**CHABASSE, 2002**). L'observation microscopique permet de détecter la présence du thalle, la présence ou l'absence de septum, la nature et la reproduction et les caractéristiques des fructifications et des spores.

- ✓ Observation directe

Afin de prélever des spores et des filaments mycéliens de la souche fongique à identifier, un morceau de papier adhésif (scotch) est mis sur la culture puis déposé sur une lame contenant une goutte de bleu coton qui permet de gonfler les filaments de mycélium et donner une meilleure observation.

L'observation microscopique permet la visualisation de la forme du mycélium et les spores caractéristique des champignons pathogènes.

II.2.2. L'activité antifongique *in vitro* des souches antagonistes *Bacillus spp*

Après isolement et identification des champignons, nous avons réalisés des tests pour étudier le potentiel antagoniste des souches B1, BEN 1, B10 vis-à-vis les champignons déjà identifiés à partir des parties de la pomme de terre, à savoir : *Fusarium roseum*, *Alternaria solani*

II.2.2.1. Les milieux de culture utilisés pour les tests

Afin de réaliser nos tests, nous avons utilisé deux milieux : un milieu de gélose nutritive (GN), bouillon nutritif (BN) et un milieu MEA (*Malt Extract Agar*), ces derniers nous ont servi dans l'ensemencement des bactéries de genre *Bacillus* et pour l'utilisation des tests de lutte biologique *in vitro* (Annexe).

II.2.2.2. Bactéries antagonistes utilisées

Les trois souches bactériennes utilisées proviennent d'une grande collection de souches du laboratoire d'écologie et de gestion des écosystèmes naturels, département d'écologie et d'environnement, université Abou Bakr Belkaid, Imama, Tlemcen, Algérie.

Les souches BEN1, B1 et B10 ont été isolées à partir des sols des vergers d'oranger *Citrus sinensis* et identifiées par PCR 16S (KEBDANI, 2017).

Tableau 5: Les souches bactériennes testées pour leur activité antagoniste vis-à-vis *Fusarium roseum*, *Alternaria solani*.

La bactérie	Nom de la souche	Origine
<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>KM272764.1</i>	BEN1	Un verger agrumicole dans la région d'Ain defla.
<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>KJ679218.1</i>	B1	Un verger agrumicole dans la région de Tlemcen.
<i>Bacillus cereus</i> <i>EU240373.1</i>	B10	Un verger agrumicole dans la région de Tlemcen.

II.2.2.3. Revivification des souches de *Bacillus*

Avant l'utilisation des souches bactériennes BEN1, B1 et B10 une revivification des souches a été réalisée sur milieu de culture liquide GN, dont la composition est mentionnée dans l'annexe ; les échantillons ont été incubés à 37°C pendant 6 jours sous agitation. La purification a été réalisée par un passage successif sur ce même milieu solide et liquide (BN) additionné de 8% de NaCl pour éviter toute contamination.

II.2.2.4. Test d'activité antifongique des souches antagonistes *Bacillus spp*

La souche de *Bacillus spp* mésophile est ensemencée par une strie longitudinale sur le centre du milieu PDA. Après deux explants du champignon phytopathogène en croissance actif sur gélose à l'extrait de malt à pH 7 de 5mm de diamètre sont déposés sur les deux côtés de la strie de chaque bactérie à une distance de 2,5cm (figure 28) (HIBAR *et al*, 2005). Chaque souche bactérienne est confrontée au champignon à raison de 3 répétitions (INAM ELHAQ *et al.*, 2003).

Les boîtes témoins sont ensemencées avec les disques du champignon en absence de la bactérie antagoniste. Les boîtes sont incubées à 25°C pendant 7 à 10 jours. Les diamètres de la croissance des champignons ont été mesurés et comparés par rapport au témoin et on en déduit le pourcentage d'inhibition.

Les pourcentages d'inhibition sont calculés selon la formule :

$$(T - d / T) \times 100$$

- **d**= diamètre du test.
- **T**= diamètre du témoin.

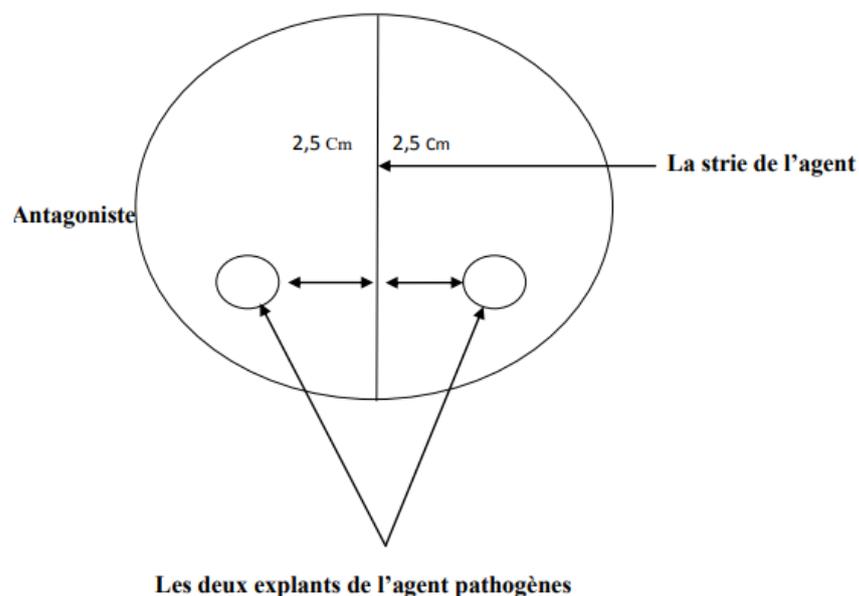


Figure 28: Méthode de confrontation directe entre l'agent pathogène et l'agent antagoniste sur milieu PDA (HIBAR *et al*, 2005).

Résultat et discussions

III. Résultats et discussion

III.1. Résultats

III.1.1. Dénombrement de la flore fongique

III.1.1.1. Isolement

L'isolement réalisé à partir de fragments des feuilles et de tiges présentant les symptômes caractéristiques de chaque maladie a permis de mettre en évidence les deux souche appartenant au genres : *Alternaria solani* et *Fusarium roseom*.

III.1.1.2. Identification

L'identification des souches de champignons phytopathogènes s'est basée sur l'étude macroscopique et microscopique. L'identification de ces souches étant basée essentiellement sur les clés de détermination des genres à savoir les caractères cultureux et la morphologie microscopique.

- **Etude macroscopique**

L'aspect des colonies des souches de moisissures isolées à partir de plantes malades est représenté dans la (figure 29).

Les colonies d'*Alternaria sp* sont de couleur noire verdâtres duveteuse et présentent une texture épaisse et dense. La souche de *Fusarium sp* présente au début un mycélium de couleur blanche qui devient après sporulation un thalle rose qui vire au violet.

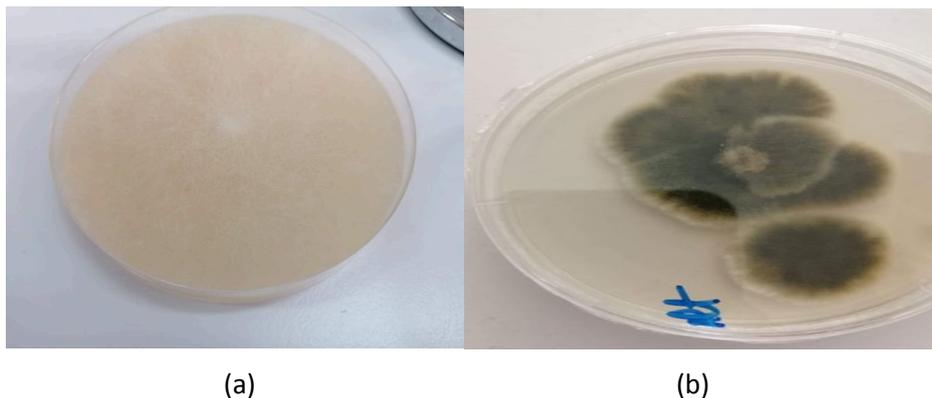


Figure 29: Observation macroscopique des champignons isolés (a) *Fusarium sp*, (b) *Alternaria sp*.

- **Etude microscopique**

L'observation microscopique des moisissures isolées à partir de plantes infectées sont représentées dans la (figure 30)

- Le *Fusarium roseom*, ce genre est caractérisé la présence de macroconidies fusiformes et cloisonnées. Les phialides sont portées par l'extrémité du conidiophore; elles sont étroites plus ou moins effilées, Les microconidies sont dispersées parmi le mycélium, elles sont de petite taille par rapport aux macroconidies.
- L'*Alternaria solani* : se présente sous la forme de longs filaments (hyphes) le mycélium est de type non cloisonné associé à la présence de conidies pluricellulaires en chaines brunes irrégulières souvent en forme de massue, cloisonnées longitudinalement et transversalement.



(a)

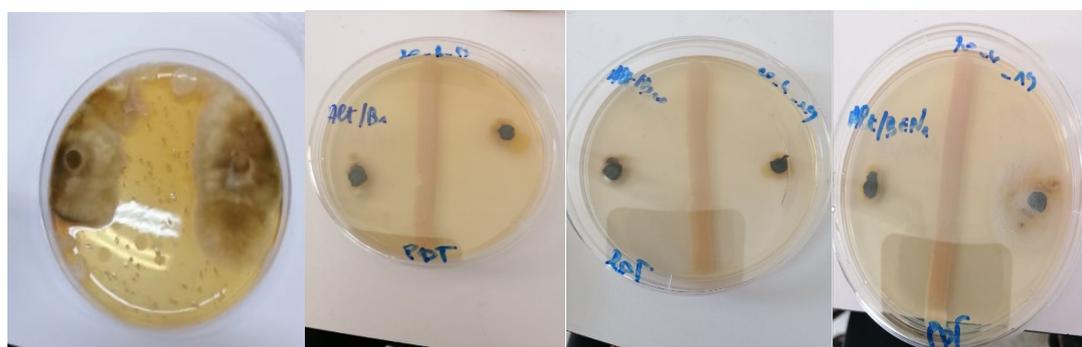


(b)

Figure 30: Observation microscopique des champignons pytopathogènes (X100). (a) *Fusarium roseom*, (b) *Alternaria solani*.

III.1.2. L'activité antifongique *in vitro* des souches antagonistes *Bacillus*

Les souches *Bacillus spp* (B1, B10, BEN1) mésophile ont été confrontées avec les deux souches fongiques pathogènes isolées (*Fusarium roseom* et *Alternaria solani*) sur milieu PDA. Les figures (31), et (32) illustrent la capacité des souches *Bacillus spp* à savoir : *Bacillus thuringiensis* (B1 et BEN1) et *Bacillus cereus* (B10) à inhiber la croissance mycélienne des deux souches de moisissures pathogènes. L'inhibition se traduit par la réduction de la croissance des colonies d'*Alternaria solani* et *Fusarium roseom* dans les boîtes testes par rapport à celles dans les boîtes témoins.



Temoin

B1

B10

BEN1

Figure 31: Croissance d'*Alternaria solani* en présence des souches *Bacillus*.



Temoin

B10

BEN1

B1

Figure 32: Croissance de *Fusarium roseom* en présence des souches *Bacillus sp*.

III.1.2.1. Activité antifongique de *Bacillus spp* sur *Alternaria solani*

D'après les résultats de calcul du pourcentage d'inhibition représenté dans le tableau 6, on observe que pendant toute la période d'incubation (5j, 6j, 7j), la souche B10 *Bacillus cereus* prouve la meilleure activité antifongique sur *Alternaria solani* par rapport à la souche BEN1 et B1, avec des taux d'inhibition de 44 % après 5 jours, 30,5 % après 6 jours et 23,89 % après 7 jours d'incubation.

Tableau 6: Pourcentages d'inhibition des souches *Bacillus thuringiensis* (B1 et BEN1) et *Bacillus cereus* (B10) confrontées vis à vis *Alternaria solani*, en fonction du temps.

Le temps \ La souche	5j	6j	7j
B10	44 %	35.5 %	29.44 %
B1	23,89 %	17.77 %	10.55%
BEN1	30.5 %	22.22 %	11.1 %

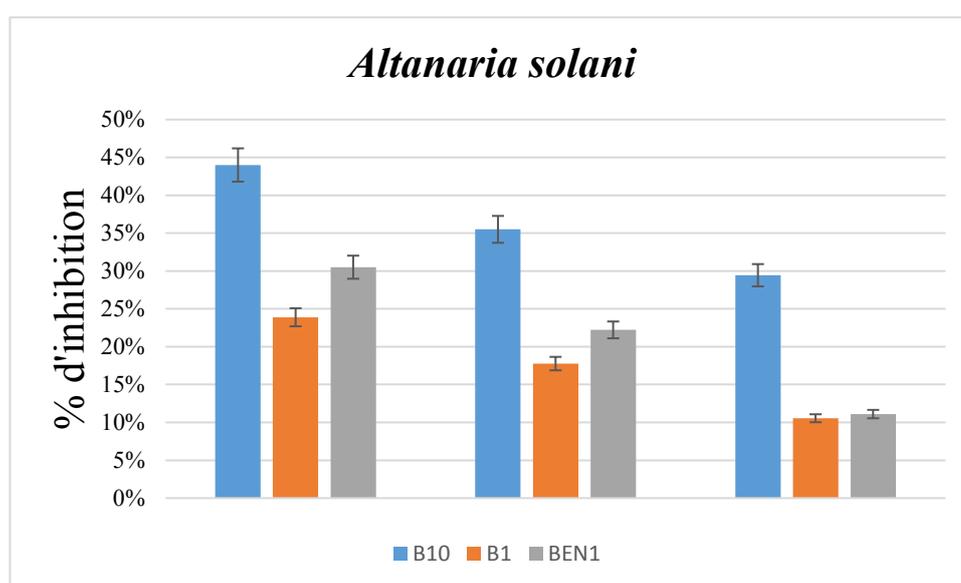


Figure 33: Taux d'inhibition des souches de *Bacillus thuringiensis* (B1 et BEN1) et *Bacillus cereus* (B10) confrontées au *Alternaria solani* en fonction du temps.

III.1.2.2. Activité anti-fongique de *Bacillus spp* sur *Fusarium roseom*

Le pourcentage d'inhibition illustré dans le diagramme (figure 30) et le tableau 7, révèle que au cours de la période d'incubation, la souche B1 prouve une meilleure activité antifongique sur *Fusarium roseom* par rapport au B10 et BEN1, avec un taux d'inhibition de 13,54% après 5 jours d'inhibition et 11,25 % après 6 jours, par contre après 7 jours d'incubation la souche B1, B10 et BEN1 sont moins efficaces sur *Fusarium roseom* dont les taux d'inhibition sont respectivement 9,33 %, 6,38 % et 3,40%.

Tableau 7: Pourcentages d'inhibition des souches *Bacillus thuringiensis* (B1 et BEN1) et *Bacillus cereus* (B10) confrontées vis-à-vis *Fusarium roseom*, en fonction du temps.

Le temps \ La souche	5j	6j	7j
B10	11,44 %	8,15 %	6,38 %
B1	13,54 %	11,25 %	9,33 %
BEN1	6,09 %	4,29 %	3,40 %

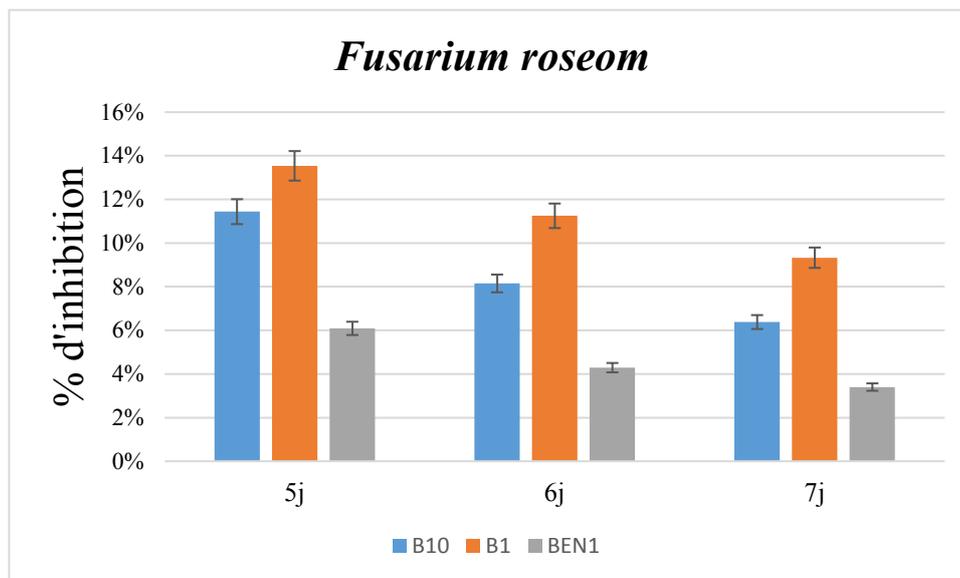


Figure 34: Taux d'inhibition des souches de *Bacillus thuringiensis* (B1 et BEN1) et *Bacillus cereus* (B10) confrontées au *Fusarium roseom* en fonction du temps.

III.2. Discussion

Chez la pomme de terre, le tubercule occupe une place prépondérante et est l'organe que l'on consomme et le mode de multiplication le plus courant (**ROUSSELLE *et al*, 1996**). La multiplication végétative par tubercules favorise malheureusement la propagation de nématodes, de champignons du sol et de virus (**MESSIAEN, 1981**).

D'après, (**IKHOU, 2011**), les principaux agents responsables de la détérioration des fruits et légumes commercialisés en Algérie sont des souches appartenant aux genres : *Aspergillus*, *Alternaria* et *Fusarium*.

Les isollements à partir de la plante de pomme de terre en cours de culture montrent que les champignons se répartissent sur toutes les parties du végétale, L'identification de ces isolats c'est basée essentiellement sur les clés de détermination des espèces à savoir les caractères culturaux et la morphologie microscopique. Nous avons pu identifier les deux espèces responsable de l'altranios et la fusarios de pomme de terre, *Alternaria solani* et *Fusarium roseom*.

En lutte biologique, certaines bactéries ou champignons auxiliaires peuvent être utilisés pour empêcher le développement de maladies dues aux microorganismes (**HENNI, 1998**).

Plusieurs auteurs ont montré l'importance de l'activité antibiotique des bactéries dans la limitation de la gravité des maladies d'origine tellurique (**HOWELL et STIPANOVIC, 1979, 1980, PAPAIVIZAS et LUMSDEN 1980, SNEH *et al.*, 1984, WELLER et COOK 1986, ALTINDAG *et al.*, 2006**). La lutte biologique est mieux contrôlé via un antagoniste bactérien, qui va interagir directement avec l'agent pathogène et/ou indirectement c'est à dire avec la plante-hôte (**TOMASHOW, 1996, BENHAMOU *et al.*, 2002**). Plusieurs genres bactériens sont des agents de bio-contrôle anti-fongique(**MCCLOUGHLIN *et al*, 1992 DUIJFF *et al.*, 1993, VICEDO *et al*, 1993, KORSTEN *et al.*, 1997; RAMAMOORTHY *et al.*, 2001, ESITKEN *et al.*, 2002, BADJI *et al.*, 2005**). Les bactéries les plus utilisées sont *Pseudomonas fluorescens*, *P. putida*, *Enwiniaher bicola*, *Bacillus subtilis* *Enterobacter cloacae*.

Dans notre approche nous avons testé l'activité antifongique des souches de *Bacillus thuringiensis* (B1, BEN1) et *Bacillus cereus* (B10), sur les champignons phytopathogènes isolés à partir de pomme de terre dans la région de Bouira à savoir *Alternaria solani* et *Fusarium*

roseom. Ces souches ont été isolées à partir des sols des différents vergers d'orange *Citrus sinensis* à travers le territoire national et identifiées par PCR 16S (KEBDANI, 2017).

Le genre *Bacillus* et les membres du groupe *B. cereus* en particulier, constituent de bons candidats pour diverses applications biotechnologiques, pharmaceutiques, agricoles et agroalimentaires (SENESI *et al.*, 2004). Selon FRAVEL (2005) plusieurs espèces de *Bacillus* sont utilisées pour protéger les terrains agricoles contre les moisissures phytopathogènes. Il s'agit de *B. amyloliquefaciens*, *B. licheniformis*, *B. pumilus* et *B. subtilis*. Parmi les cultures traitées, on note l'avocat, les céréales, la betterave sucrière, le pois chiche, le soja, le haricot, le coton, les petits pois, les arachides, la pomme de terre, le piment, la tomate, la pomme, la poire et autres (PEREZ-GARCIA *et al.*, 2011, CAWOY, 2012).

Les trois souches bactériennes ont eu une activité anti fongique sur les deux champignons phytopathogènes avec des pourcentages d'inhibition qui varie de fort à modéré.

Les résultats de calcul du pourcentage d'inhibition, montrent que la souche *Bacillus cereus* (B10) est la plus efficace et la plus active sur *Alternaria solani* avec un taux d'inhibition de 44 % par rapport à la souche BEN1 et B1, dont les taux d'inhibition sont respectivement 30,5 % et 23,89 %. Ce pendant *Fusarium roseom* était plus sensible à la souche B1 *Bacillus thuringiensis* avec un pourcentage d'inhibition de 13,54 % après 5 jours d'incubation. D'une manière globale, les résultats montrent que le genre *Bacillus cereus* est plus efficace sur *Alternaria solani* que sur *Fusarium roseom*, qui est plus sensible à l'activité antifongique de B1 *Bacillus thuringiensis*, ce qui a été confirmé par plusieurs auteurs ; Après avoir réalisé un test d'antagonisme *in vitro* entre le genre *Bacillus sp* et les moisissures phytopathogènes, les résultats obtenus par SAIDI *et al.*, (2009), ont montré des taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium* 33 % et *Penicillium* 70% et *Aspergillus* 60%.

Les recherches de HERNANDEZ *et al.*, (2013), ont montré que *Bacillus spp* présente un certain effet d'inhibition du mycélium pathogène *Alternaria dauci* et *Rhizoctonia solani*, jusqu'à 50%.

Selon BONMATIN *et al.*, (2003), les souches *Bacillus spp* mésophiles sont capables de produire des lipopeptides, de type fengycine et iturine, qui permettent d'augmenter l'effet protecteur des plantes contre les pathogènes. Ces substances sont impliquées dans l'induction du phénomène de résistance systémique

D'autre part, **AHMED IDRISSE *et al.*, (2007)** et **ZHANG *et al.*, (2008)** ont signalés que des enzymes du genre *Bacillus spp.* Auraient un rôle dans la lyse hyphale de certains champignons phytopathogènes tels que *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Pythiummultimum* et *Alternaria solani*.

L'inhibition de développement de ces moisissures permet de maintenir la maladie à un seuil acceptable. Les essais de lutte biologique à l'aide de ces souches bactériennes ont montré qu'il était possible de limiter l'incidence du *Fusarium* et d'*Alternaria*

L'ensemble des résultats obtenus dans le présent travail montrent que dans le futur, nous aurions la possibilité d'utiliser des produits à base des souches de *Bacillus thuringiensis* et *Bacillus cereus* qui respect l'environnement, pour l'élaboration de fongicide et de produit phytosanitaire biologique afin de diminuer, voir éliminé l'utilisation de produit chimique, et cela dans le cadre d'une lutte biologique qui respecte l'environnement.

Conclusion

Conclusion

L'Alterariose et la fusariose sont souvent rencontrés dans les champs de pomme de terre de la Wilaya de Bouira. Bien que les traitements fongicides soient un élément clé dans la gestion intégrée de ces deux maladies, l'hypothèse de l'apparition de la résistance ne peut pas être exclue, limitant ainsi l'efficacité et la durée de vie utile des fongicides développés à des coûts toujours plus élevés. Haut du formulaire Bas du formulaire C'est dans le cadre de la recherche d'une méthode de lutte biologique que nous avons testé la possibilité de recourir à des souches du genre *Bacillus*.

Les bactéries du genre *Bacillus* mésophile ont été testées pour leur activité antifongique vis-à-vis de champignons phytopathogènes. Après avoir réalisé un test d'antagonisme qui se base sur la capacité de ces bactéries à inhiber la croissance des moisissures phytopathogènes *in vitro*, les résultats obtenus ont montré des taux d'inhibition considérables de la croissance d'*Alternaria solani* et *Fusarium roseom*

Les valeurs obtenues dévoilent que parmi les trois souches de *Bacillus* teste, la souche *Bacillus cereus* (B10) à un fort potentiel antifongique contre l'*Alternaria solani* avec un pourcentage de 44 % après 5 jour d'incubation. En revanche la croissance de *Fusarium roseom* a été inhibé par l'action de *Bacillus thuringiensis* (B1) avec un pourcentage d'inhibition de 13,54 % après 5 jours d'incubation.

Les tests que nous avons développés peuvent servir de base à la mise en évidence de propriétés antifongiques des *Bacillus*. La mise au point d'autres tests permettra de révéler d'autres aspects de l'activité antagoniste des souches bactériennes et de rechercher des espèces plus efficaces afin de les utiliser dans la lutte contre les maladies d'origine fongique.

L'ensemble des résultats obtenus lors de ce travail pourrait constituer des solutions alternatives ou complémentaires à l'utilisation des pesticides organiques de synthèse pour la lutte contre les champignons phytopathogènes et la protection des cultures. Le développement de bio fongicides à partir des métabolites des bactéries du genre *Bacillus* s'inscrit dans le cadre de l'agriculture et du développement durable.

Enfin, bien qu'il s'agisse d'un domaine de recherche assez récent par rapport à la lutte chimique, nous pensons que des possibilités de lutte biologique s'étendront aux différents types de cultures et espèces végétales. D'ailleurs, plusieurs auteurs **AKKOPRU et DEMIR, (2005) et HE et al (2006)**, estiment qu'elle sera appelée dans un temps proche à jouer le rôle d'un fongicide.

Références bibliographique

Références bibliographique

- ABD EL MONAIM. A, 1999.** Production de pomme de terre. Maison arabe de L'édition et la distribution. 446P.
- AGENCE NATIONAL DE DEVELOPPEMENT ET DE L'INVESTISSEMENT, 2013.** Dispositif de l'agence nationale de développement et de l'investissement.
- AIT OUADA, BOUZNAD. Z., M, KEDAD. A, MOKABLIA. A, SIAFA. A, YAHIAOUI. S., 2008.** Principaux ravageurs et maladies de la pomme de terre : Agents responsables, dégâts, conditions de développement et méthodes de lutte. in Journée d'étude sur la filière pomme de terre : situation actuelle et perspectives, 18 juin 2008. INA EL-HARRACH, Alger.
- AKKÖPRÜ A, DEMIR S, 2005.** Biological control of Fusarium wilt in tomato caused by Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici by AMF Glomus intraradices and some rhizobacteria. J Phytopathol 153: 544–550.
- ALCARAZ, L. D, MORENO-HAGELSIEB, G, EGUIARTE, L. E, SOUZA, V, HERRERA-ESTRELLA, L, ET AL. 2010.** Understanding the evolutionary relationships and major traits of Bacillus through comparative genomics. BMC Genomics 11: 332.
- ALLALA, DEGHALI, MAAMAR, SAMEUT. Y, OUMESSAAD. L, 2014.** Les maladies virales de la pomme de terre en Algérie, résistance et facteurs de disséminations. : recueil des resumes/ proceeding – marrakech 2ème Congrès International de la Biodiversité végétale/ 2nd *International Conference of Plant Biodiversity*.
- ALTINDAG, A., YANIK, M., UCOK, A., ALPTEKIN, K., & OZKAN, M. 2006.** Effects of an antistigma program on medical students' attitudes towards people with schizophrenia. Psychiatry and Clinical Neurosciences, 60, 283–288
- BADJI, B., RIBA, A., MATHICU, F., LEBRIHI, A., SABAOU, N. 2005.** Activité antifongique d'une Souche d'Actinomadura d'origine saharienne sur divers champignons pathogènes et toxinogènes. Journal de Mycologie Médicale, 15, pp.211-219
- BAGNOULS F. ET GAUSSEN H., 1953.** Saison sèche et indice xérothermique .bull .soc .Hist. Nat. Toulouse. 88 : 3-4 et 193-239.
- BAMOUIH.A, 1999.** Fiche technique Nr.57/ Tomate sous serre, Boulten Inst.Agroveterinaire Hassan II, Maroc, 21 p.
- BENINAL. L, CORBIERE. R, KEDAD. A, ANDRIVON. D, BOUZNAD Z, 2009.** A2 mating type metalaxyl resistance and complex virulence profiles: common features in some Phytophthora infestans isolates from Algeria. In: Proceedings of the Eleventh EuroBlight Workshop (October 28-31, 2008, Hamar, Norway), PPO-Special Report n 13: 237-341
- BEKKARI. O, 2002.** La revue scientifique : indicateur bibliométrique de la performance de la recherche dans le domaine agricole. Rabat : Ecole des Sciences de l'Information.

- BENCHEIKH. M, SETTI. B, 2007.** Characterization of streptomyces scabies isolated from common scab lesions on potato tubers by morphological, biochemical and pathogenicity tests in chlef region in western Algeria. *Sciences & technology c* – N°26, pp.61-67.
- BLANCHARD.A, 2006.** Identification polymorphisme et évolution moléculaire de gènes du pouvoir pathogène chez le nématode a kyste de la pomme de terre *Globodera pallida* Thèse Doc Biologie., Université de Rennes 186p
- BOISSON C., LAHLOU H. 1983.** Etude du polymorphisme intraclonal chez le *Verticillium albo-atrum* forme à microscélérotés. II-L'aptitude à varier chez les variants morphologiques. *Cano I Bot*, Vol. 61 (12) pp. 3536-3542
- BONMATIN JM, MOINEAU I, et al. 2003.** A LC/APCI-MS/MS method for analysis of imidacloprid in soils, in plants, and in pollens, *Analytical Chemistry*, 1, 75(9), 2027-2033.
- BONATERRA. A, CABREFIGA. J, CAMPS. J, MONTESINOS. E, 2007.** Increasing survival and efficacy of a bacterial biocontrol agent of fire blight of rosaceous plants by means of osmoadaptation. *FEMS (Federation of European Microbiological Societies) Microbiol Ecol.* 61, 185–195
- BOOTH C. 1971.** The genus *Eusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England, 237p.
- BOUFARES. K, 2012.** Comportement de trois variétés de pommes de terre (Spunta, Désirée et Chubaek) entre deux milieux de culture substrat et hydroponique. Université Aboubekr Belkaïd, Tlemcen, p81.
- BOUMLIK. M, 1995.** Systématique des spermaphytes. Edition Office des Publications Universitaires. Ben AKnoun (Alger). 80p.
- BOURGEOIS CM et LEVEAU, 1980.** Techniques d'analyse et de contrôle microbiologique. Volume III .Ed.technique et documentation,APRIA,Paris,67p.
- BOURGET. D, 2004.** Des pommes de terre : L'histoire, la culture et la diversité, *Jul stream*
- BOUZNAD, Z., 1989.** Contribution à la connaissance du genre *Ascochyta* cas particulier de l'étude biologique, ultrastricrale et cytochimiques des reactions hôte parasite chez le couple *Pisum sativum L./Ascochyta pisi* Lib..These doctorat université pierre et Marie curie.Paris.P185.
- BOIVIN. G, 2001.** Parasitoïdes et lutte biologique : paradigme ou panacée.
- BOTTON, B. et al, 1990.** Moisissures utiles et nuisibles: importance industrielle, 2ème ed. Masson ed, Paris.
- BRAQUE, R, 1988.** Biogéographie des continents. Masson.- 470p.
- CAWOY, H., BETTIOL, W., FICKERS, P., ONGENA, M. 2012.** *Bacillus*-Based Biological Control of Plant. Thèse disponible sur: www.intechopen.com/download/pdf/21989

- CHABASSE D, 2002.** Les moisissures d'intérêt médical. Cahier de formation Biologie médicale. N°25: 159 p.
- CHIBANE. A, 1999.** Techniques de production de la pomme de terre au Maroc , Bull Transfert de Technologie , N°52, Rabat , 4p.
- COHN, F. 1872.** Untersuchungen u"ber Bakterien. Beitr Biol Pflanz, German, 1, 127–224.
- DAGET, P, et DAVID, P. 1982.** Essai de comparaison de diverses approches climatiques de la méditerranéité. Ecologia Mediterranea VIII (1-2) : 33-48.
- DARPOUX. R, DEBELLEY. M, 1967.** Les plantes sarclées. Edition. J.B. Baillère et fils france. Collection d'Enseignement Agricole. 307p.
- DAVET. P, 1996.** Vie microbienne du sol et production végétales, (edn) INRA. Paris.
- DORE .T, LE BAIL. M, MARTIN. P, NEY. B, ROGER-ESTRADE. J, 2006.** L'agronomie aujourd'hui. Quae : Paris.
- DRABLOS. F, NICHOLSON, D, RONNING, M, 1999.** EXAFS study of zinc coordination in Bacitracin A Biochim. Biophys. Acta, 1431, pp. 433-442.
- DSA, 2018.** Direction de service Agricole, Monographie de la wilaya de Bouira.
- DUIJFF, B.J., MEIJER, J.W., BAKKER, P.A.H.M., SCHIPPERS, B. 1993.** Siderophore-mediated competition for iron and induced resistance in the suppression of Fusarium wilt of carnation by fluorescent Pseudomonas spp Neth. J. Pathol, 99, pp.277-289
- DYE D.W. 1969.** A taxonomic study on the genus Erwinia: II. the "carotovora" group. New Zealand *Journal of Science* 12, 81–97.
- EMBERGER, L. 1935.** La distribution géographique du cèdre au Maroc. C.R. Soc. Biog., 12, 45-58.
- EMBERGER. L, 1952.** Sur le quotient pluviothermique. Sciences, 234, 2508-2511.
- ESITKEN, A., KARLIDAG, H., ERCISLI, S., SAHIN, F. 2002.** Effects of foliar application of Bacillus subtilis Osu-142 on the yield, growth and control of shot-hole disease (Coryneum blight) of apricot. Gartenbauwissenschaft, 67, pp.139-142
- FAO, 2015.** La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture.
- FERRON. P, 2000.** La lutte biologique : définition, concept et stratégie. Dossiers de l'environnement de l'INRA. 19 : 7-18
- FRAVEL, D.R, 2005.** Commercialization and implementation of biocontrol. Ann Rev Phytopathol. 43: 337-359.
- GAUCHER. D, DUVAUCHELLE. S, ET ANDRIVON. D, 1998.** Mildiou de la pomme de terre le champignon évolue, la lutte aussi I Perspectives Agricoles 236 : 1-20 pp.
- GAUTIER. M, 1991.** La culture fruitière : L'arbre fruitier (2ème édition). Ed Lavoisier.vol 1, Paris. 594P.

- GREATHEAD.D. J, KOOYMAN. C, LAUNOIS-LUONG. M. H, POPOV. G. B, 1994.** Les ennemis naturels des 8°criquets du Sahel. Collection acribologie opérationnelle N CILSS/DFPV, Niamey, Bp 12625. Niger.
- HAMDANI. M, 2008.** Etude comparative du développement de la teigne de la pomme de terre *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera : Gelechiidae) dans la région de Ain Defla, de Zéralda et de Boumerdes - estimation des dégâts, Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) El Harrach
- HANDELSMAN, J., STABB, E. V., 1996,** Biocontrol of Soilborne Plant Pathogens, *The Plant Cell*, v. 8, n. 10 (out.), p. 1855.
- HAWKES. JG, 1990.** The potato : evolution, biodiversity and genetic resources., Londres, Belhaven Press. 259pp.
- HENNI, J.E. 1998.** Morphologie, pouvoir pathogène et diversité génétique chez *Fusarium Oxysporum* f.sp. lycopersici. These Doctorat. Université d'Oran, 172
- HIBAR K., DAAMI-REMADI M., KHIAREDDINE H., EL MAHJOUB M. 2005.** Effet inhibiteur in vitro et in vivo du *Trichoderma harzianum* sur *Fusarium oxysporum* f. sp. radicleslycopersici. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 9 (3), 163–171.
- HOSFORD JR, MORRALL R.A.A. 2012.**the épidémiologie of leaf spot disease in a native prairie ;the progression of disease with time .*can.J.Bot* .53,pp :1040-1050
- HOWELL, C.R., STIPANOVIC. R.D. 1979.** Control of *Rhizoctonia solani* on cotton seedlings with *Pseudomonas fluorescens* and with an antibiotic produced by the bacterium. *Phytopathology* 69, pp.480-482.
- IDRIS AH, LABUSCHAGNE N, KORSTEN L, 2007.** Screening rhizobacteria for biological control of *Fusarium* root and crown rot of sorghum in Ethiopia. *Biol Control* 40:97–106
- IGNOFFO. C M, 1973.** Effects of Entomopathogens on Vertebrates. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 217: 141-165.
- IKHOU, AM. 2011.** Isolement, identification et caractérisation de quelques agents microbiens responsables de la détérioration superficielle des fruits de tomate. Mémoire de Master en Microbiologie. Université d'Oran Es Sénia. 62pp
- INAM-UL-HAQ M., JAVED N., AHMED R., REHMAN A. 2003.** Evaluation of different strains of *pseudomonas fluorescens* for the biocontrol of *Fusarium* wilt of chickpea. *Pakistant Journal of Plant Pathology*, 2 (1); 65-74.
- INGHAM, R.E., TROFYMOW, J.A., INGHAM, E.R., COLEMAN, D.C., 1985.** Interactions of Bacteria, Fungi, and their Nematode Grazers: Effects on Nutrient Cycling and Plant Growth. *Ecological Monographs* 55, 119-140.
- IRDA, 2000.**Guide d'identification : Maladies, insectes nuisibles et utiles de la pomme de terre
- INPV, 2011.** Bulletin d'informations phytosanitaires. Consulté sur : www.inpv.edu.dz.

- ISIAKHEM. F, BOUZNAD. Z, 2010.** In vitro evaluation of difenoconazole and chlorthalonil on conidial germination and mycelial growth of *Alternaria alternata* and *A. solani* causal agent of early blight in Algeria. Twelfth EuroBlight workshop Arras (France) 3-6 May, PPO Special Report, No. 14, p. 297-302.
- ITAB, 2006.** Protection phytosanitaire en culture de pomme de terre biologique, Paris.
- ITCF-ITPT (Institut technique des céréales et des fourrages), 1998.** Maladies de la pomme de terre, Paris, ITCF, Vol 1, p48.
- JOURDHEUIL. P, GRISON. P, FRAVAL. A, 1991.** La lutte biologique : un aperçu historique. *Le Courrier de l'environnement*. 15, 37-60.
- KEBDANI, 2017.** Identification des souches locales de *Bacillus thuringiensis* en vue d'une lutte biologique contre *Ceratitis capitata* et autres pathogènes de l'oranger *Citrus sinensis*, these doctoret, , Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers Département d'Ecologie et Environnement, Laboratoire de recherche: " *Ecologie et Gestion des Ecosystèmes Naturels*", Université Abou Baker Belkaid de Tlemcen, 124p.
- KECHID. M, 2005.** Physiologie et biotechnologie de la microtubérisation de la pomme de terre *Solanum tuberosum.L.* Thèse de Magister en biotechnologie.
- KORSTEN, L., DE VILLIERS, E.E., WEHNER, F.C., KOTZE, J.M. 1997.** Field sprays of Bec Subtilits and fungicides for control of preharvest fruit disease of avocado in South Africa *Plant Dis*,81, pp.455-459
- LAMBERT, L. 1996.** Le point sur l'utilisation de la lutte biologique et intégrée en sericulture ornementale au Québec. *Antennae* vol. 9, no 2. 4 pp.
- LANDA, B.B., HERVAS, A., BETHIOL, W., JIMENEZ-DIAZ, R.M, 1997.** Antagonistic activity of bacteria from the chickpea rhizosphere against *Fusarium oxysporum* f.sp.ciceris *Phytoparasitica*, 25, pp.305-318.
- LANGESLAG, M., D. MUGNIE'RY, AND G. FAYET. 1982.** De veloppement embryonnaire de *Globodera rostochiensis* et *G. pallida* en fonction de la tempe'ature en conditions contro'le'es et naturelles. *Revue de Ne'matologie* 5:103– 109.
- LAYTON C, MALDONADO E, MONROY L, CORRALES LC Y SANCHEZ LC. 2011.** *Bacillus* spp.; perspectiva de su efecto biocontrolador mediante antibiosis en cultivos afectados por fitopatógenos. *Revista NOVA Publicación Científica en Ciencias Biomédicas*. 9:177-187. <http://dx.doi.org/10.22490/24629448.501>
- LEPOIVRE. P, 2003.** Les champignons phytopathogènes, page 111- 143. *In phytopathologie*. Lepoivre, P., Les presses agronomiques de Gembloux, De Boeck Université, Bruxelles.
- LI Y., JIANG J., HE Y., JIANG R., LIU J., FAN Z., ET AL. 2014.** Icariin combined with breviscapine improves the erectile function of spontaneously hypertensive rats. *J. Sex. Med.* 11 2143–2152. 10.1111/jsm.12614.

- LOPEZ-ESCUADERO FJ, MERCADO-BLANCO J, ROCA JM, VALVERDE-CORREDOR A, BLANCO-LOPEZ MA, 2010.** Verticillium wilt of olive in the Guadalquivir Valley (southern Spain): relations with some agronomical factors and spread of *Verticillium dahliae*. *Phytopathol Med* 49:370–380
- MARCHAL. E, 1925.** Pathologie végétal : application a l’agronomie et la sylviculture, Paris, p275.
- MARTY. A, 1992.** Les zones pastorales, in P-M BOSQ, V. DOLLE, P. GARIN, J.M. YUNG *Le développement agricole au Sahel, tome I, milieux et défis*, Montpellier, Département Systèmes Agraires DSA-CIRAD, 231-268.
- MAUFRAS, 2001,** The role of the cropping method in the elimination of hazardous fungicides (*Tilletia caries*). Mémoire d’ingénieur .IST.univ.Tebessa .70p.
- MAUGHAN. H, VAN DER AUWERA. G, 2011.** Bacillus taxonomy in the genomic era finds phenotypes to be essential though often misleading infection, *Genetics and evolution*.925, 1-9.
- MESSIAEN. O, 1979,** Dans Iannis XENAKIS, Arts/Sciences. Alliages, Paris, Casterman, p. 53.
- MCLOUGHLIN, T.J., QUINN, J.P., BETTERMANN, A., BOOKLAND, R. 1992** *Pseudomonas cepacia* suppression of sunflower wilt fungus and role of antifungal compounds in controlling the disease. *Appl. Environ. Microbiol*, 58, pp.1760-1763
- MERCADO-BLANCO J. BAKKER P.A.H.M., 2007.** Interactions between plants and beneficial *Pseudomonas* spp.: exploiting bacterial traits for crop protection. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 92, 367-389
- MILNER AD, GOODALE MA, 1995.** *The visual brain in action* (Oxford UP, Oxford).
- MINISTERE DU COMMERCE, 2013.** Filière pomme de terre en Algérie, p4.
- MOULE. C, 1972.** Plantes sarclées et déverses. J-B. Baillièrre et fils, Editeurs. Paris. 246P.
- MORIKAWA. M, ITO. M, IMANAKA.T, 1992.** Isolation of a new surfactin producer *Bacillus pumilus A-1*, and cloning and nucleotide sequence of the regulator gene, *psf-1* *J. Ferment. Bioeng.*, 74 (5), pp. 255-261.
- NAIKA. S, VAN DAM. B, FLORIEN. A, 2005.** La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. Edition *Agromisa Foundation, coll. Agrodok, Wageningen*. 105 p.
- OILB-SROP, 1973.** Statuts Srop 1. 25p
- ORBERA-RATON, T, 2005.** Molecular identification methods of yeasts of biotechnological interest. *Rev Iberoam Micol.* v.21, n.1, p.15-9.
- RAMAMOORTHY, V., VISWANATHAN, R., RAGUCHANDER, T., PRAKASAM, V., SAMLYAPPAN, R 2001.** Induction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pests and diseases. *Crop Prot*, 20, pp.1-11.

- RAPILLY, F, 1968**, Les techniques de mycologie en pathologie végétale. Institut National de la Recherche Agronomique, Vol. 19, 101 p.
- PAPAVIZAS, B.C., LUMSDEN, R.D. 1980**. Biological control of soil-borne fungal propagules Ann. Rev. Phytopathol, 18, pp.389-413.
- PEREZ, C, SUAREZ, C, CASTRO, G.R, 1993**, Antimicrobial activity determined in strains of *Bacillus circulans* cluster, Folia Microbiol., 38 (1) (), pp. 25-28
- PEREZ-GARCIA A, ROMERO D, DE VICENTE A. 2011**. Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of Bacilli in agriculture. Curr Opin Biotechnol. 22:187–193
- PRAPAGDEE. B, KUEKULVONG. C, MONGKOLSUK. S, 2008**. Antifungal potential of extracellular metabolite produced by *Streptomyces hygroscopicus* against phytopathogenic fungi. Int. J. Biol. Sci. 4, 330-337.
- QUEZEL. P, 1957**. Peuplement végétal des hautes montagnes de l’Afrique du Nord. Lechevalier (Ed). Paris. France, 463p.
- QUEZEL. P, SANTA. S, 1963**. Nouvelle flore de l’Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed .C.N.R.S. Paris.
- RAP, 2017**. Raisons d’avertissement phytosanitaire, Pomme de terre.
- RAMADE, F, 1984**. Eléments d’écologie fondamentale. Ed. Mc. Graw-Hill, Paris, 397p.
- ROBINSON. M.P, ATKINSON, H.J, PERRY, R.N, 1987**. The influence of temperature on the hatching, activity and lipid utilization of second stage juveniles of the potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. Revue de Nematologie 10:349-354.
- ROUSSELLE. P, ROUSSELLE. B, ELLISSECHE. D, 1992**. La pomme de terre in Amélioration des espèces végétales cultivées .Gallais A, Bammerot H., 1992- SAE, 2006.
- ROUSSELLE. P, ROBERT. Y, CROSNIER J.C, 1996**. La pomme de terre : production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations. Paris : INRA Editions.
- SAIDI. N, KOUKI. S, M’HIRI. F, HAJLAOUI. M. R, MAHROUK. M, OUZARI. H, HASSEN. A. 2009**. Characterization and selection of *Bacillus sp.* strains, effective biocontrol agents against *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici*, the causal agent of *Fusarium crown* and root rot in tomato. *Annals of microbiology*, 59(2), 191-198
- SELBIR, 2003**, station d’étude sur la lutte biologique intégrée et raisonnée, les principales maladies rencontrées sur le tubercule de pomme de terre, pôle phytosanitaire Loos-en-Gohelle.
- SELLAMI. S, LOUNICI. M, EDDOUD. A, BENSEGHIR. H, 1999**. Distribution et plantes hôtes associées aux Meloidogyne sous abris plastiques en Algérie. Nematol. Medit., 27, 295-301.

- SENESI, S., RICCA, E., HENRIQUES, A. O., CUTTING, S. M. 2004.** Bacillus spores as probiotics products for human use. In *Bacterial Spores: Probiotics and Emerging Applications*. Eds. Horizon Scientific Press: London. 132-141 pp.
- STARNES, R. L, LIU. C. L, MARONE. P. G. 1993.** History, use and future of microbial insecticides. *Amer. Entomol.* 39: 83-91.
- STEWART PH, et ROUSTIDE R., 1974.** Cours de sylviculture. Institut National Agronomique, El Harrach, Alger, 101p.
- SWAIN, M.R., RAY, R.C. 2006.** Biocontrol and other beneficial activities of *Bacillus subtilis* isolated from cowdung microflora. *Microbiological Research*, doi:10.1016/j.micres.2006.10.009
- TEJERA-HERNANDEZ B, ROJAS-BADIA MM Y HEYDRICH-PEREZ M. 2011.** Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control de hongos fitopatógenos. *Revista CENIC Ciencias Biológicas.* 42:131-138. Disponible en línea: <http://www.redalyc.org/pdf/1812/181222321004.pdf>
- TIVOLI. B, CORBIERE. R, LEMARCHAND. E, 1989.** Relation entre le pH des sols et leurs niveaux de réceptivité à *Fusarium solani* var. *coeruleum* et *Fusarium roseum* var. *sambucinum*, agents de la pourriture sèche des tubercules de pomme de terre. *Agronomie*, 10: 63-68.
- TSCHEN. J. S. M, KUO. W. L, 1985.** Antibiotic inhibition and control of *Rhizoctonia solani* by *Bacillus subtilis*.
- VANHALL. C.J.J, 1902.** Beschrijving van *Pseudomonas Syringae* nov. spec. In *Bijdragen Tot de Kennis Der Bakterieele Plantenziekten*, 191–198.
- VICEDO, B., PENALVER, R., ASINS, M.J., LOPEZ, M.M. 1993.** BIOLOGICAL control of *Agrobacterium tumefaciens* colonization and pAgK 84 transfers with *Agrobacterium radiobacter* K84 and the tra mutant strain K1026. *Appl. Environ. Microbiol*, 59, pp.309-315
- WANG J., JI S. Y., LIU S. Z., JING R., LOU W. J. 2015.** Cardioprotective effect of breviscapine: inhibition of apoptosis in h9c2 cardiomyocytes via the pi3k/akt/enos pathway following simulated ischemia/reperfusion injury. *Pharmazie* 70 593–597.
- WELLER DM, 1986.** Effects of wheat genotype on root colonization by a take-all suppressive strain of *Pseudomonas fluorescens*. *Phytopathology* 76, 1059
- WILLIAMS, G.E., ASHER, M.J.C. 1996.** Selection of rhizobacteria for the control of *Pythium ultimum* and *Aphanomyces cochlioides* on sugar-beet seedlings. *Crop Prot*, 15, pp.479-486
- ZHANG W. CAI, , Y. TU, C. MA L.Q, 2008.** Arsenic speciation and distribution in an arsenic hyperaccumulator plant *Sci. Total Environ.*, 300 (), pp. 167-177

Annexe

Annexe

Composition des milieux de culture PDA et MEA :

Potato Dextrose Agar (PDA)

- Pomme de terre..... 200g.
- Agar agar.....20g.
- Glucose..... 20g.
- Eau distillée.....1000ml.

Gélose à l'extrait de malt (MEA)

- Extrait de malt..... 30g.
- Agar agar.....15g.
- Eau distillée..... 1000m

Résumé

Le contrôle des microorganismes phytopathogènes par des pesticides présentent des inconvénients pour l'homme et l'environnement auxquels s'ajoute le risque d'apparition de nouveaux pathotypes résistants. Certains microorganismes peuvent servir d'excellents agents de lutte biologique contre les maladies cryptogamiques. Notre étude porte sur l'isolement des souches de l'alternariose et de la fusariose à partir des échantillons de plante de pomme de terre dans la région de Bouira présentant les symptômes des maladies, et évaluer l'activité antifongique dans un cadre d'une éventuelle lutte biologique, des trois souches bactérienne appartenant au genre *Bacillus* : *Bacillus thuringiensis* B1 et BeN1 et *Bacillus cereuse* B10 in vitro vis-à-vis des espèces de *Fusarium roseom* et d'*Alternaria solina* isolé et identifier. L'étude du pouvoir antagoniste du bacille mésophile in vitro s'est basée sur sa capacité à inhiber à croissance des moisissures phytopathogènes. La meilleure activité antifongique est celle de *Bacillus cereus* (B10) sur *Alternaria solani* avec un taux d'inhibition de 44 %, et *Bacillus thuringiensis* (B1) sur *Fusarium roseom* avec un pourcentage d'inhibition de 13, 54 %. Les souches de *Bacillus* mésophile sont intéressantes, elles peuvent être utilisées comme un bon agent de lutte biologique.

Mots clefs : Champignons phytopaogène, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus cereuse*, Lutte Biologique.

Abstract

The control of phytopathogenic microorganisms by pesticides has disadvantages for man and the environment to which is added the risk of appearance of new resistant pathotypes. Some microorganisms can serve as excellent biocontrol agents against fungal diseases. Our study investigates the isolation of *Alternaria* and *Fusarium* wilt strains from potato plant samples in the Bouira region showing disease symptoms, and assess antifungal activity in a setting of possible biological control of the three bacterial strains belonging to the genus *Bacillus*: *Bacillus thuringiensis* B1 and BeN1 and *Bacillus cereuse* B10 in vitro with respect to the species of *Fusarium roseom* and *Alternaria solina* isolated and identified. The study of the antagonistic power of mesophilic bacilli in vitro was based on its ability to inhibit the growth of phytopathogenic molds. The best antifungal activity is that of *Bacillus cereus* (B10) on *Alternaria solani* with a 44% inhibition rate, and *Bacillus thuringiensis* (B1) on *Fusarium rose* with a percentage inhibition of 13.54%. The mesophilic *Bacillus* strains are interesting, they can be used as a good biological control agent.

Key words: Phytopaogenic fungi, *Bacillus thuringiensis*, *Cerular bacillus*, Biological control.

ملخص

السيطرة على الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض النباتية من قبل المبيدات له مخاطر للإنسان والبيئة التي يضاف إليها خطر ظهور أنماط جديدة مقاومة. بعض الكائنات الحية المجهرية يمكن أن تعمل كعوامل مراقبة حيوية ممتازة ضد الأمراض الفطرية. تبحث دراستنا في عزل سلالات *Alternariose* و *Fusarium* من عينات نباتات البطاطا في منطقة البويرة التي تظهر عليها أعراض المرض، وتقييم النشاط المضاد للفطريات في إطار ضبط بيولوجي محتمل للسلالات البكتيرية الثلاث التي تنتمي إلى جنس العصيات، العصية الشوكية B1 و BeN1 و العصوية الحلزونية B10 في المختبر على أنواع من *Fusarium roseom* و *Alternaria solina* معزولة ومحددة. استندت دراسة القوة المعادية لعصيات الميزوفيلي في المختبر إلى قدرتها على تثبيط نمو الفطريات المسببة للأمراض النباتية. أفضل نشاط مضاد للفطريات هو نشاط العصوية الحلزونية (B10) على *Alternaria solani* بمعدل تثبيط 44 %، و العسوية الحلزوني (B1) على *Fusarium roseom* بنسبة تثبيط بلغت 13.54 %. تعتبر سلالات *Bacillus* مثيرة للاهتمام، حيث يمكن استخدامها كعامل مراقبة بيولوجية جيد.

الكلمات المفتاحية: الفطريات النباتية، العصوية الحلزونية، العصوية الحلزونية، المكافحة البيولوجية.

