



République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abdelhamid Ibn Badis

- Mostaganem -

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomiques

Mémoire en vue de l'Obtention du Diplôme de
Master

Option : Protection des Cultures

Thème

Effet de certains milieux de culture sur la croissance mycélienne et la sporulation et l'étude du pouvoir pathogène de *Alternaria sp* sur la culture de pomme de terre

Présenté par : M^{lle}Maameri Esmaa et M^{lle} Benguella Zahira.

Devant le jury :

M. Youcef Benkkada M.	President de jury	Pr.	U. Mostaganem
M. Bendahmane B.S.	Encadreur	Pr.	U. Mostaganem
M ^{me} . Ouadah F.	Examinatrice		U. Mostaganem

Thème réalisé au laboratoire de protection des végétaux

Année universitaire : 2018/2019

Remerciements

Ce travail a été réalisé au laboratoire de phytopathologie du département de l'agronomie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université d'Abdelhamid ibn badis Mostaganem.

Nous tenons à remercier sincèrement Monsieur BENDAHMANE Boubekar Seddik et Mme OULDAH Fatiha, pour avoir acceptés la responsabilité de ce travail malgré leurs nombreuses obligations, pour leurs précieux conseils, leur confiance et leur aide durant toute la période du travail.

Nous remercions très vivement, Monsieur Youcef Benkada Mokhtar (Professeur - UMAB) qui nous a fait l'honneur de présider notre jury.

Nos remerciements s'adressent également à Mme Houria, l'ingénieur du laboratoire de protection des cultures de nous avoir aidés durant toute la période de notre stage.

Un remerciement spécial à Mr Mdjahad Mustapha qui nous a porté son aide pour finaliser ce travail.

Un grand remerciement pour tous nos enseignants pour leurs contributions dans notre cursus universitaire, dans le département d'agronomie, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.

Dédicace

*Nous dédions
notre travail*

A nos chers parents

A nos frères et sœurs

*Et a tous ceux qui ont
contribués a ce travail*

de près ou

de loin.

Esmaa et Zahira

Résumé

Les *Alternaria* sont des champignons fréquents dans notre environnement. Ils appartiennent aux moisissures atmosphériques cosmopolites, connus mondialement comme organisme phytopathogène de plusieurs cultures d'intérêt économique telle que la pomme de terre (*Solanum tuberosum L.*).

L'objectif de notre travail est d'étudier les caractéristiques morphologiques, l'influence *in vitro* de milieux de culture sur la croissance mycélienne et la sporulation ; Cependant le pouvoir pathogène de 30 isolats sélectionnés d'*Alternaria sp* a été réalisé sur folioles détachées de deux variétés de pomme de terre (Spunta et Bartina).

Les résultats obtenus révèlent la présence d'une seule espèce d'*Alternaria* : *Alternaria alternata* ; Une meilleure sporulation et croissance mycélienne sont obtenues sur milieu PDA par rapport aux autres milieux de cultures (PCA et PSA). Le test du pouvoir pathogène montre la virulence de ces 30 isolats vis-à-vis des 2 variétés testées avec un degré qui diffère d'une variété à l'autre et d'un isolat à l'autre.

Mot clé : *Alternaria sp* , *Alternaria alternata* , croissance mycélienne , sporulation , test de pathogénicité.

Abstract

Alternaria are common fungi in our environment. They belong to cosmopolitan atmospheric molds, known worldwide as a common phytopathogenic organism of several crops of economic interest such as the potato (*Solanum tuberosum* L).

The purpose of our work is to study the morphological characteristics, the in vitro influence of culture media on mycelial growth and sporulation ; However, the pathogenicity of 30 selected isolates of *Alternaria* sp was performed on leaflets detached from two potato varieties.

The results obtained reveal the presence of a single species of *Alternaria*: *Alternaria alternata*; Better sporulation and mycelial growth are obtained in PDA medium compared to other culture media. The pathogenicity test shows the virulence of these 30 isolates to potato varieties tested with a degree that differs from one variety to another and from one isolate to another.

Keyword : *Alternaria* sp ; *Alternaria alternata*; mycelial growth; sporulation; pathogenicity test.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification de <i>Solanum tuberosum</i> (HAWKES, 1990).....	4
Tableau 02 : Besoins en éléments minéraux de pomme de terre (en Kg/tonnes). (Soltner, 1996).....	11
Tableau 3 : Evolution de la surface cultivée en pomme de terre, la production et le rendement par hectare ainsi que la quantité de semence produite dans le monde durant la décennie (2003-2013).....	12
Tableau 4 : Evolution des productions de pommes de terre par année dans la wilaya de Mostaganem (DSA).....	13
Tableau 05 : Principales variétés de PDT cultivées en Algérie.....	14
Tableau 6 : Echelle de l'intensité de l'infection (Boedo et al ; 2012).....	45
Tableau 7 : Echelle de l'intensité de l'infection (Boedo et al ; 2012).....	47
Tableau 8 : longueur et largeur moyenne et l'intervalle de mesure des conidies de chaque isolat.....	54

Liste des figures

Figure 1 : Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre et cycle végétatif. (SOLTNER, 2005a).....	6
Figure 2 : Mildiou de la pomme de terre (<i>Phytophthora infestans</i>) sur feuilles et tubercules (Maladie et ravageurs pris en compte dans le cadre du contrôle officiel des plants de PDT, 2006).....	18
Figure 3 : taches sur feuilles de pomme de terre provoquées par <i>A. solani</i> et <i>A. alternata</i> (Nabahat, 2014).....	18
Figure 4 : Rhizoctone brun (<i>Rhizoctonia solani</i>) sur tubercules et tubercules aériens difformés (BEDRANE, 2017).....	19
Figure 5 : Jambe noire (<i>Erwinia carotovora</i>) lésion à la base de la tige et Jambe noire et pourriture molle de tubercule (BEDRANE, 2017).....	19
Figure 6 : Galle commune (<i>Streptomyces scabies</i>) sur tubercule (BEDRANE, 2017).....	20
Figure 7 : Gros plan de frisolée avec mosaïque déformante, aspect luisant et ondulation du bord des folioles d'une plante de pomme de terre de variété Bintje infectée par le Potato Virus Y (PVY, virus Y de la pomme de terre) (INRA, 2019).....	20
Figure 8 : Adulte de teigne de pomme de terre et Chenille de teigne creusant des galeries superficielles sur tubercule de pomme de terre <i>Phthorimaea operculella</i> (INRA, 2019).....	21
Figure 9 : Représentation des différents stades de développement des spores et conidiophores d' <i>Alternaria alternata</i> (Simmons, 1999 ; Taralova et al., 2011).....	23
Figure 10 : Morphologie de conidies (a) <i>Alternaria alternata</i> ; (b) <i>A. infectoria</i> ; et (c) <i>A. tenuissima</i> . (F. J. Pastor and J. Guarro, 2008).....	23
Figure 11 : Cycle de développement de l' <i>Alternaria spp.</i> (Warton et Kierk, 2012).....	25
Figure 12 : Lésions provoquées par <i>Alternaria spp</i> sur feuilles (Omafra, 2009).....	27
Figure 13 : Lésions provoquées par <i>Alternaria spp</i> sur tiges (Omafra, 2009).....	27
Figure 14 : symptômes sur tubercule (plant de pomme de terre ; 2019).....	28
Figure 15 : Blastospores d' <i>Alternaria solani</i>	29
Figure 16 : Conidies d' <i>Alternaria alternata</i> (Ellis, 1971, 1976 ; Joly, 1964).....	30
Figure 17 : Préparation du milieu PDA	35

Liste des figures

Figure 18 : Coulage du milieu PDA	36
Figure 19 : Cellule de Malassez.....	40
Figure 20 : préparation de la suspension sporale	41
Figure 21 : Références sur le type de variété de pomme de terre cultivé lors de notre étude .	42
Figure 22 : Culture de pomme de terre variété Bartina	43
Figure 23 : culture de pomme de terre variété Spunta	44
Figure 24 (a) : Aspect des colonies de <i>Alternaria sp</i> cultivés sur milieu PDA	48
Figure 24 (b) : Aspect des colonies de <i>Alternaria sp</i> cultivés sur milieu PDA	49
Figure 25 : Caractérisation microscopique de <i>Alternaria sp</i>	50
Figure 26 : les moyennes de croissance mycélienne dans différents milieux de culture (jour6).....	51
Figure 27 : comparaison entre le développement mycélien de <i>Alternaria sp</i> le 6 ^{ème} jour et le 13 ^{ème} jour.....	52
Figure 28 : Moyenne de sporophore de <i>Alternaria sp</i> sur différentes milieux de cultures PDA, PCA et PSA.....	53
Figure 29 : Mesure de la taille des conidies à l'aide de l'oculaire micrométrique et microscope étalonné.....	53
Figure 30 : la sévérité des différents isolats sur foliole de la variété Bartina (Ba) de pomme de terre selon l'échelle de notation de l'incidence de la maladie	56
Figure 31 : la sévérité des différents isolats sur foliole de la variété Spunta (SP) de pomme de terre selon l'échelle de notation de l'incidence de la maladie	57
Figure 32 : le ré-isolement du champignon <i>Alternaria sp</i> à partir des folioles utilisées au teste de pathogénicité	58

Liste des figures

Liste des figures

Liste des abréviations

%	Pourcent.
°C	Degrés Celsius.
FAO	Organisation mondial de l'alimentation et l'agriculture
ml	millilitre
Ha	Hectare
PDA	Potato Dextrose Agar
PCA	Potato Carotte Agar
PSA	Potato Saccharose Agar
T	Température
µm	Micro mètre
Cm	Centimètre
g	gramme
µL	Micro litre
ddl	degré de liberté
VAR	Variance
INRA	Institue Nationale De La Recherche Agronomique
Sp	espèce

Sommaire

Tables des matières

Résumé

Abstract

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction 1

Partie bibliographique

CHAPITRE I : Donnée bibliographique sur la pomme de terre

I.1. Historique de la pomme de terre.....3

I.2. Taxonomie et origine.....3

I.3. Description botanique4

I.3.1. Description de l'appareil aérien.....4

I.3.2. Description de l'appareil souterrain5

I.3.2.1. Structure externe de tubercule.....5

I.3.2.2. Structure interne du tubercule.....5

I.4. Cycle biologique7

I.4.1. Cycle sexué7

I.4.2. Cycle végétatif.....7

I.4.2.1. Dormance7

I.4.2.2. Germination7

I.4.2.3. Levé8

I.4.2.4. Tubérisation	8
I.5. Exigences de la pomme de terre	8
I.5.1. Exigences climatiques.....	8
A-Température.....	8
b-La lumière.....	9
c-La photopériode.....	9
d-l'humidité.....	9
I.5.3-Distance de transplantation.....	8
I.5.2. Exigences édaphiques.....	9
a- Le sol.....	9
b- Le pH.....	9
c- La salinité.....	9
I.5.3. Exigences hydriques.....	10
I.5.4.Exigences en éléments fertilisants.....	10
I.5.4.1. Fumure organique.....	10
I.5.4.1.Fumure minérale.....	10
I.6.Production de la pomme de terre	11
I.6. Production mondiale.....	11
I.6.2. L'importance de la pomme de terre en Algérie.....	12
I.6.3 Production dans la wilaya de Mostaganem.....	13
I.7. Les principales variétés cultivés.....	14

I.8. Les maladies et les ravageurs.....	14
I.8.1. Les maladies cryptogamiques.....	15
I.8.2. Les maladies bactériennes.....	16
I.8.3. Les maladies virales.....	17
I.8.4. Insectes et ravageurs.....	17
I.9. Dégâts de traitements.....	17

CHAPITRE II : Généralités dur l’alternariose

II.1. Définition de la maladie.....	22
II.2. Historique du genre.....	22
II.3 Classification et biologie du genre « <i>Alternaria</i> ».....	22
II.4. Cycle de développement de <i>Alternaria spp</i>	24
II.5. Dégâts provoquées par l’alternariose.....	25
II.6. Etude symptomologique.....	26
II.6.1. Symptômes sur feuilles.....	26
II.6.2. Symptômes sur tiges.....	27
II.6.3 Symptômes sur tubercules.....	27
II.7. Les <i>Alternaria</i> pathogènes de la pomme de terre.....	28
II.7.1. <i>Alternaria solani</i>	29
II.7.2. <i>Alternaria alternata</i>	29
II.8. <i>Alternaria</i> producteur des mycotoxines.....	30

II.9. Causes de la maladie et de son extension.....	30
II.10. Les méthodes de lutttes contre <i>Alternaria spp</i>	31
II.10.1. Les mesures prophylactiques.....	31
II.10.2. La lutte chimique.....	32
II.10.3. La lutte biologique.....	33

Partie expérimentale

CHAPITRE I : Matériels et méthodes

I.1. L’objectif de ce travail.....	34
I.2. L’échantillonnage et l’isolement de la maladie.....	34
I.3. Milieux de cultures.....	34
I.3.1. Milieu Potatoe Descrose Agar (PDA).....	34
I.3.2. Milieu PCA.....	35
I.3.3. Milieu PSA.....	35
I.4. La sporulation.....	36
I.4.1. Induction de la sporulation.....	36
I.5. Purification des isolats et cultures monospores.....	36
I.5.1. La culture monospore.....	37
I.6. La conservation des isolats.....	38
I.7. Identification et caractères morphologiques de l’agent pathogène.....	38
I.7.1. Caractères macroscopiques.....	39

I.7.2. Caractères microscopiques.....	39
I.8. Effet des différents milieux de cultures.....	39
I.9. Mesure de la sporulation fongique.....	40
I.9.1. Calcul de la sporulation.....	41
I.10. Mesure de la taille des conidies.....	41
I.11. Test du pouvoir pathogène.....	42
I.11.1. Préparation de la suspension de sporange.....	42
I.11.2. Matériel végétal.....	42
I.11.3 Préparation des folioles.....	43
I.11.4 Préparation de l'inoculum.....	44
I.11.5. Inoculation des feuilles détachées.....	44
I.11.6. Evaluation de l'agressivité de différentes espèces sur folioles.....	44
I.11.7. Ré-isolément du pathogène.....	45
 Chapitre II : Résultats et discussion	
II.1. Identification morphologique et étude des caractères cultureux.....	46
II.1.1. Etudes de l'aspect macroscopique.....	46
II.1.2. Etude de l'aspect microscopique	49
II.2. Effet des différents milieux de base.....	51
II.2.1. La croissance mycélienne.....	51
II.2.2. Le rendement en sporophores.....	52
II.3. La taille des conidies	53
II.4. Test du pouvoir pathogène.....	55
II.5. postulat de Koch.....	58

II.6. Discussion.....59

Conclusion générale.....60

Références bibliographiques

Annexe

Introduction générale

Introduction générale

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) représente la première culture maraichère du point de vue superficie et production en Algérie (Chehat, 2008). En 2013, l'Algérie a occupé la deuxième place après l'Égypte, dans la production de la pomme de terre en Afrique. La production nationale durant la dernière décennie (2003-2013) a augmenté de 1 879 918 tonnes en 2003 à 4 400 000 tonnes en 2013 pour une augmentation de la surface cultivée de 88 660 hectares en 2003 à 140 000 hectares en 2013. L'accroissement du rendement est aussi très significatif. Il passe de 21,20 tonnes par hectares en 2003 à 31,43 tonnes par hectare en 2013. C'est en dehors de la production de semences qui montre une nette augmentation durant cette période (FAOSTAT, 2015).

Cependant, cette culture fait l'objet d'attaque de nombreuses maladies post-récolte qui sont généralement d'origine fongique ou bactérienne et résultent pour la plupart de l'infection latente des tubercules en plein champ ou d'une propagation subséquente en entrepôt (Stevenson et al., 2001).

L'Alternariose des Solanacées figure parmi les maladies fongiques les plus importantes de la pomme de terre. La maladie est signalée comme fréquente dans toutes les zones de culture, et dans certains cas elle pose un réel problème. Certains spécialistes aux Pays-Bas la considèrent même comme la deuxième maladie en importance après le mildiou (Daniel Ryckmans, 2006).

L'Alternariose est une maladie très présente en Algérie ; elle affecte toutes les productions de plein champ et sous tunnels plastiques (serre), les conséquences de la défoliation sont graves, elles contribuent au ralentissement et à la diminution de la production (ITCMI, 2010).

Le présent travail vise sur l'étude du comportement *in Vitro* de *Alternaria sp* par la mise en place de deux tests :

- le test de milieu de culture (essai de trois milieux de cultures PDA, PCA et PSA).
- le test de pathogénicité sur deux variétés de pomme de terre (Spunta et Bartina).

La présente étude est répartie en deux parties :

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique mettant l'accent sur deux chapitres ; le premier chapitre traite des généralités sur la plante hôte, la pomme de terre (*solanum tuberosom*), le second présente le champignon phytopathogène (*Alternaria sp*).

- La deuxième partie réservée à l'étude expérimentale est subdivisée en deux chapitres ; L'un présente les méthodes et les techniques utilisées pour la réalisation de ce travail tandis que l'autre est consacré à la présentation et la discussion des résultats obtenus.

Partie bibliographique

Chapitre I :

Données bibliographiques sur la pomme de terre

I.1. Historique de la pomme de terre

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. L'habitat s'étage de 0 à 4000 m et regroupe des zones de types arbustifs et prairial (Anonyme, 2000). Il n'y a pas de document sur la date précise d'arrivée de cette plante en Europe. Mais il est probable qu'à l'époque, personne n'imaginait l'importance que pourrait prendre cette production agricole. Selon Rousselle et al, (1996), on pense cependant que la pomme de terre arriva quelque années avant la fin du XVIème siècle et ceci par deux entrées. La première a eu lieu à travers l'Espagne vers 1570 et la seconde à partir des îles Britanniques entre 1588 et 1593. En Algérie, la pomme de terre a probablement été introduite une première fois au XVIème siècle par les maures andalous qui l'ont propagé dans la région avec les autres cultures tels que la tomate, le poivron, le maïs, le tabac. Puis cette culture est tombée dans l'oubli n'ayant pas suscité d'intérêt. Dans la deuxième moitié du XIXème siècle, les colons vont la cultiver pour leur usage, car les algériens y sont réticents malgré les disettes successives. C'est la dernière grande famine des années 1930 à 1940 qui viendra à bout de cette opposition (MEZIANE, 1991).

I.2. Taxonomie et origine

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) 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*. mais dès 1929, les botanistes avaient montré que cette origine était plus complexe et que l'on retrouvait parmi les ancêtres des espèces de pomme de terre cultivés, des plantes sauvages différentes (ROUSSELLE et al., 1992 ; DORE et al., 2006).

Selon HAWKES (1990) cette espèce est classée comme suit :

Tableau 1 : Classification de *Solanum tuberosum* (HAWKES, 1990)

Règne	Métaphytes (Végétaux supérieurs)
Embranchement	Spermatophyte
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Polemoniales
Famille	Solanaceae
Genre	Solanum L.
Sous-genre	Potatoe (G.Don) D'Arcy
Section	Petota Dumort
Sous-section	Potatoae
Super-série	Rotata
Série/Groupe	Tuberosa (cultivées)
Espèce	<i>Solanum tuberosum</i>

I.3. Description Botanique

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.3.1. Description de l'Appareil aérien

L'appareil aérien est constitué de plusieurs tiges principales souvent ailées, la plante adoptant avec l'âge un port plus ou moins étalé (caractéristique variétale). 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 (ROUSSELLE et al, 1996). Les fleurs sont souvent stériles. La production de fruit (baie sphérique) est donc généralement rare.

I.3.2. Description de l'Appareil souterrain

L'appareil souterrain comprend le tubercule mère desséché, les stolons (tiges souterraines diagéotropes) portant éventuellement des tubercules fils dans leur région subapicale ainsi que des racines adventives (ROUSSELLE et al, 1996). Il représente la partie la plus intéressante de la plante puisqu'on y trouve les tubercules qui confèrent à la pomme de terre sa valeur alimentaire. Cultivé pour la consommation, pour la transformation ou comme semence, le tubercule représente environ 75 à 85 % de la matière sèche totale de la plante (ROUSSELLE et al., 1996).

I.3.2.1. Structure externe du tubercule

D'après ROUSSELLE et al, (1996), l'extrémité apicale du tubercule ou couronne se trouve le bourgeon terminal ou apical tandis qu'à l'opposé, du côté proximal se trouve le point d'attache du stolon, l'ombilic. Les yeux, disposés régulièrement sur le tubercule suivant une phyllotaxie spiralée (Figure 1) correspondent à l'emplacement des bourgeons axillaires. Des lenticelles parcourent la surface du tubercule et jouent un rôle essentiel dans la respiration du tubercule.

I.3.2.2. Structure interne du tubercule

En coupe longitudinale d'un tubercule mature (Figure 1), on distingue de l'extérieur vers l'intérieur ; le périderme, le cortex ou parenchyme cortical, l'anneau vasculaire composé de phloème externe, de xylème et de parenchyme vasculaire. On peut également remarquer la zone périmédullaire ou parenchyme périmédullaire contenant le phloème interne et enfin, la moelle ou parenchyme médullaire (Figure 1). Les différents parenchymes : le parenchyme sacortical, le parenchyme périvasculaire, le parenchyme périmédullaire, et le parenchyme médullaire contiennent de grandes quantités de grains d'amidon qui diffèrent par leur taille (Leurs diamètres se situent entre 7 à 32 μm) ; ainsi leurs formes sont soit ovoïdes ou sphériques (ROUSSELLE et al., 1996).

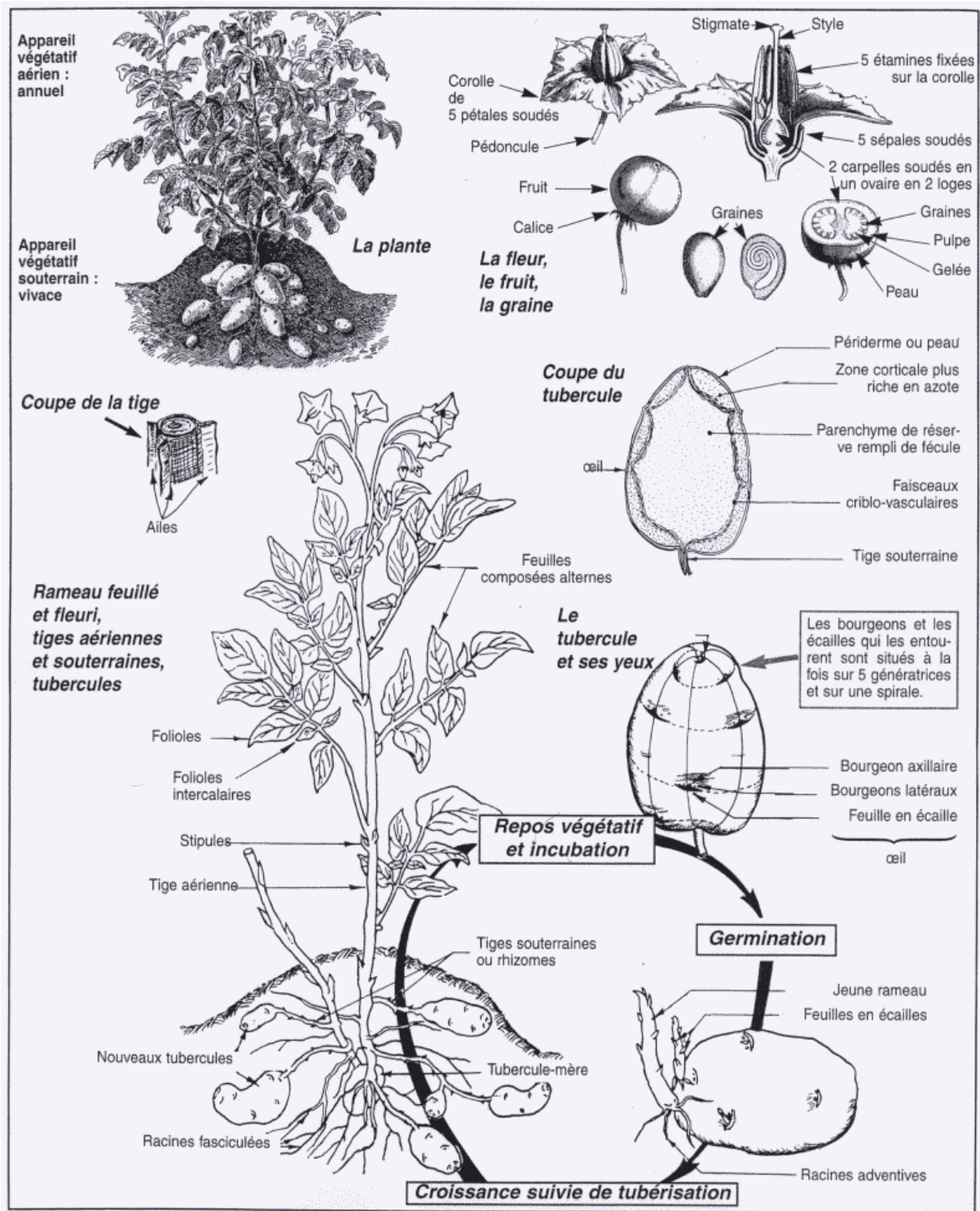


Figure 1 : Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre et cycle végétatif.
(SOLTNER, 2005a).

I.4. Cycle biologique

I.4.1. Cycle sexué

Le fruit est une baie sphérique ou ovoïde de 1 à 3 centimètres de diamètre. Il contient généralement plusieurs dizaines de graines (BERNHARDS, 1998). Comme elle peut contenir jusqu'à 200 graines (ROUSSELLE et al, 1992). La pomme de terre est très peu reproduite par graines dans la pratique agricole. Cependant la graine est l'outil de création variétale (SOLTNER, 2005a). La germination est épigée et les cotylédons sont portés au-dessus du sol par le développement de l'hypocotyle.

Selon BERNHARDS (1998), en conditions favorables quand la jeune plante a seulement quelques centimètres de hauteur, les stolons commencent à se développer d'abord au niveau des cotylédons puis aux aisselles situées au-dessus. Ainsi ces stolons s'enfoncent dans le sol pour donner des tubercules.

I.4.2. Cycle végétatif

Le tubercule n'est pas seulement un organe de réserve. Mais il est aussi considéré comme un organe qui sert à la multiplication végétative. On peut multiplier la pomme de terre par graines, par boutures ou par tubercules. Le semis (avec graines) ne se pratique que dans le but d'obtenir de nouvelles variétés, la multiplication par boutures se pratique lorsqu'on ne dispose que de quelques tubercules de variétés méritantes et qu'on désire obtenir, la même année, un grand nombre de nouveaux tubercules, la multiplication la plus courante se fait par tubercules. (VREUGDENHIL et al, 2007)

I.4.2.1. Dormance

Après la récolte, la plupart des variétés de pommes de terre traversent une période où le tubercule ne germe pas, quelles que soient les conditions de température, d'éclairage et d'humidité. Il s'agit de la période de dormance, et sa durée dépend beaucoup de la variété et des conditions d'entreposage, et surtout de la température (CHAUMETON et al., 2006)

I.4.2.2. Germination

A la fin de repos végétatif, le germe entre en croissance s'il n'y a pas dormance induite par les conditions du milieu (MADEC, 1966). MADEC et PERENNEC (1962) ont dénommé stade d'incubation, le stade de tubérisation des germes, et période (phase) d'incubation, le temps

s'écoulant entre le départ de la germination et la formation des nouvelles ébauches du tubercule par les germes.

I.4.2.3. Levée

La formation des premières tiges aériennes avec apparition des premières feuilles au même temps que les racines commencent leur élongation et leur ramification (GRISON, 1983). Pendant cette période, la plante est dépendante des réserves du tubercule mère.

I.4.2.4. Tubérisation

Le tubercule est la justification économique de la culture de pomme de terre puisqu'il constitue la partie alimentaire de la plante et en même temps, son organe de propagation le plus fréquent. Ce phénomène commence d'abord par un arrêt d'élongation des stolons après une période de croissance. La tubérisation est réalisée dès que le diamètre des ébauches est le double de celui des stolons qui les portent. Outre les processus de multiplication cellulaire, le grossissement des ébauches de tubercules s'effectue par accumulation dans les tissus des substances de réserve synthétisées par le feuillage. Ce grossissement ralentit puis s'arrête au cours de la sénescence du feuillage (BERNHARDS, 1998).

I.5. Exigences de la pomme de terre

I.5.1. Exigences climatiques

La pomme de terre est une plante rustique qui est susceptible de se développer dans des régions variées et dans des milieux forts différents mais sa préférence est aux conditions écologiques assez précises, c'est sous le climat tempéré humide qu'elle réussit le mieux et assure les meilleures récoltes (LAUMONIER, 1979).

a. Température

La température optimale se situe entre 15.5°C et 20°C. Le zéro de végétation de la pomme de terre est assez élevé 6 à 18° C (LAUMONIER, 1979 ; CLEMENT, 1989). Au-dessous de 10° C, la croissance est réduite et la partie aérienne de la plante gèle à 1° C. Au-delà de 29° C, la tubérisation est inhibée (LAUMONIER, 1979).

b. La 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 féculé des tubercules (MOULE, 1972)

c. La photopériode :

CHIBANE, (1999) signale que la croissance végétative de la pomme de terre est favorisée par la longueur du jour élevée (14 à 18h).

d. L'humidité

La pomme de terre est une culture de la zone tempérée. Elle exige une humidité abondante et régulière. La plante a besoin de grandes quantités de pluies, parce que 95% de l'eau absorbée par les racines passent dans l'air par transpiration (VANDERZAAG, 1980 in NEDJAR, 2000)

I.5.2. Exigences édaphique**a. Le sol**

La plupart des sols conviennent 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.

En général, la pomme de terre se développe mieux dans des sols à texture plus ou moins grossières (texture sablonneuse ou sablo-limoneuse) que dans des sols à texture fine et battante (texture argileuse ou argilo-limoneuse) qui empêchent le grossissement des tubercules (BAMOUEH, 1999).

b. Le pH

MOULE (1972) rapporte que la pomme de terre supporte les pH légèrement acide 5.5 à 6. Néanmoins elle peut s'adapter aux sols faiblement alcalins.

c. La salinité

D'après HAVERKORTE et MOUSSAOUI (1994), la pomme de terre est relativement sensible à la présence des sels dans les sols ou dans l'eau d'irrigation. La présence de 4g de NaCl par litre d'eau peut engendrer une réduction de la production allant jusqu'à 50%.

I.5.3. Exigences hydriques

Après la levée, la pomme de terre est particulièrement sensible aux déficits et à l'irrégularité d'alimentation en eau. Les principales causes tiennent à la faiblesse naturelle de son système racinaire (VAN LON et BOUMA, 1978 in ROUSSELLE et al, 1996).

I.5.4. Exigences en éléments fertilisants

Vu son cycle végétatif très court, la rapidité de sa croissance et son système racinaire assez peu profond, la pomme de terre exige une bonne fumure organique et minérale qui influe tant sur le rendement et sur la qualité des récoltes (Chibane, 1999).

I.5.4.1. Fumure organique :

En plus de son effet positif sur la structure du sol, le fumier est une source appréciable d'éléments fertilisants. Il régularise la nutrition des plantes et aide l'absorption des éléments fertilisants (Gravouille ,1987).

En Algérie, le fumier d'ovins et de bovins est le plus utilisé. Il doit être bien décomposée et répartie uniformément sur les parcelles avant le labour (Anonyme, 1994).

Les doses à apporter sont de l'ordre de 30 Tonnes /ha tous les trois ans, en sol pauvre cette quantité peut être doublée (Chibane, 1999).

I.5.4.2. Fumure minérale :

La pomme de terre se classe parmi les plantes exigeantes en éléments nutritifs .Ses besoins peuvent être déterminés en se référant aux quantités exportées par tonne de tubercules.

Tableau 02 : Besoins en éléments minéraux de pomme de terre (en Kg/tonnes). (Soltner1996),

Désignation	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
*Pour une tonne de tubercules (d'après Hébert)	3.2	1.6	6	0.3	0.4	0.3
* Pour les fanes correspondantes	2-4	0-1	3-6	3-6	1-2	-

Le tableau ci-dessus montre que les besoins en éléments minéraux sont particulièrement importants en potassium et à un degré moindre en azote, par contre ils sont modérés en acide phosphorique et relativement appréciable en éléments secondaires : Ca, Mg, S.

Pour les fanes les quantités exportées en N,O, CaO et MgO sont égales ou supérieures à celles exportées par tubercules. Donc les restitutions sont très importantes pour ces éléments.

L'équilibre de la fumure NPK optimal est de : 1-(0,4 à 0,9)-(1,5 à 2). Et peut être complété pour 2 ou 3 pulvérisations d'engrais foliaires afin de corriger les carences d'oligo-éléments (Skiredj, 2007).

I.6. Production de la pomme de terre

I.6.1. Production mondiale

Cultivée dans plus de 150 pays, la pomme de terre joue un rôle clé dans le système alimentaire mondial (FAOSTAT, 2015). 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 tonne par hectare. Ce chiffre n'inclut pas les plants (semences) qui représentent 32,2 millions de tonnes. C'est la chine qui occupe le premier rang des pays producteurs avec une production qui atteint 88,9 millions de tonnes en 2013 (FAOSTAT, 2015).

Le tableau ci-dessous montre l'évolution de la surface cultivée en pomme de terre, la production et le rendement par hectare ainsi que la quantité de semence produite dans le monde durant la décennie (2003-2013). (Tableau 3)

Tableau 3 : Evolution de la surface cultivée en pomme de terre, la production et le rendement par hectare ainsi que la quantité de semence produite dans le monde durant la décennie (2003-2013).

Année	Surface cultivée (Ha)	Production (Mt)	Rendement (t/ha)	Semence (Mt)
2003	19.1	314.8	16.4	34.8
2004	19.2	336.2	17.5	34.6
2005	19.3	326.7	16.8	32.6
2006	18.4	307.3	16.7	32.9
2007	18.6	323.9	17.3	30.8
2008	18.1	329.9	18.1	31.5
2009	18.7	334.7	17.9	32.3
2010	18.7	333.4	17.8	32.7
2011	19.2	374.2	19.4	32.9
2012	19.2	364.8	19.0	28.1
2013	19.4	368.1	18.9	32.2

I.6.2.L'importance de la pomme de terre en Algérie :

La pomme de terre est l'un des produits les plus importants pour l'alimentation de la population algérienne : elle occupe la deuxième place après le blé. Après que *Solanum tuberosum L.* fut introduite en Algérie au milieu du XVIème siècle, l'essentiel de la production était expédié en France. En 1962, lorsque le pays acquit son indépendance, il produisait 250 000 tonnes par an et en exportait environ le tiers. Depuis, la pomme de terre est devenue une des principales cultures destinées à la consommation domestique (DJEBBOUR, 2015).

En Algérie la pomme de terre occupe une place extrêmement importante par rapport aux autres cultures maraîchères. Elle représente actuellement 38 % de la superficie cultivée en cultures maraîchères et de 30 % de la production totale (ITCMI, 2004 in ZINE, 2009).

En 2013, l'Algérie a occupé la deuxième place, après l'Égypte, dans la production de la pomme de terre en Afrique. La production nationale durant la décennie (2003-2013) a augmenté de 1 879 918 tonnes en 2003 à 4 400 000 tonnes en 2013 pour une augmentation de la surface cultivée de 88 660 hectares en 2003 à 140 000 d'hectares en 2013.

L'accroissement du rendement est aussi très significatif, de 21.20 tonnes par hectare en 2003 à 31.43 tonnes par hectare en 2013 ; c'est en dehors de la production de semences qui montre une nette augmentation durant cette période. (FAO.STAT).

Malgré cette nette augmentation des rendements, la production nationale n'arrive pas à satisfaire les besoins nationaux en semence de pomme de terre. Rappelons que 80% des besoins en semences proviennent de l'importation. (LAHOUEL, 2015).

La culture de la pomme de terre est, d'autre part, pratiquée dans 36 wilayas ; à l'échelle nationale la "spunta", et autre "désirée" sont cultivées sur une surface globale de 170.000 hectares. La production de pomme de terre a été de 4,5 MT en 2015. (ALILAT, 2017).

Faire progresser les rendements est le point le plus sensible dans l'agriculture algérienne qui aujourd'hui connaît des changements. Les plaines du nord subissent une concurrence des territoires du sud (18% de la production agricole). (SI-TAYEB, 2015).

I.6.3. Production dans la wilaya de Mostaganem

Tableau 4 : Evolution des productions de pommes de terre par année dans la wilaya de Mostaganem (DSA)

Années	Superficie (Ha)	Production (Qx)
2009	8490	2143345
2010	10322	2448849
2011	9444	2605194
2012	11271	3241875
2013	12588	3700808
2014	12612	3750098
2015	13360	3953620
2016	12675	3717930
2017	14271	4467144
2018	15864	5432475

Le tableau 4 présente la production de pomme de terre dans la wilaya de Mostaganem, selon la direction des services agricoles (DSA) ; la production a connu une augmentation remarquable durant cette dernière décennie en parallèle avec la superficie d'où le rendement est de plus de 5 millions de quintaux en 2018 sur une superficie de 15864 ha. Cette production assure la disponibilité et couvre les besoins du consommateur dans la région de mostaganem.

On peut dire que l'augmentation de la production de cette culture est due au développement agricole et au sursaut qualitatif en matière de production agricole.

I.7. Les principales variétés cultivées :

En 2013, le catalogue officiel algérien des variétés de pomme de terre contient 152 variétés qui sont autorisées à la production et à la commercialisation en Algérie dont 22 destinées à la transformation.

Chez les variétés à peau blanche on trouve la Spunta qui est la plus dominante de 40 à 45% et Fabula de 10% au centre et l'est du pays ; La variété à peau rouge est représenté par Désirée de 15 à 20%, Condor à 15%, et les autres variétés occupent le reste du catalogue.

(Fiche produit pomme de terre Algérienne, 2013).

Le tableau suivant présente les variétés les plus cultivées en Algérie selon la couleur de la peau.

Tableau 05 : Principales variétés de PDT cultivées en Algérie.

Variétés rouges	Variétés blanche
Bartina	Safron
Amorosa	Spunta
Cardinal	Diamant
Condor	Sahel
Désirée	Lola
Cléopatra	Appolo
Resolie	Ajax
Thalassa	Yesmina

I.8. Les maladies et les ravageurs :

La pomme de terre est soumise à l'attaque de plusieurs ravageurs et 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 ; occasionnant par fois des dégâts importants. (Maladie et ravageurs pris en compte dans le cadre du contrôle officiel des plants de pomme de terre, 2006).

I.8.1 les maladies cryptogamiques :

- **Mildiou de la pomme de terre :** Provoqué par un Champignon *Phytophthora infestans* se transmet par le vent.

Symptômes : Sur les Feuilles (Apparition de petites taches brunes entourées d'un halo jaune sur la face Sup des feuilles, le dessèchement conduit rapidement à la destruction des feuilles ; Sur les tiges et bouquets terminaux des taches brunes, parfois nécrotiques et sur le tubercule (des taches au contour mal défini, de couleur brune ou gris bleuâtre).

Lutte : La lutte doit être préventive : utilisation des plants sains, buttage et protection fongicide. Les produits efficaces contre le Mildiou sont les produits à base de cuivre.

- **Rhizoctone Brun :** Provoqué par le champignon *Rhizoctonia solani* se développe à partir des sclérotés noirs fixés sur le tubercule-mère ou présents dans le sol.

Symptômes : Des levées irrégulières ou tardives des plants, les stolons et les racelles 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). Les tubercules issus de plantes atteints sont difformes, anguleux et parfois avec des desquamations rappelant la galle commune.

Lutte : Se fait par l'utilisation de plants sains, rotations longues, plantation en sol réchauffé et bien préparé et l'utilisation de fongicides en traitement des plans comme (Monceren, Dithane, Lota, Oscar,...).

- **Alternariose :** Provoqué par le champignon *Alternaria solani* et *Alternaria alternata*, se transmet par le vent et la pluie.

Symptômes : Sur les feuilles ; des taches nécrotiques, bien délimitées, de taille variable, situées sur les feuilles du bas ; Sur les tubercules : pourritures brunes à noires, très sèches avec une dépression.

Lutte : Eviter les stress accélérant l'affaiblissement des plantes, utiliser les fongicides anti mildiou (Chlorothalonil, fluazinam,...).

- **Fusariose (pourriture sèche) :** 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.

Symptômes : Sur le tubercule ; les tissus touchés brunissent et dépriment, présente des sites concentriques, la coupe de tubercule montre une pourriture marron qui se développe vers l'intérieur.

Lutte : éviter les blessures des tubercules lors des manipulations, bien sécher les tubercules à la récolte et favoriser la cicatrisation des blessures ; traiter peu de temps après la récolte par un fongicide à base de Thiabendazole + Imazalil pour contrôler toutes les souches.

- **Verticilliose :** Deux champignons du genre *Verticillium* qui sont responsables de la maladie de la verticilliose de la pomme de terre (*Verticillium dahliae* et *Verticillium albo-atrum*) ; provient du sol, de l'eau d'irrigation ou de ruissellement.

Symptômes : Jaunissement des feuilles suivi par un 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 également des taches brunes au niveau de l'anneau vasculaire.

Lutte : Rotation minimale de trois ans entre les cultures solanacées, l'utilisation de plants certifiés et traités par les fongicides avant la plantation.

I.8.2. Les maladies bactériennes :

- **Gale commune :** provoqué par des bactéries du genre *Streptomyces* ; il y a deux principales formes de gale commune (la gale commune en relief ou en pustules et la gale commune en liège).

Symptômes : la gale commune se manifeste uniquement sur la surface des tubercules, des attaques plus profondes avec présence de pustules (gale en pustules) ou des taches liégeuses superficielles (gale en liège).

Lutte : utilisation de variétés peu sensibles, allonger les rotations, éviter les sols légers,...

- **Jambe noire** : causée principalement par la bactérie *Erwinia carotovora*.

Symptômes : Pourritures noires sur tiges, le jaunissement et le flétrissement des feuilles ; sur le tubercule des pourritures molles internes dégradent les tissus.

Lutte : il faut éviter les fumures azotées excessives, limités les blessures de tubercules lors de la manipulation.

I.8.3. Les maladies virales :

- **Virus Y** : est un potyvirus transmis par des pucerons, provoque des taches nécrotiques noires sur les nervures des feuilles, les feuilles deviennent cassantes.
- **Virus X** : Se transmet de façon mécanique (par contact), provoque des symptômes faciles à distinguer (apparition de mosaïques limitées par les nervures).
- **Virus M** : il est transmis par les pucerons selon un mode non persistant on observe un enroulement mou des feuilles, une ondulation des bords et la formation de tâches en mosaïque.

I.8.4. Insectes et ravageurs :

- **Teigne** (*Phthorimea opercullella*)
- **Doryphore** (*Leptinotarsa decemlineata*)
- **Nématodes Gallicoles** (*Meloidogyne spp*)
- **Noctuelles** (*Spodoptera littoralis, Spodoptera exigna*)

I.9. Dégâts dus aux traitements :

Des traitements mal appliqués peuvent avoir des conséquences plus ou moins graves sur les cultures de la pomme de terre (dégâts d'herbicides, phytotoxicité des huiles,...).

Les figures suivantes présentes quelques exemples des maladies et ravageurs de la pomme de terre. (Maladie et ravageurs pris en compte dans le cadre du contrôle officiel des plants de PDT, 2006)

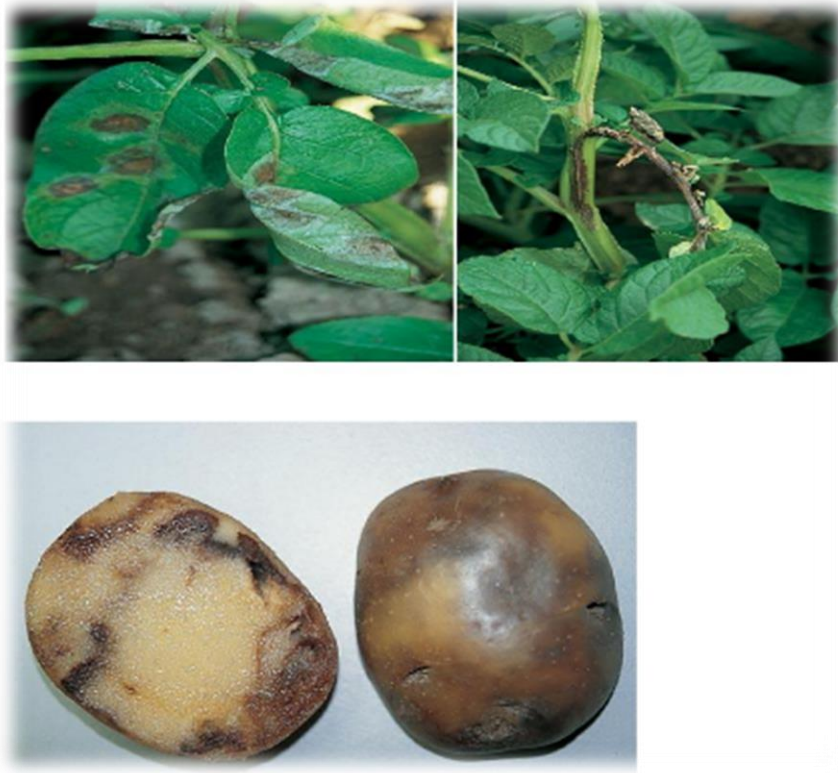


Figure 2 : Mildiou de la pomme de terre (*Phytophthora infestans*) sur feuilles et tubercules (Maladie et ravageurs pris en compte dans le cadre du contrôle officiel des plants de PDT, 2006)



Figure 3 : taches sur feuilles de pomme de terre provoquées par *A. solani* et *A. alternata* (Nabahat, 2017)



Figure 4 : Rhizoctone brun (*Rhizoctonia solani*) sur tubercules et tubercules aériens difformes (BEDRANE, 2017).



Figure 5 : Jambe noire (*Erwinia carotovora*) lésion à la base de la tige et Jambe noire et pourriture molle de tubercule (BEDRANE, 2017).



Figure 6 : Galle commune (*Streptomyces scabies*) sur tubercule (BEDRANE, 2017).



Figure 7 : Gros plan de frisolée avec mosaïque déformante, aspect luisant et ondulation du bord des folioles d'une plante de pomme de terre de variété Bintje infectée par le Potato Virus Y (PVY, virus Y de la pomme de terre) (INRA, 2019).



Figure 8 : Adulte de teigne de pomme de terre et Chenille de teigne creusant des galeries superficielles sur tubercule de pomme de terre *Phthorimaea operculella* (INRA, 2019).

Chapitre II : Généralité sur L'alternariose

II.1.définition de la maladie

Alternariose est une maladie ayant un impact économique sur une grande variété de plantes hôtes d'activités importantes agronomiques y compris les plantes alimentaires, fourragères, industrielles ou ornementales (plantes horticoles et de pépinière), et plantes oléagineuses. Elle est considérée comme la deuxième maladie en importances après le mildiou (Daniel Ryckmans ,2006).

Elle peut aussi provoquer chez l'homme des affections épidermiques, des allergies respiratoires, de l'asthme, des leucopénies (dues aux mycotoxines), des mycoses cutanées et des rhinites. (Laurence Dutron, juillet 2012).

II.2.Historique du genre

En 1816, le genre *alternaria* a été initialement décrit par Nees avec *A.tenuis*, comme le type et le seul du genre (Nees, 1816). Le statut taxonomique du genre a été en mouvement ; Dans son œuvre monumentale « Systema Mycologicum », Fries (1832), ne reconnaît pas la description d'*A.tenuis*, il a érigé un nouveau genre, *Macrosporium*, qui comprend plusieurs espèces qui partagent des caractères phaeodictyosporique avec *Alternaria* et sont actuellement reconnus comme des espèces *Alternaria*, notamment *tenuissima*. Il a ensuite identifié les champignons phaeodictyosporiques qui ont été attribués à *Alternaria* et *Macrosporium*.

L'*Alternaria*, par la suite été décrit par Groves et Skolko (1944), Neergaard (1945), Joly (1964) et Simmons (1967, 1986, 1992).

En 1993, Wiltshire propose de regrouper toutes les espèces dont les spores présentent un bec dans le genre *Aletrnaria*, sans tenir compte de la formation ou non de chaînes (Keonig, 1995).

II.3.Classification et biologie du genre «*Alternaria* »

Le genre fongique cosmopolite *Alternaria* se compose de plusieurs espèces saprophytes et pathogènes. Il comprend près de 275 espèces (Simmons ,2007) ; D'après des études phylogénétiques et morphologiques, il est actuellement divisé en 26 sections (J.H.C. Woudenberg et al ,2015).

Les champignons du genre *Alternaria* sont des *Deuteromycètes* (syn. *Adéломycètes*, *fungi imperfecti*) ; cette classe renferme tous les champignons à mycélium cloisonné dont la forme de reproduction est généralement inconnue mais possèdent un mode de multiplication asexuée; où vont être différenciées des conidies (ou spores). Certaines espèces d'*Alternaria*

ont une reproduction sexuée et leur forme parfaite appartient aux *Loculoascomycète* (genre *lewia*) (Ellis, 1971 ; Simmons, 1986 ; Erikson et Hawksworth, 1991).

Les *Alternaria* sont classés dans l'ordre des hyphales (Syn. Moniliales), ayant des conidiophores peu différenciés, libres, disséminés sur le substrat et à croissance sympodiale et des conidies qui se forme hors d'un concept spécial (figure 09). Les colorations foncées de leur mycélium et de leurs conidies les classent dans la famille des Dematiaceae (Agrios, 2005).

Les conidiophores sont brunes également, très caractéristiques du genre, organisées en chaînette. Ce sont des dictyospores : conidies piriformes, à la base élargie avec des septa transversaux, obliques et longitudinaux en nombre variable. Leur extrémité est constituée d'une partie rétrécie plus ou moins longue appelée le « bec ». L'aspect global rappelle la forme d'une massue. Elles mesurent entre 50-100 μm de long et 3-16 μm de large (figure 9).

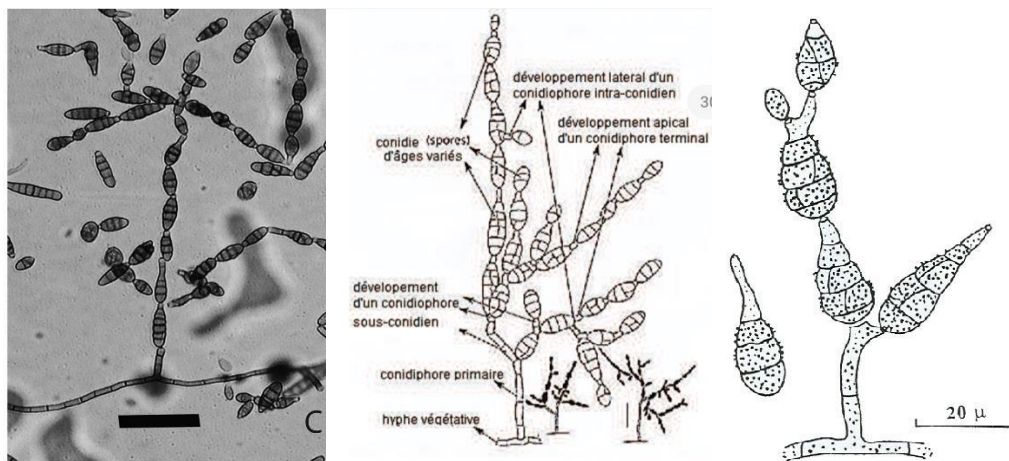


Figure 9 : Représentation des différents stades de développement des spores et conidiophores d'*Alternaria alternata* (Simmons, 1999 ; Taralova et al., 2011).

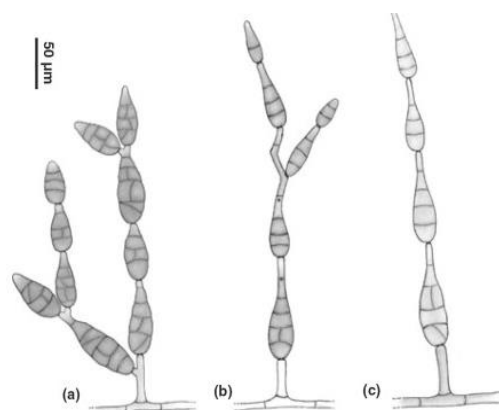


Figure 10 : Morphologie de conidies (a) *Alternaria alternata* ; (b) *A. infectoria* ; et (c) *A. tenuissima*. (F. J. Pastor and J. Guarro, 2008)

Selon le catalogue of life, Kirk P.M, et al (2019) ; la taxonomie de l'*Alternaria spp* est la suivante :

Règne.....Fungi
Embranchement..... Ascomycota
Classe..... Dothideomycetes
Ordre.....Pleosporale
Famille.....Pleosporaceae
Genre.....*Alternaria*

II.4.Cycle de développement d'*Alternaria spp*

Alternaria survit l'hiver sous forme de mycélium ou les spores dans les débris végétaux infectés laissés sur ou dans le sol, et sur les graines de plantes infectées, indique l'Illinois Extension, 2017. Dans des conditions favorables au printemps, les spores mûrissent rapidement dans les taches foliaires fongiques qui libèrent plus de spores transportées à d'autres plantes par le vent et les éclaboussures de pluie. Ce cycle se répète tout au long du printemps et l'été aussi longtemps que les conditions favorables persistent (Figure 11). Les conditions les plus favorables à l'alternariose sont des conditions de pluie ou la rosée lourde surviennent lorsque les températures sont comprises entre 65-73 degrés F (l'Illinois Extension 2 juin ; 2017). En 2003 Belanger M, indique que les plantes endommagées et carencées en azote sont plus vulnérables à l'infection.

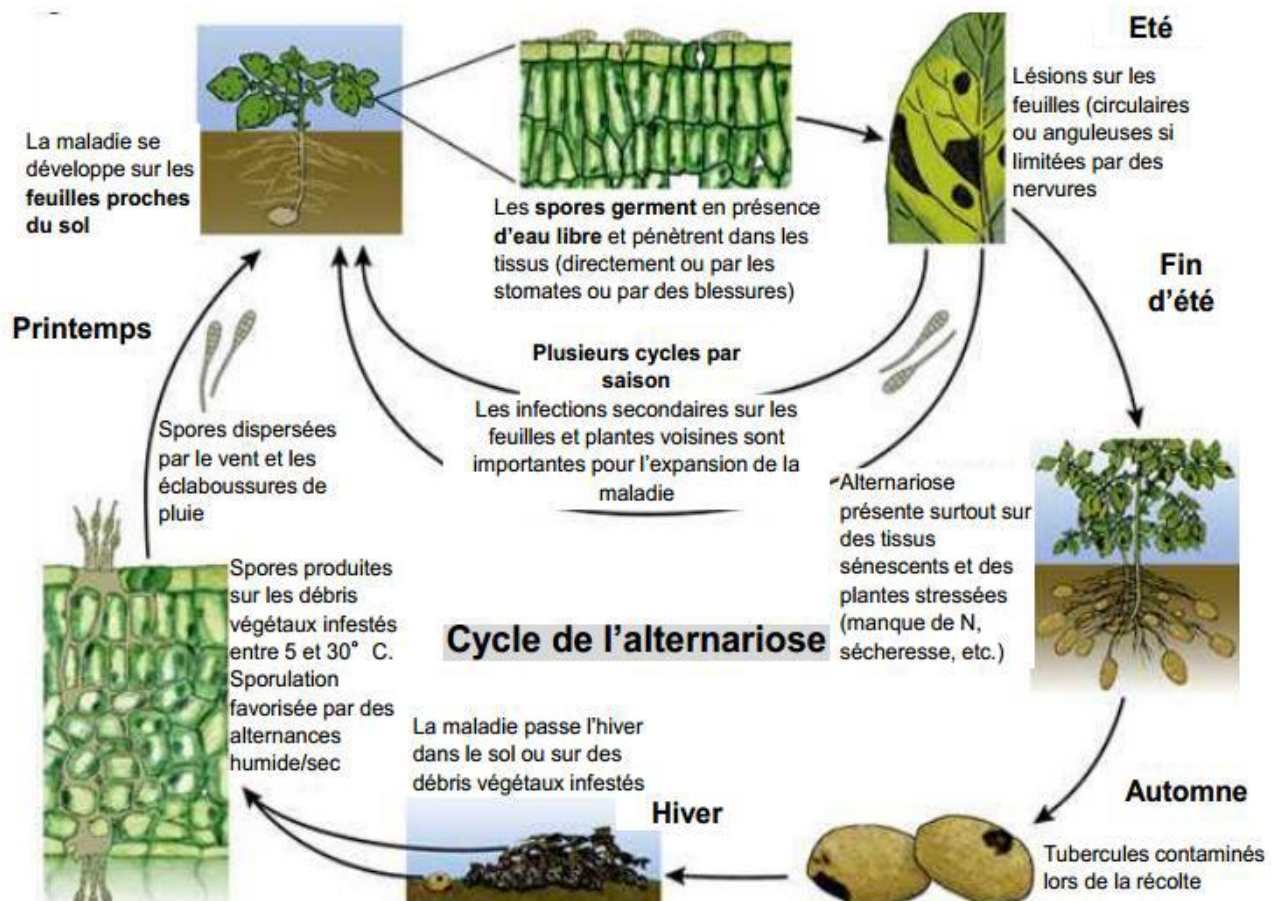


Figure 11 : Cycle de développement de *l'Alternaria spp.* (Warton et Kierk, 2012)

II.5. Dégâts provoqués par l'alternariose :

André Chassot, (2016) indique que les dégâts de l'alternariose peuvent être conséquents si des conditions climatiques humides persistent et/ou aucune méthode de protection n'est envisagée. Elle entraîne parfois des défoliations importantes à l'origine d'une réduction des rendements. Sur la culture de pomme de terre, la perte de rendement atteint jusqu'à 30-50% suite à une destruction précoce du feuillage et par conséquent une perte économique pour l'agriculture (André Chassot, 2016).

Les pertes de rendement en hausse de 79% en raison des dégâts de la brûlure précoce ont été annoncées au Canada, Inde, États-Unis et au Nigeria (Basub, 1974 ; Datar et Mayee, 1981 ; Sherf et MacNab, 1986; Gwary et Nahunnaro, 1998).

La brûlure précoce réduit les régions photosynthétiques, qui dans des cas sévères peut défolier les plantes. Cette maladie débute sur les feuilles de la base et suivant les conditions du milieu, progresse rapidement vers le sommet (Bovey, 1972). Le rendement est réduit lorsque les plantes ne parviennent pas à fructifier (Glasscock, 1944).

II.6. Etude symptomatologique :

L'alternariose est une maladie fongique qui affecte les cultures des Solanacées dans le monde entier. La brûlure précoce peut affecter le feuillage, les tiges et dans des cas plus sévères, les fruits (Batista et al ; 2006).

Le succès de l'infection est lié à la sénescence des feuilles et des plantes mais aussi aux conditions climatiques précises (Harrison et al ; 1965 ; Rotem, 1981).

La maladie se reconnaît facilement par les cercles concentriques rapprochés qui se forment à l'intérieur des taches. Celles-ci se fondent parfois en grandes plages de tissus nécrosés et provoquent un enroulement des feuilles qui rappelle celui de la brûlure apicale. Le temps chaud et humide aggrave la maladie qui peut entraîner la mort des plantes, (W.A. Hodgson et D.D. Pond ; et J Munro, 1975).

II.6.1. Symptômes sur feuilles :

Les premiers symptômes sur feuilles apparaissent en général après la floraison, sur les feuilles les plus âgées, sénescentes, et en bas de tiges. Il s'agit de (petites) taches de structures plus ou moins circulaires et anguleuses, avec des cercles concentriques (qui font penser à des cibles), présentant un léger halo chlorotique. Par temps sec, les lésions peuvent se détacher et faire place à des trous.

Au départ de l'infection les taches sont petites (quelques mm²) limitées aux espaces entre les nervures ; Mais quand la maladie progresse, ces taches grandissent et peuvent même gagner l'ensemble de la feuille (jusqu'à 2 cm de diamètre).

Les taches sont de couleur vert-olive à brun foncé – noir ; Les plages desséchées peuvent se déchirer, tomber et se rejoignant de proche en proche, provoquer le dessèchement et la mort de la feuille toute entière (Michel Magnenat, 1991).

Dans les cas les plus graves (défoliation précoce) cela peut nettement affecter le rendement (de 10 à 50%), mais aussi la qualité des tubercules (INRA, 2017).

L'alternariose sur feuille peut être un gros problème (défoliation plus ou moins rapide et donc réduction de la photosynthèse et par conséquent de la croissance), souvent plus important que le mildiou lui-même (Daniel Ryckmans, 2006) (Figure 12)

Sur les feuilles, l'alternariose peut être confondue avec la brûlure hâtive (*Alternaria solani* – la couleur des feuilles affectées et la forme des lésions sont différentes, les taches peuvent être angulaires, se manifestent en premier sur les feuilles basales) et des dommages d'ozone (O₃ - face supérieure davantage affectée et en général, petites mouchetures de couleur bronze). (Stevenson W. R., Loria R., Franc G. D. & Weingartner D. P. (Eds) (2001).



Figure 12 : Lésions provoquées par *Alternaria* spp sur feuilles (Omafra, 2009)

II.6.2. Symptômes Sur tige

En 1991, Michel Magnenat indique que les tiges attaquées par l'*Alternaria*, présentent des plages superficiellement colorées en brun, qui s'agrandissent avec le développement de la maladie, puis le dessèchement de la tige peut entraîner sa mort ou celle de toute la plante (figure 13).



Figure 13 : Lésions provoquées par *Alternaria* spp sur tiges (Omafra, 2009)

II.6.3. Symptômes Sur tubercule

Les tubercules sont eux aussi touchés ou la maladie peut se développer en cours de stockage, particulièrement si le séchage et la ventilation sont insuffisants (Venette et Harrison, 1987).

Selon Vloutogolou et Kalogerakis (2000) et Gani et al. (2013), l'alternariose de la pomme de terre est caractérisée par la présence de taches nécrotiques brunes sur les tubercules ou elles se développent sous forme de petites cavités noires.

Les symptômes sont des taches en dépression, de couleur brun – violet ou noir métallisé. Sur les bords, la peau est quelque peu plissée ou soulevée. Le tissu atteint est dur et sec, mais séparé du tissu sain par une zone humide et jaunâtre (Daniel Ryckmans, 2006). En coupe les tissus sont brun-noirâtre sous les taches, plus ou moins pourris et très bien délimités par rapport aux tissus sains (Michel Magnenat, 1991). Les dépressions pénètrent quelques millimètres dans la chair et peuvent mesurer plus de 10 mm de diamètre. (Banks E, 2004).

Sur les tubercules, le mildiou (*Phytophthora infestans*), zones brun rougeâtre à brunes près des yeux, chair avec des zones colorées) et la gale commune (*Streptomyces scabies* – lésions superficielles, plus pâles et plus grandes) peuvent montrer des symptômes similaires. (Stevenson W. R., Loria R., Franc G. D. & Weingartner D. P. (Eds) (2001)



Figure 14 : symptômes sur tubercule (Site WEB : www.plantdepommedeterre.com)

II.7. Les *Alternaria* pathogènes de la pomme de terre

Aussi connue sous le nom de maladie des taches brunes, l'alternariose s'attaque aux feuilles de la pomme de terre par le biais de deux champignons qui sont difficilement différenciables au champ : *Alternaria solani*, *Alternaria alternata*. (Droby et al ; 1984).

II.7.1. *Alternaria solani*

Selon Simmons, 2007 ; *Alternaria solani* est en général identifiable comme l'agent pathogène lié à la brûlure foliaire de pommes de terre ; cette espèce appartient au groupe d'espèces à grosses spores (section porri) au sein du genre *Alternaria*, les conidies solitaires, supportées individuellement ou rarement en chaîne de deux sur des conidiophores simples et séptés (Neergaard, 1945 ; Ellis et Gibson, 1975), elles mesurent entre 150 et 200 μm de long, de la base à l'extrémité du bec. (Figure 15)



Figure 15 : Blastospores d'*Alternaria solani*

II.7.2. *Alternaria alternata*

Alternaria alternata est un champignon filamenteux cosmopolite ubiquiste. Communément isolé à partir de plantes, de sols, ainsi que de l'air ambiant des habitations (Criquet et al ; 2008). Caractérisé par des conidies en chaînes simples ou ramifiées, brunes, irrégulières, 20-80 x 9-18 μm , plus souvent avec un rostre apical court mais bien différencié (Botten et al ; 1990) (Barnett et al ; 1972). (Figure 16).

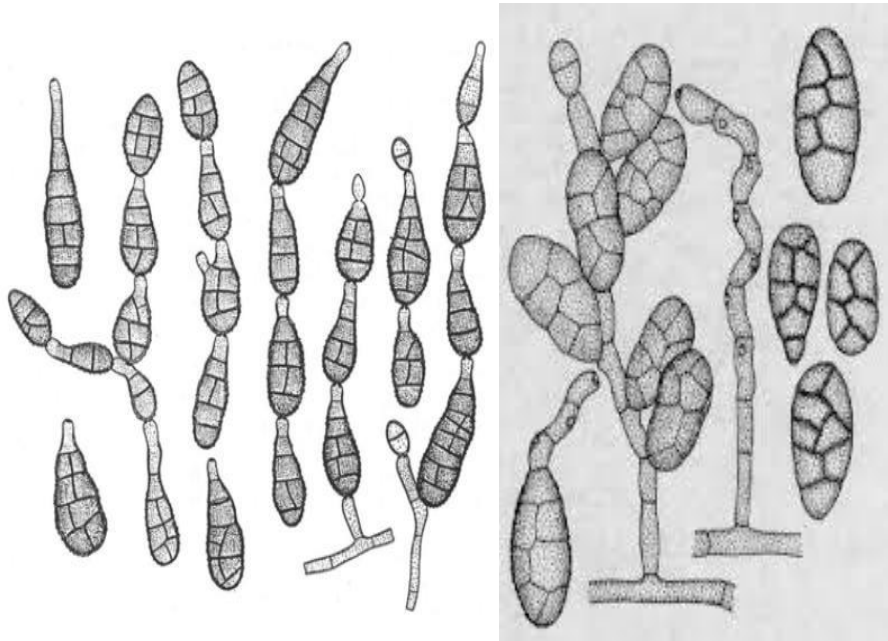


Figure 16 : Conidies d'*Alternaria alternata* (Ellis, 1971, 1976 ; Joly, 1964)

II.8. *Alternaria* producteur des mycotoxines

En 2005, Agrios signale que les champignons du genre *Alternaria* qui appartient à la catégorie des nécrotrophes, tuent les cellules végétales, notamment par l'action de toxines. Leur pouvoir pathogène et leur virulence tiennent en compte de la nature des relations, hôte-pathogène implique aussi la notion d'aptitude parasitaire du parasite (Joly, 1964). Bien que *A. alternata* a été considéré comme l'espèce principale productrices de mycotoxines. Les autres membres du genre, tels qu'*A. citri*, *A. solani*, *A. longipes*, *A. tenuissima* et *A. arborescens*. Les espèces *infectoria*, sont également capables de produire ces contaminations toxiques dans leur hôte (Barkai-Golan, 2008). Ces champignons, considérés comme polluants biologiques, par leur productions d'allergènes, antigènes dans l'organisme, capables de déclencher une réponse immunitaire circulant de type immunoglobuline, qui se manifeste par une réponse allergique avec libération de médiateurs, tel que l'histamine chez le sujet sensibilisé (Botta et al ; 2005).

II.9. Causes de la maladie et de son extension :

Les différentes causes du développement de l'alternariose sont les suivantes (par ordre d'importance) :

- Diminution de l'utilisation des dithiocarbamates (mancozèbe et manèbe) ;

- Changements climatiques : été plus chaud (périodes plus chaudes suivies d'orages, de pluies abondantes) ;
- Stress plus importants (fortes températures, sécheresse, excès d'eau, vents violents et/ou grêle provoquant plus de blessures aux feuilles,...) ;
- Variétés sensibles ;
- Fertilisation insuffisante (manque d'azote) mais surtout carences en magnésium, manganèse et soufre ;
- Rotations (trop) courtes : les spores d'alternariose survivent sur les déchets de pommes de terre (fanés, tubercules endommagés) (Daniel Ryckmans, 2006).

II.10. Les méthodes de lutte contre *Alternaria spp*

L'alternariose est une maladie peu connue à ce jour, notamment en ce qui concerne ses conditions de conservation et de contamination. Elle réduit considérablement les rendements à la fois qualitatifs et quantitatifs.

Un programme de pulvérisations de fongicides, associé à un système de prévision (la prophylaxie et les mesures préventives), est généralement le moyen le plus efficace de lutte contre l'alternariose des solanacées.

II.10.1. Les mesures prophylactiques

À ce jour, il n'existe aucune lutte curative pour contrôler le développement et l'extension de cette maladie. L'ensemble de la lutte sera donc basée sur la prophylaxie accompagnée de traitements phytosanitaires préventifs :

- Il est possible de réduire l'inoculum primaire et sa conservation hivernale en appliquant quelques méthodes simples de gestions des cultures de pomme de terre qui sont :
 - ✓ Eliminer ou enterrer les débris de culture.
 - ✓ Lutter contre les adventices hôtes comme les morelles et éliminer les repousses de pomme de terre.
 - ✓ Rotation avec des cultures non hôtes.
 - ✓ Ne pas replanter de pomme de terre dans une parcelle contaminée précédemment.
- Le choix des variétés peut aussi permettre de limiter les infections :
 - ✓ Planter des variétés assez tardives et /ou reconnues comme étant moins sensibles à l'alternariose.
- Limiter les stress biotiques et abiotiques pour limiter les infections :

L'alternariose « étant provoquée par un parasite de faiblesse, il convient de limiter au maximum toutes les sources de stress :

- ✓ Planter dans un sol fertile correctement pourvu en éléments nutritifs.
 - ✓ Protéger contre les attaques d'autres maladies et / ou ravageurs.
 - ✓ Gérer correctement l'irrigation en respectant les doses et fréquences adaptées, éviter de mouiller le feuillage pendant les périodes de fin de journée.
- Limiter le délai entre le défanage et la récolte et assurer de bonnes conditions de conservations :

C'est en effet pendant cette période que de nombreux agents pathogènes vont contaminer les tubercules dans la butte, à la fois des maladies foliaires (mildiou, alternariose) mais aussi telluriques (rhizoctone brun, gale argentée, dartrose...) (Synthèse nationale ; ARVALIS, 2017)

II.10.2.La lutte chimique

Si malgré la mise en œuvre des mesures agronomiques et après un diagnostic d'identification, une attaque d'alternariose est confirmée sur une parcelle, il convient de choisir un fongicide contre le mildiou.

Toute la difficulté en l'absence de modélisation validée dans nos conditions, sera de savoir à quel moment il convient de déclencher une première application fongicide : trop tôt est souvent inutile car les tissus jeunes sont sensibles à la maladie ; trop tard ne permet plus d'assurer une efficacité suffisante sur des symptômes en place et d'enrayer correctement le démarrage de l'épidémie. La floraison est un stade où la vigilance doit commencer à s'imposer dans les cas à risque.

A ce jour, seules quelques spécialités fongicides sont homologuées pour cet usage exclusif :

- ✓ Il s'agit des spécialités à base de difénoconazole (Kix, Spinner). Elles sont recommandées en mélange avec un anti-mildiou si le risque mildiou le nécessite.

D'autres spécialités sont homologuées à la fois pour la lutte contre le mildiou et l'alternariose ce qui permet un programme de lutte unique pour les 2 maladies foliaires :

- ✓ Certaines spécialités à base de mancozèbe

- ✓ Les spécialités à base de zoxamide + mancozèbe (Adério, Gavel).
- ✓ Les spécialités à base de diméthomorphe + mancozèbe (Acrobat M DG, Lectra DF)
- ✓ Les spécialités à base pyraclostrobine + diméthomorphe.
- ✓ Les spécialités à base de mandipropamid + difénoconazole (Revus top)
- ✓ Les spécialités à base fluazinam + azoxystrobine (Vendetta).

L'efficacité de ces différentes spécialités peut être très variable compte tenu des nombreuses conditions, en particulier abiotiques, qui peuvent favoriser la maladie et contre lesquelles l'action des fongicides est nulle. (ARVALIS, 2017).

II.10.3. La lutte biologique

La lutte contre ce pathogène par les moyens chimiques a donné quelquefois des résultats satisfaisants. Cependant, l'utilisation abusive de certains fongicides chimiques a abouti au développement de souches résistantes rendant ainsi la lutte encore plus difficile (Hmouni. A et al, 1996). Outre les différentes approches de lutte culturale et chimique, d'autres alternatives de gestion de ce pathogène ont été adoptées afin de limiter les dégâts causés par *Alternaria (A. solani)*, entre autres la lutte biologique (Mónaco. C et al, 2009 ; Nasraoui. B, 2006). Cette lutte a pour principe d'utiliser des micro-organismes antagonistes actifs sur divers agents pathogènes dont *Gliocladium virens*, *G. catenulatum* (Card S.D, 2005) et *Penicillium sp.* (Senthilkumar G et al, 2011).

Le pouvoir antifongique de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* a été étudié vis-à-vis d'*Alternaria alternata* par la technique de micro-atmosphère qui s'est révélée la plus active, en effet 10 µl de son extrait ont été suffisants pour inhiber totalement la croissance mycélienne du champignon ; alors qu'il a fallu 30 µl d'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* pour obtenir le même effet sur le même champignon. (S. Hmiri et al, 2011).

Plusieurs agents de lutte ont été testés contre cette maladie cryptogamique. Sans pour autant être inefficaces, aucun de ces auxiliaires n'a réellement montré de performance sur terrain.

Partie expérimentale

Chapitre I :

Matériels et méthodes

I.1. L'objectif de ce travail

Cette présente étude a pour but d'étudier quelques facteurs abiotiques de l'alternariose de la pomme de terre et l'identification *in Vitro* de l'espèce *Alternaria* et un test de pathogénicité sur des folioles détachées de pomme de terre en suivant des méthodes bien précise dans ce présent chapitre.

I.2. L'échantillonnage et l'isolement de la maladie

Des échantillons ont été récoltés dans la région de Mostaganem sur culture pomme de terre de saison, ce travail s'est réalisé sur des souches en conservation.

I.3. Milieux de cultures

Comme notre travail consiste à faire un test de milieu de cultures nous avons préparé trois milieux de culture afin de faire développer le champignon de pomme de terre. Les milieux sont : PDA, PCA et PSA.

I.3.1. Milieu Potatos descrose Agar (PDA)

A- Composition :

- 20g Agar
- 20g glucose
- 200g de pomme de terre
- 1000ml d'eau distillé

B- Préparation :

Pour la préparation du milieu PDA on mesure sur la balance 20g d'Agar agar et 20 g de glucose qui sont disposés dans un erlenmeyer de 1000ml et on ajoute 300 ml d'eau distillée le milieu est, le milieu est agité à l'aide d'un agitateur magnétique chauffé ; en parallèle on épluche 200g de pomme de terre, découpé en morceau et porté à ébullition à 100°C avec 300 ml d'eau distillé durant 10 min. Les 300 ml d'eau venant de la pomme de terre sont mélangé à 300 ml de la solution Agar agar. Ensuite on ajuste le volume du mélange jusqu'à 1000 ml. Le mélange obtenu est versé dans des flacons puis autoclavé à une température de 125° C pendant 20 min et une pression de 1.4 bar pendant 15 minutes. Le milieu autoclavé est coulé dans des boîtes de Pétri sur une paillasse propre et désinfectée à l'aide de l'eau de javel ou l'éthanol, les boîtes sont séchés pendant 24 à 48 heures.



Figure 17 : Préparation du milieu PDA (Originale, 2019)

I.3.2. Milieu PCA (Simmons, 2007)

- Pommes de terre 40g
- Carotte 40g
- Agar-agar 20g

Les morceaux de pomme de terre et carotte pelé, sont mis dans un erlenmeyer avec environ de 500 ml d'eau distillé pendant 30 min. Après cuisson le liquide est filtré et mélangé à l'agar-agar, puis ajusté à 1l avec de l'eau distillée avant autoclavage.

I.3.3. Milieu PSA (Samson et al)

- Pomme de terre 200g
- Saccharose 20g
- Agar-agar 20g

Les morceaux de pomme de terre et carotte pelé, sont cuits dans un erlenmayer dans 800 ml d'eau distillé pendant 30 min. Après cuisson le liquide est filtré et mélangé à l'agar-agar ajusté à 1 litre puis stérilisé à l'autoclave.



Figure 18 : Coulage du milieu PDA (Originale, 2019)

I.4. La sporulation

I.4.1. Induction de la sporulation des isolats

La sporulation est un élément clé pour nos tests et comme certaines espèces du genre *Alternaria* ont une incapacité à produire des spores nous avons procédé à l'induction de celle-ci par la technique du choc thermique afin d'assurer une bonne production de spores.

I.5. Purification des isolats et cultures monospores

Après incubation, des repiquages de manière aseptique sont effectués : des explants de culture ne présentant aucune contamination sont prélevés au niveau de la zone périphérique des colonies. L'opération est renouvelée jusqu'à l'obtention des colonies pures.

Néanmoins, les cultures obtenues risquent d'être contaminées par des bactéries et par des champignons qui sont parfois invisible et afin d'éviter ce risque, le procédé le plus simple et le plus sur reste celui de la culture monospore (Rappily, 1968 ; Zerrouk, 1995).

I.5.1. La culture monospore

(Voir schéma 1).

Dans un premier temps, nous avons repiqués les souches à monosporer dans des boites contenant du milieu PDA (Potato Dextrose Agar) ; ces derniers se développent sur la surface totale des boites pendant 7 à 8 jours dans un incubateur a une température de 25°C.

Ensuite on prélève un explant à partir de la périphérie de la boite à l'aide d'une pipette pasteur puis introduite dans un tube à essai contenant 9ml d'eau distillé stérile, après agitation, on obtient une suspension sporale.

On effectue une dilution au deuxième fois à partir de la suspension sporale puis on prélève de nouveau 1 ml de la suspension sporale que l'on introduit dans un tube contenant 9 ml d'eau distillée stérile puis on agite ; Enfin on répète l'opération autant de fois jusqu'à la dilution voulue.

A partir des deux dernières dilutions (10^{-3} et 10^{-4}), on prélève 1 ml que l'on étale à l'aide d'une seringue stérile sur un milieu PDA.

Après 24h d'incubation à 25° C, à l'aide d'une loupe binoculaire, on procède au repérage et à la délimitation des spores en germination.

On prélève 3 à 4 conidies que l'on dépose dans des boites de pétri contenant du milieu PDA (**Protocole INRA, Dijon**).

Remarque

Ce protocole a été déjà appliqué avant par **M. Si mohamed Abdeslem** lors de son travail de magister intitulé : étude de la compatibilité végétative chez des populations de *Fusarium oxysporum* isolées dans l'ouest Algérien ; le protocole a donné des résultats satisfaisants.

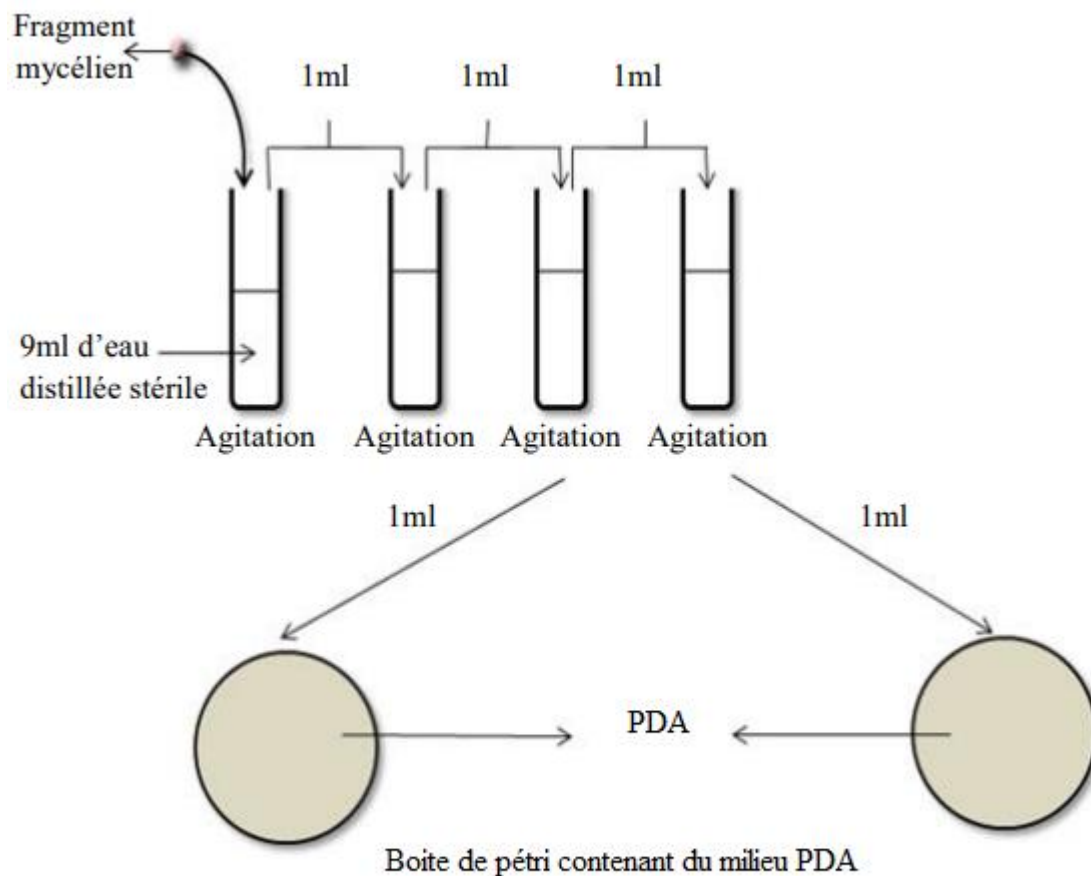


Schéma 1 : la technique monospore (Si mohamed abdeslam, 2010)

I.6. Conservation des isolats :

Pour un usage ultérieur, nous avons procédé à la conservation à partir des cultures pures cultivées sur PDA et milieu sabouraud incliné en tube, âgées de huit jours et maintenues dans un réfrigérateur à 4°C. La conservation est aussi effectuée sur des tubes eppendorfs de 1,5 ml contenant cinq implants mycéliens de 0,5cm de diamètre. Les tubes sont placés dans un bocal stérile et couverts d'une couche d'aluminium puis placés dans un réfrigérateur à 4°C.

I.7. Identification et caractères morphologique de l'agent pathogène :

Elle est basée sur les caractères macroscopiques et microscopiques des champignons obtenus en culture pure.

I.7.1. Caractères macroscopiques :

Se fait à l'œil nu puis fondés sur la nature du mycélium en s'appuyant pour l'étude sur l'âge de la culture (8 à 15 jours), le type de croissance (régulière et irrégulière), l'aspect de la colonie (duveteuse, cotonneuse, velouté, feutré, plate ou surélevée) et la couleur du revers qui peut être marron, vert olivâtre à gris clair ou foncé.

I.7.2. Caractères microscopiques :

Un microscope binoculaire a été utilisé pour permettre l'observation directe du champignon. Dans l'observation microscopique, on se base sur les caractères du mycélium, sur le type de spores ; ces derniers sont prélevée à partir d'une culture à l'aide d'une anse à ensemencement on gratte la colonie et on met le gratis entre lame et lamelle contenant une goutte d'eau ou du bleu de méthylène. Après plusieurs observations, on peut identifier correctement les souches à l'aide de la clé de déterminations.

I.8. Effet des différents milieux de cultures

Le choix des milieux de culture pour tout parasite dépend de ses exigences nutritionnelles (Rappily, 1969). Afin de savoir quel milieu favorisera la croissance mycélienne et la sporulation de *Alternaria sp* ; trois types de milieux de culture ont été testés pour évaluer ces deux derniers. Dans notre cas nous avons travaillé sur les milieux : PDA, PSA et PCA.

Après préparation et stérilisation des 3 milieux, un implant de 5mm de diamètre d'une culture âgée de 15 jours est déposé au centre de la boîte de pétri et pour chaque souche trois répétitions ont été effectuées pour chaque milieu. Ensuite les boîtes sont déposées à l'obscurité dans une étuve à 25°C. L'expérience s'achève lorsque l'une des boîtes est complètement recouverte. Des observations sur les caractères cultureux sont effectuées parallèlement aux mensurations. Pour l'estimation de la croissance mycélienne, la technique employée est celle décrite par Brewer (1960) et LEACH (1962) in LOUBELO (1992), qui consiste à mesurer la croissance linéaire et diamétrale des colonies à l'aide d'une règle graduée selon la formule suivante :

$$L = D-d / 2$$

Où : L : croissance mycélienne D : diamètre de la colonie d : diamètre de l'explant

Afin d'établir la vitesse de croissance en fonction du temps, des mesures journalières du diamètre de la colonie sont effectuées (RAPPILY, 1969).

I.9. Mesure de la sporulation fongique :

On procède à un comptage du nombre total des spores à l'aide d'une cellule de Malassez à raison de 03 comptages par suspension (trois répétitions sont effectuées pour tous les essais). Les valeurs sont exprimées en nombre de spores par unité de surface (mm^2).

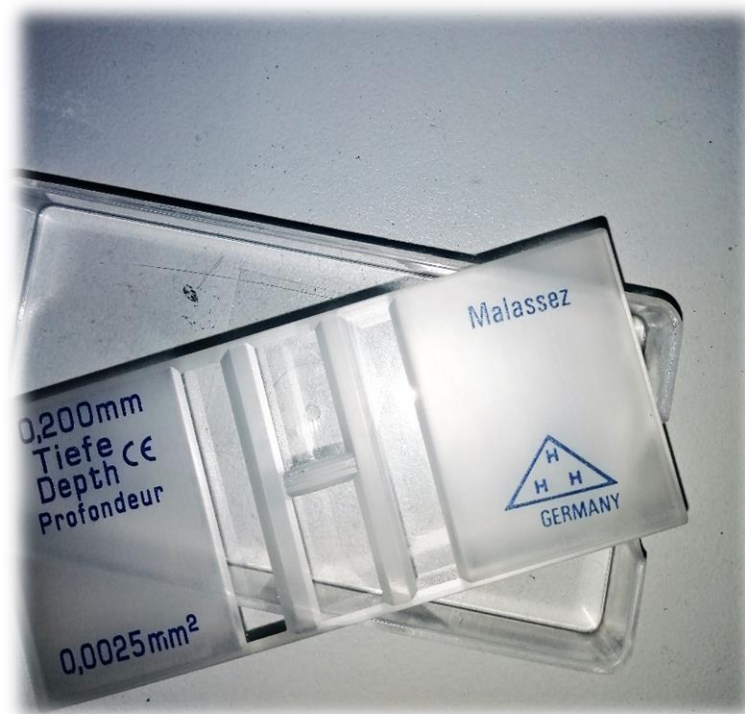


Figure 19 : Cellule de Malassez (originale, 2019)

Pour la préparation de la suspension sporale, (pour déterminer la concentration initiale de chaque isolat), 10ml d'eau distillée stérile est ajouté sur une culture en boîte de pétri, les conidies sont raclées de la surface de la colonie à l'aide d'une pipette pasteur stérile recourbée. La suspension de conidies est collectée et filtrée à travers deux couches de mousseline stérile. (Bassadat Nabahat, 2014).

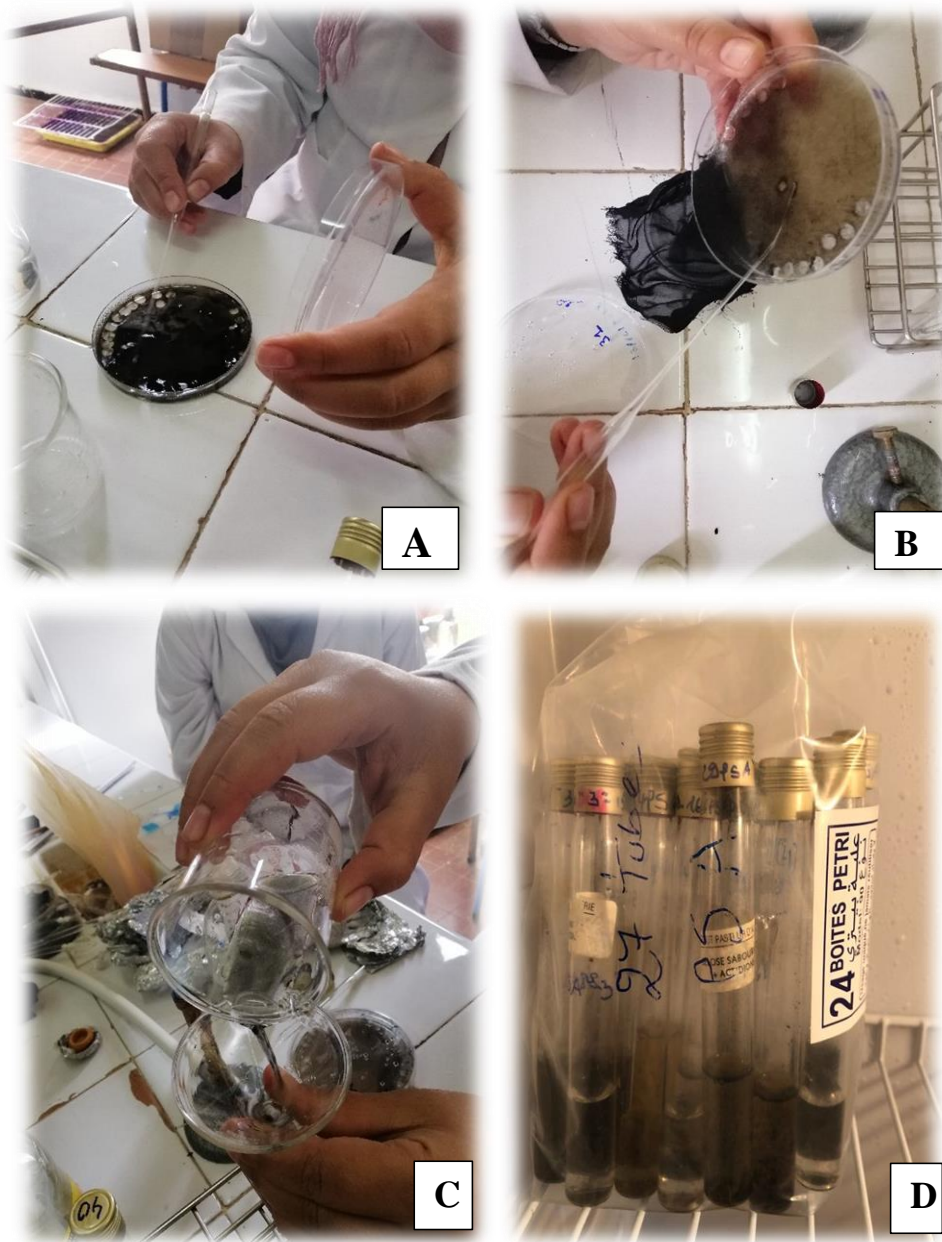


Figure 20 : Etape de la préparation de la suspension sporale A, B, C et D (Originale, 2019).

I.9.1. Calcul de la sporulation :

L'intensité de la sporulation est estimée pour chaque paramètre après 15 jours d'incubation selon la méthode décrite précédemment. Le nombre de spores estimé par colonie et le nombre de spores par unité de surface est calculé (Andersen et Thrane, 1996).

Nous avons calculées la sporulation de chaque milieu.

I.10. Mesure de la taille des conidies

Les spores sont récupérées en versant 10ml d'eau distillé stérile sur des colonies âgées de 15 jours en grattant la surface avec une pipette pasteur stérile recourbée. Les spores sont filtrées à l'aide d'une couche de mousseline stérile pour éliminer les fragments mycéliens. La technique consiste à déposer une goutte de suspension fongique entre lame et lamelle, pour chaque lame, la taille de 30 spores est mesurée grâce aux graduations de l'oculaire. Les mesures effectuées doivent ensuite être converties en μm en les multipliant par un coefficient dépendant de l'objectif (1 graduation = $1,04\mu\text{m}$).

I.11. Test du pouvoir pathogène

I.11.1. Préparation de la suspension de sporanges :

La suspension de sporanges utilisée pour inoculer les folioles de pomme de terre est la même utilisée pour mesurer la sporulation, ceci afin de réactiver son pouvoir pathogène.

I.11.2. Matériel végétal

Les folioles sont prélevées sur des plantes de pomme de terre de deux variétés les plus cultivées dans la région de Mostaganem : « Spunta et Bartina ».

Les tubercules sont cultivés en plein champs dans la commune de Kheir eddine douar Amarna, le semi est réalisé le 29 Janvier 2019. Aucun traitement n'été appliquer.



Figure 21 : Références sur le type de variété de pomme de terre cultivé lors de notre étude (Originale, 2019)

I.11.3. Préparation des folioles

Les folioles sont prélevées sur différentes plantes et à différentes hauteurs sur la plante pour obtenir un échantillon représentatif.



Figure 22 : Culture de pomme de terre variété Bartina (Originale, 2019).



Figure 23 : culture de pomme de terre variété Spunta (Originale, 2019).

I.11.4. Préparation de l'inoculum :

L'inoculum fongique est préparé à partir de cultures âgées de 10 jours sur milieu PDA. Les colonies sont inondées avec 10 ml d'eau distillée stérile contenant 0.01% de Tween 80 (polyxyethylene sorbitan monolaurate) comme agent mouillant. La concentration en spores est déterminée au microscope à l'aide de la cellule de Malassez puis ajustée à 10^5 spores/ ml (Brame et Floode, 1983).

I.11.5. Inoculation des feuilles détachées

Les feuilles avec pétioles choisis sont saines, désinfectées à l'éthanol 70%, rincées à l'eau distillée stérile puis séchées et placées dans des boîtes en plastique sur du coton stérile à raison de 3 folioles par boîte maintenues humides à l'aide de coton humide. 200 µL de suspension sont déposées au centre de la foliole après avoir légèrement blessé celle-ci avec une seringue stérile afin de donner aux isolats un maximum de chances pour infecter les tissus, les témoins sont traités avec le même volume d'eau distillée stérile.

Trois répétitions sont effectuées pour chaque isolat et chaque variété de pomme de terre. Les boîtes sont placées dans un endroit exposé aux rayons de soleil au laboratoire à température ambiante (19 à 20°C) jusqu'à l'apparition des symptômes typiques de la maladie identiques à ceux observés au champ.

I.11.6. Evaluation de l'agressivité des différentes espèces sur folioles détachées

L'intensité de l'infection est évaluée en utilisant l'échelle décrite par Boedo et al ; 2012, basée sur des notes allant de 0 à 5 en fonction du pourcentage de l'infection pour chaque foliole, comme suite dans le tableau 6.

Tableau 6 : Echelle de l'intensité de l'infection (Boedo et al ; 2012)

Notes	Pourcentage de l'infection
0	Pas de symptôme pathologique visible
1	10% de surface de foliole attaquée
2	11% à 25% de surface de foliole attaquée
3	26% à 50% de surface de foliole attaquée
4	51% à 75% de surface de foliole attaquée
5	>75% de surface de foliole attaquée

I.11.7. Ré-isolement du pathogène

Un ré-isolement de pathogène à partir des feuilles inoculées artificiellement sur milieu a été effectué et les cultures résultantes ont été comparées à la culture d'origine afin d'établir un postulat de Koch.

Chapitre II :

Résultats et discussion

II.1. Identification morphologique et étude des caractères cultureux

Dans le cadre de ce travail, l'évolution phénotypique de 30 isolats a été suivie dans le but d'identifier des caractéristiques culturelles de cet agent fongique

Les caractères morphologiques du pathogène sont étudiés en culture *in Vitro* et présenté dans les figures 24 et 25. Le milieu PDA a été utilisé pour la recherche des caractères morphologiques des isolats.

II.1.1. Etudes de l'aspect macroscopique

Les caractères macroscopiques des différents isolats sélectionnés ont été étudiés sur milieu PDA après 8 jours d'incubation. Le tableau 6 et la figure 24 (a, b) récapitule l'aspect macroscopique des isolats purifiés : surface, type et couleur des colonies, couleur du revers de la colonie ainsi que la forme de la bordure de chaque souche.

A -Type : Duveteux, avec une croissance cotonneuse=Type 1 ; Duveteux, légèrement sillonné= Type 2 ; Cotonneux avec périphérie légèrement compacte= Type 3 ; Duveteux légèrement sillonné de centre compact= Type4 ; Duveteux apprimé= Type5 ; Cotonneux, subaérien= Type6 ; Mycélium apprimé à ras=Type 7.

B -Couleur : Vert foncé olivâtre=1 ; Vert olivâtre avec un centre foncé=2 ; Vert claire=3 ; sombre au centre et vert olivâtre=4 ; vert foncé avec une surface grisâtre=5 ; Vert olivâtre claire avec une surface grisâtre=6 ; Gris foncé avec un centre blanc et surface grisâtre =7 ; Vert olivâtre avec un centre gris claire=8 ; Olivâtre avec centre brun et une surface grisâtre=9 ; Grise foncée avec un fond noirâtre=10 ; Beige avec un centre brun claire=11

C-Bordure : Irrégulière, compacte de couleur claire=1 ; Irrégulière, avec anneaux concentriques olivâtres clairs et gris=2 ; Régulière avec une marge de couleur claire=3 ; Régulière avec des anneaux concentriques, périphérie blanche ou grise=4, Régulière, cotonneuse avec une périphérie de couleur claire=5 ; Régulière avec une marge de couleur claire=6 ; Irrégulière légèrement compactes de couleur foncé=7.

D-couleur de l'envers de la colonie : Brune avec une marge grise claire=1 ; Centre brun foncé avec une marge de couleur claire=2 ; Grise foncé avec une marge grise claire=3 ; Centre brun avec une marge de couleur claire=4 ; Marge beige avec centre brun claire=5 ; Grise claire avec un centre brun foncé=6 ; Grise foncé=7 ; Noirâtre=8.

Tableau 6 : Aspect des colonies de *Alternaria sp.*

isolat	type	Couleur	bordure	Couleur de l'envers
1	1	2	3	3
2	3	6	1	5
3	8	6	2	4
4	1	7	3	5
5	2	6	6	1
6	1	8	3	7
7	5	2	2	4
8	6	9	5	4
9	5	7	3	3
10	4	5	6	7
11	3	8	5	3
12	5	7	4	6
13	1	7	5	3
14	4	5	1	6
15	3	10	5	3
16	3	5	4	8
17	2	4	6	2
18	2	6	3	1
19	6	9	3	3
20	3	4	4	3
21	6	6	5	1
22	6	6	3	3
23	4	1	2	3
24	3	9	7	4
25	4	11	4	5
26	5	4	3	2
27	5	4	4	2
28	4	6	4	4
29	4	11	4	5
30	1	3	5	4

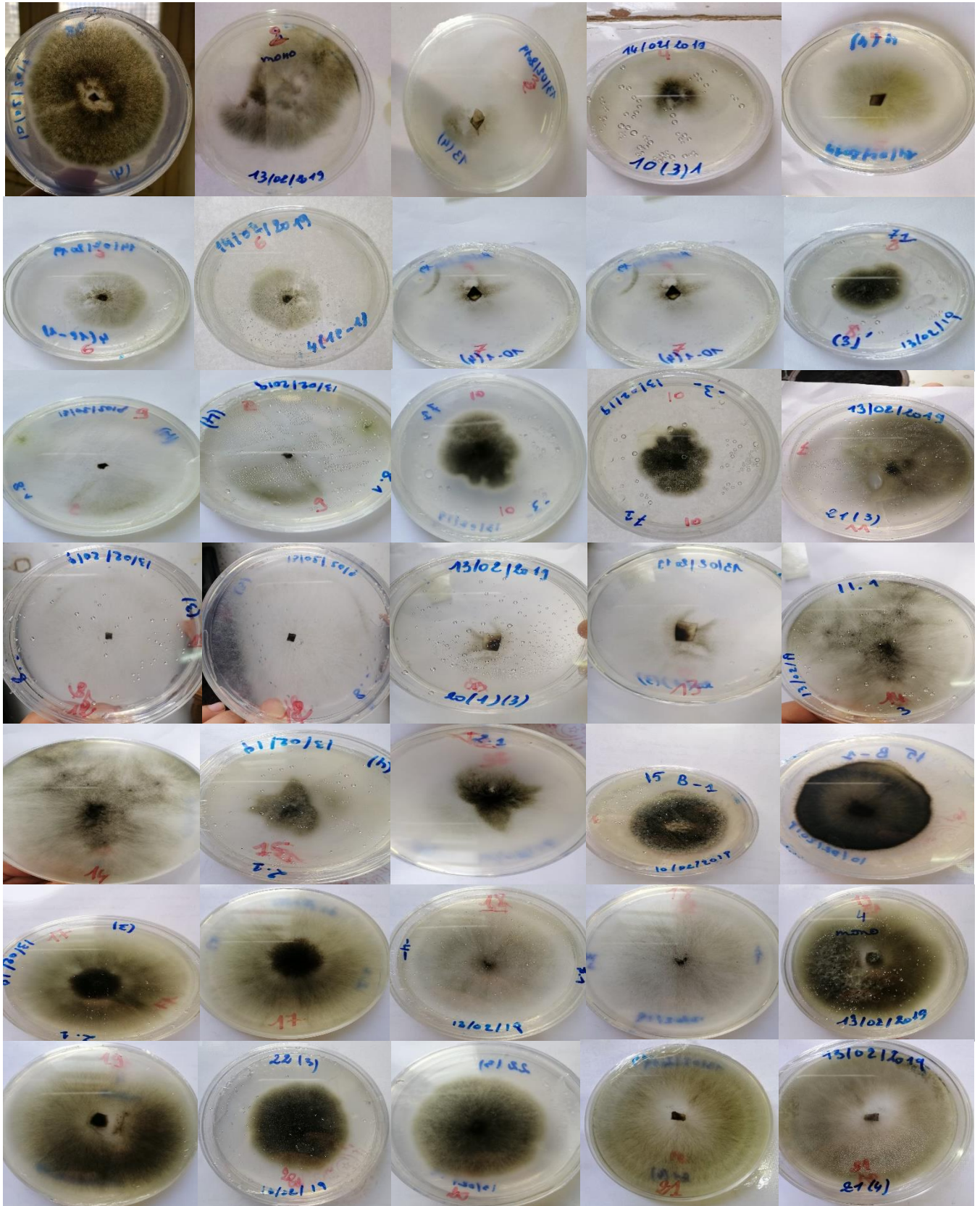


Figure 24 (a) : Aspect des colonies de *Alternaria* sp cultivées sur milieu PDA (Originale, 2019).

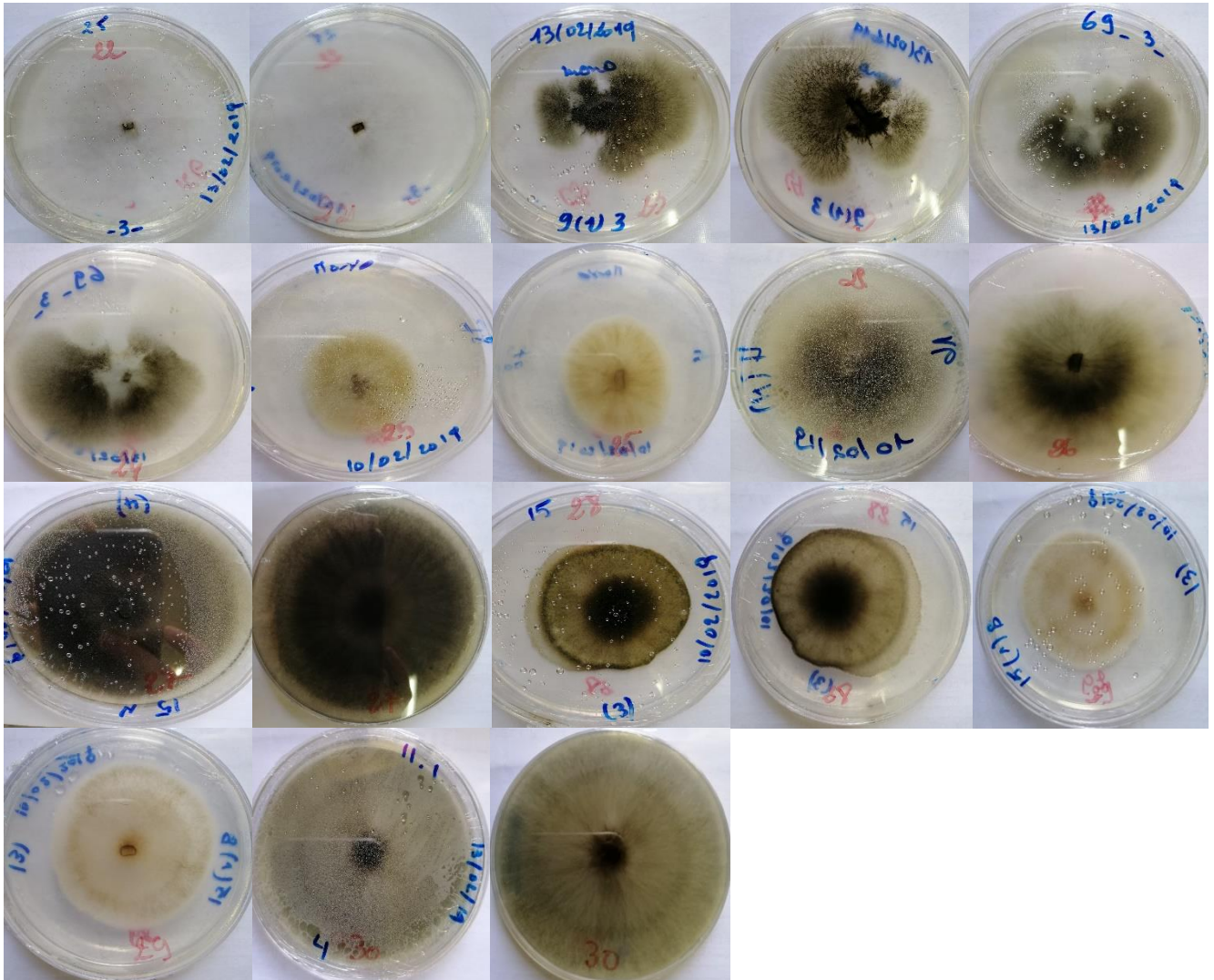


Figure 24 (b) : Aspect des colonies de *Alternaria sp* cultivées sur milieu PDA (Originale, 2019).

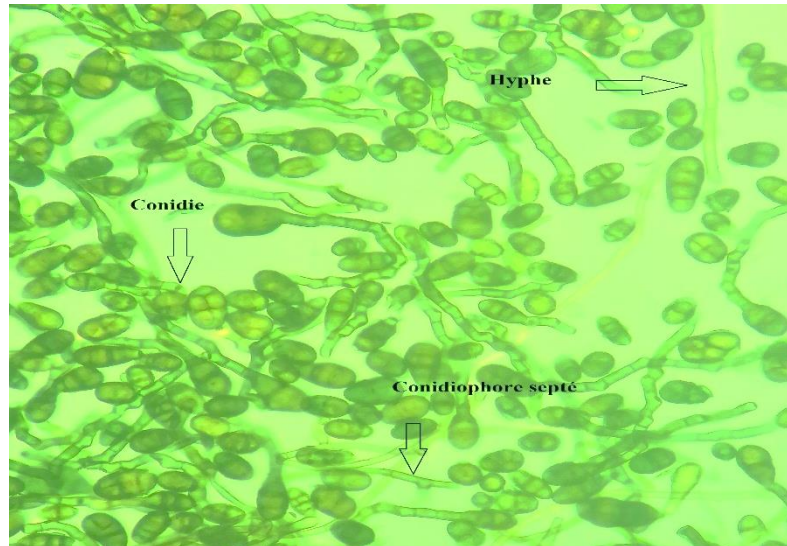
Les résultats ont révélé une variation considérable entre les caractères morphologiques. La couleur de la colonie varie du clair au foncé à une teinte olivâtre verdâtre et grisâtre ou même brune. La majorité des colonies ont un aspect duveteux ou cotonneux, avec variations de la croissance mycélienne et des bordures régulières et irrégulières avec présence ou absence de zones concentriques chez certaines colonies. Ces résultats sont conformes avec ceux de Nabahat, (2014).

II.1.2. Etude de l'aspect microscopique :

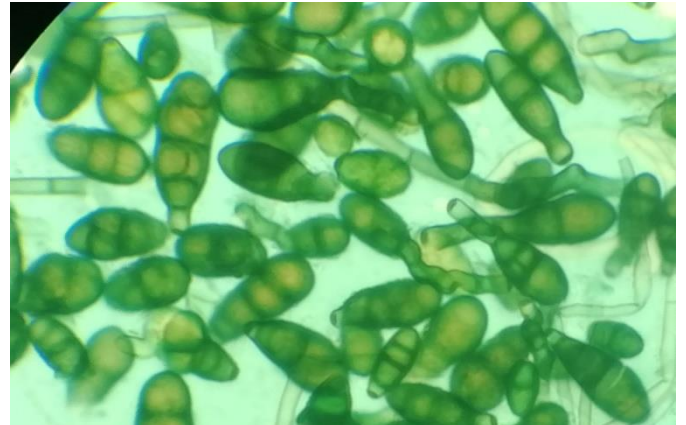
L'étude microscopique porte sur l'observation des structures caractéristiques des 30 isolats phytopathogènes sélectionnés (conidiophores, conidies, mycélium).

Les conidies sont parfois ovoïdes parfois elliptiques. Elles portent souvent à leur extrémité un bec conique à cylindrique, brun et court. Ces spores asexuées sont pluricellulaires : elles sont

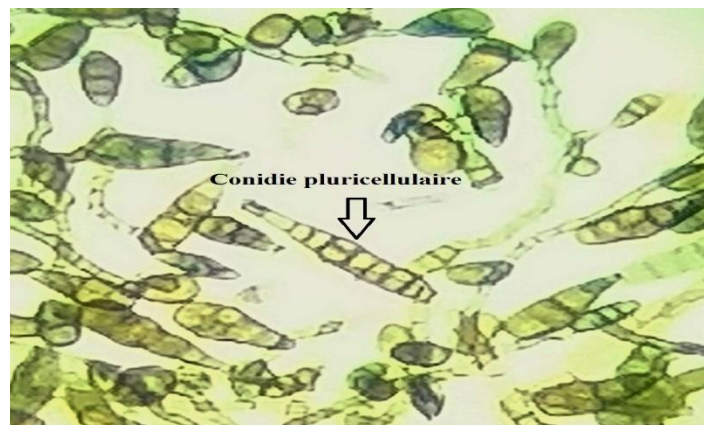
divisées par des cloisons (ou septas) transversales et/ou longitudinales (on dit qu'elles sont obclavées). Les chaînes de conidies (simples ou ramifiées) sont produites à l'extrémité de bâtonnets marrons appelés conidiophores. Les conidiophores sont simples, lisses, parfois ramifiés, courts ou allongés (figure 25).



Mycélium de *Alternaria sp*



Conidie de *Alternaria Sp*



Conidie pluricellulaire de *Alternaria sp*

Figure 25 : Caractérisation microscopique de *Alternaria sp* (Originale, 2019)

II.2. Effet des différents milieux de base :

Le présent travail avait comme objectif d'évaluer l'effet de différents milieux de culture (PDA, PSA, PCA) sur le développement *in vitro* des mycéliums et le rendement en sporophores de *Alternaria sp*, afin de trouver le milieu idéal pour une bonne culture ; Trente isolats sélectionnés ont été suivis pendant 13 jours.

II.2.1. La croissance mycélienne

Au bout de six jours d'incubation, les boîtes sont totalement envahies par le champignon, avec une vitesse de croissance remarquable. La vitesse variée significativement d'un milieu de culture à l'autre. Le diamètre du mycélium le plus élevé a été observé sur le milieu PCA avec une moyenne maximale de 3,031 cm, suivi du milieu PDA (2,958 cm) ; L'inoculum ayant le plus court mycélium est observé sur le milieu PSA avec une valeur maximale de 1,993cm (Figure 26); D'après la figure si dessous (Figure 27) nous avons remarqué que la croissance mycélienne est remarquable dans milieu PSA après 6^{ème} jours d'incubation et jusqu' au 13^{ème} jour contrairement au PCA et PDA.

Le taux de croissance le plus élevé est obtenu chez les isolats 26, 23, 27, et le plus faible chez les isolats 20, 18, 1(annexe1).

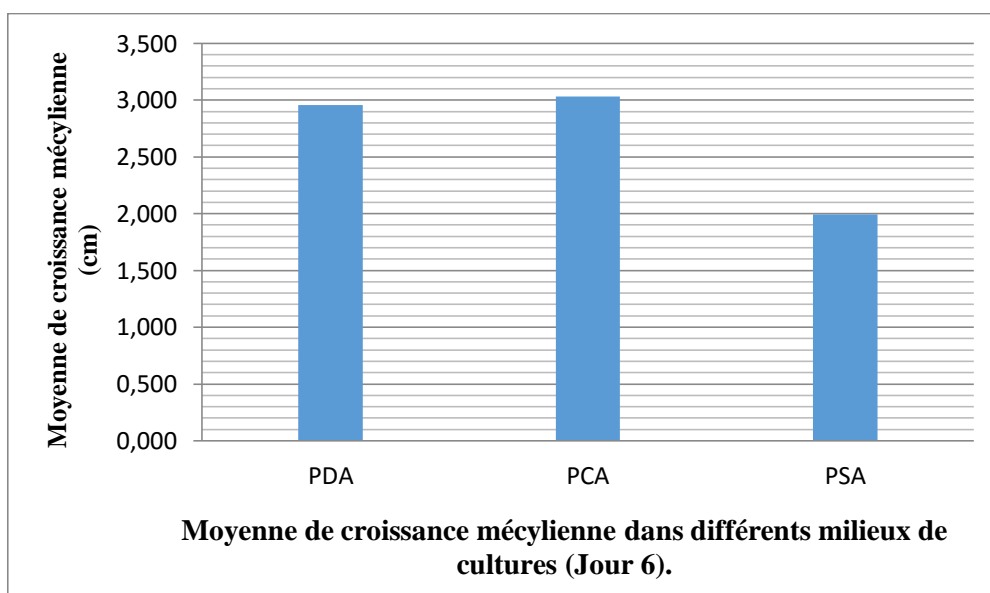


Figure 26 : Moyennes de croissance mycélienne dans différents milieux de culture (jour6).

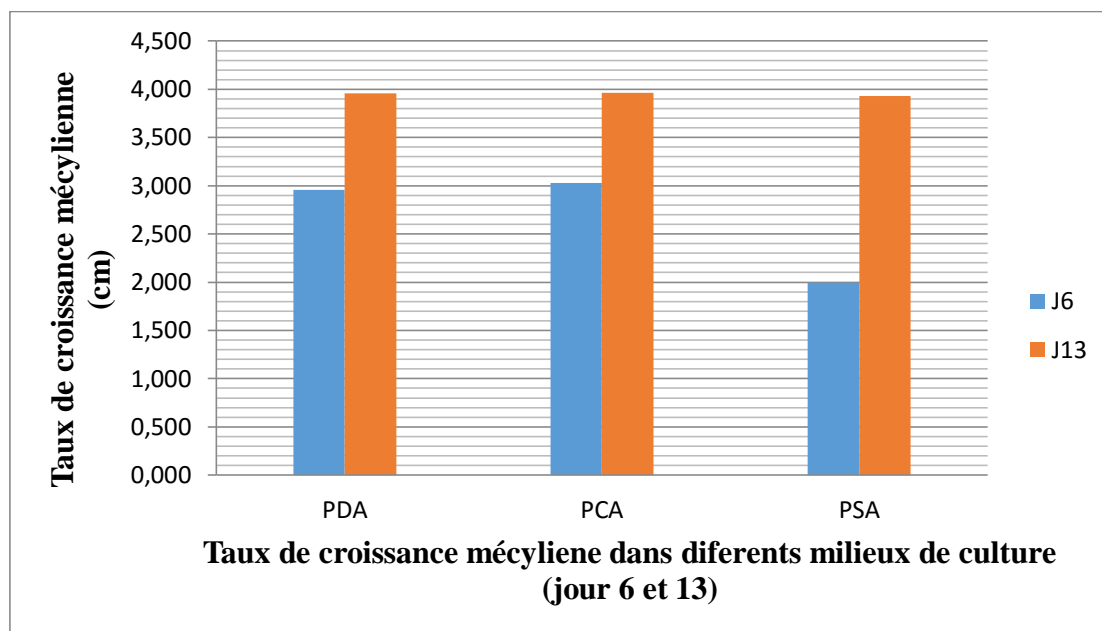


Figure 27 : Comparaison entre le développement mycélien de *Alternaria sp* entre le 6^{ème} jour et le 13^{ème} jour.

II.2.2. Le rendement en sporophores :

L'ensemble des résultats sont représentés sur l'annexe 3 et sur la figure 28; Le milieu PDA s'avère plus favorable à la sporulation de *Alternaria sp* par rapport aux autres milieux testés avec une valeurs optimale de 0.52×10^6 spores/ml, suivi par PSA 0.44×10^6 spores/ml, alors que le milieu PCA est le plus faible avec une valeur de 0.20×10^6 spores/ml . Ces résultats sont concordant avec ceux obtenus par Ndiogou gueye et al(2016) qui affirment que le milieu PDA induit la production d'un maximum de spores par le champignon.

Une sporulation élevée est observée chez l'isolat 21, tandis que la plupart des isolats, ont une sporulation modérée et une sporulation médiocre à nulle est observée chez les isolats 20, 19, 15, (Annexe 3).

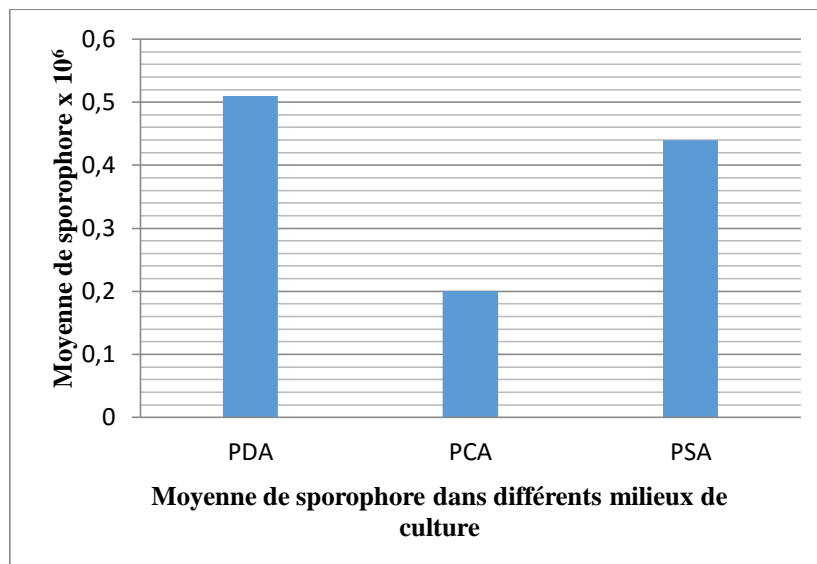


Figure28 : Moyenne de sporophores de *Alternaria sp* sur différents milieux de cultures PDA, PCA et PSA.

II.3. La taille des conidies :

Cette étude a porté sur la longueur et la largeur de 30 conidies par isolat ; elle est réalisée à l'aide d'un oculaire micrométrique (microscope préalablement étalonné) (Figure 29)

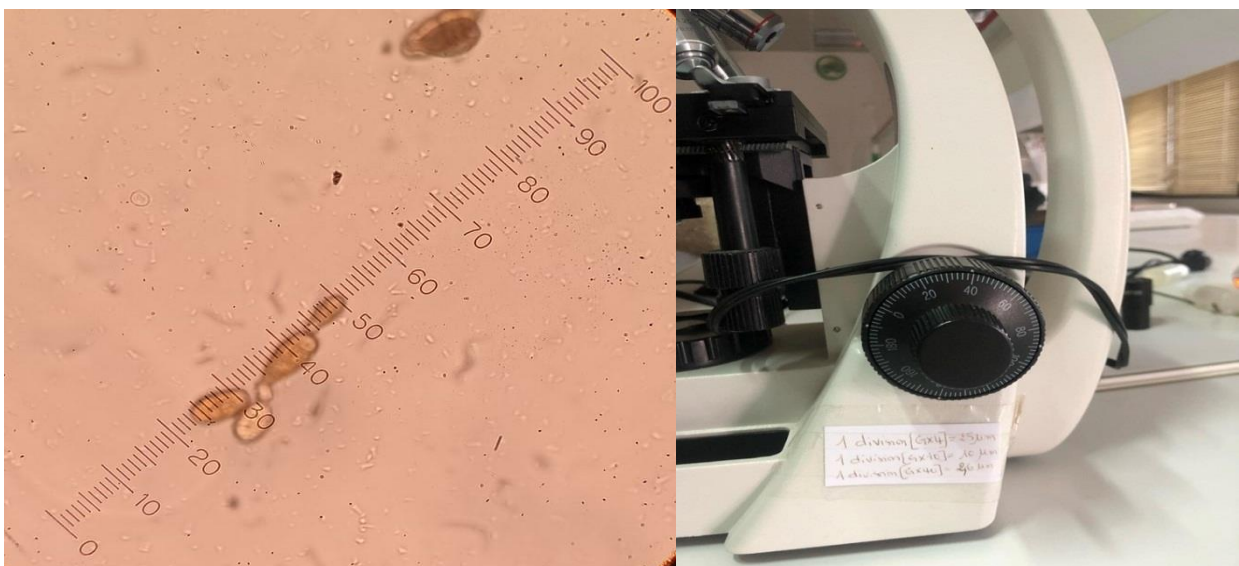


Figure 29 : Mesure de la taille des conidies à l'aide de l'oculaire micrométrique et microscope étalonné (Originale, 2019)

Le tableau 7 donne la longueur et la largeur moyenne et l'intervalle de mesure des conidies de chaque isolat.

Tableau 7 : longueur et largeur moyenne et l'intervalle de mesure des conidies de chaque isolat.

Isolats	Longueur (µm)		Largeur (µm)	
	moyenne	gamme	moyenne	gamme
1	24.96	18.2-39	10.74	5.2-13
2	27.12	15.6-44.2	11.18	5.2-15.6
3	19.76	13-23.4	9.01	5.2-13
4	24.25	15.6-39	9.44	5.2-13
5	28.24	15.6-44.2	10.05	5.2-13
6	28.6	15.6-44.2	9.02	5.2-15.6
7	31.54	20.8-41.6	10.66	7.8-15.6
8	30.07	15.6-44.2	11.52	7.8-15.6
9	30.16	20.8-41.6	10.74	7.8-15.6
10	25.22	13-41.6	10.92	5.2-15.6
11	27.66	18.2-46.8	10.66	7.8-15.6
12	33.02	18.2-46.8	10.92	5.2-15.6
13	29.48	15.6-46.8	10.74	5.2-15.6
14	24.43	10.4-39	10.22	5.2-15.6
15	25.4	15.6-36.4	9.36	5.2-13
16	24.7	10.4-39	9.36	5.2-13
17	24.96	15.6-39	9.53	5.2-15.6
18	31.54	18.2-44.2	9.79	5.2-15.6
19	26.86	18.2-39	11.87	7.8-15.6
20	-	-	-	-
21	28.68	18.2-41.6	10.22	5.2-15.6
22	27.38	13-41.6	9.62	5.2-15.6
23	36.74	18.2-54.6	11.09	7.8-15.6
24	26.78	18.2-39	10.48	5.2-15.6
25	25.13	15.6-36.4	9.79	5.2-15.6
26	25.30	10.4-41.6	9.88	5.2-15.6
27	26.44	15.6-39	8.85	5.2-15.6
28	32.22	15.6-46.8	11	7.8-15.6
29	27.99	15.6-41.6	11.7	7.8-15.6
30	26	13-39	10.48	5.2-15.6
Moyenne	-	15.25-39.78	-	5.75-14.56

Selon le tableau 7, on remarque une variation remarquable entre les tailles de différentes conidies, cette dernière varie entre 39.78 μm à 14.56 μm x 15.25 μm à 5.75 μm ; La longueur maximale est de 54.6 μm observée chez l'isolat 23 alors que la longueur minimale est de 10.4 μm observée chez les isolats 14, 16 et 26, alors que la moyenne la plus élevée est de 32.22 μm enregistrée chez l'isolat 28 et la moyenne minimale est de 19.76 μm enregistrée chez l'isolat 3.

La largeur maximale est de 15.6 μm est observé chez la majorité des isolats alors que la valeur minimale est de 5.2 μm aussi observée chez la majorité des isolats ; Pour la moyenne, la valeur la plus élevée est de 11.87 μm enregistrée chez l'isolat 19 et la moyenne minimale est de 8.85 μm enregistrée chez l'isolat 27.

NB : l'isolat 20 n'a produit aucune sporulation.

On déduit de l'étude morphologique et ces mensurations que les isolats sont produits de petites spores, on peut dire donc que le champignon appartient probablement à la section de *Alternaria alternata* mais les résultats sont à confirmer par un examen moléculaire.

II.4. Test du pouvoir pathogène

La détermination du pouvoir pathogène de *Alternaria sp* sur folioles de deux variétés de pomme de terre permet de classer les variétés suivant leur niveau de résistance. La sévérité des symptômes exprimée selon « l'échelle de notation de l'incidence de la maladie » (Ganie et al, 2013) est plus élevée pour la variété Spunta (Sp). En conséquence, cette variété est considérée comme la moins résistante ; Tandis que la variété Bartina (Ba) présente un niveau de résistance plus élevé par rapport aux variétés testées (annexe 4). Ce classement obtenu est globalement conforme à celui publié par Mlle Zerigui fayza et Mlle Mouzaoui ,2018 .

Le début d'apparition des symptômes foliaires a été observé à partir du 2^{ème} jour après inoculation chez la variété Spunta (sp) ; Toutefois sur Bartina les symptômes sont apparus 3 à 4 jours après l'inoculation. Les symptômes observés sont des nécroses brunes avec un halo jaune, augmentant progressivement et couvrant la surface maximale des folioles par rapport aux échantillons témoins non inoculés (Figure 30 et 31).

Le test de pathogénicité a montré une variation dans le degré d'agressivité des différents isolats testés et leur capacité à produire des lésions ; les isolats 21, 24, 23, 28, 25, 17, 11, 8, 3 ont montrés une capacité relativement forte à produire des infections sur folioles, alors que l'isolat 20 et le témoin non inoculé ne présentaient aucun symptôme de l'alternariose (Annexe4).

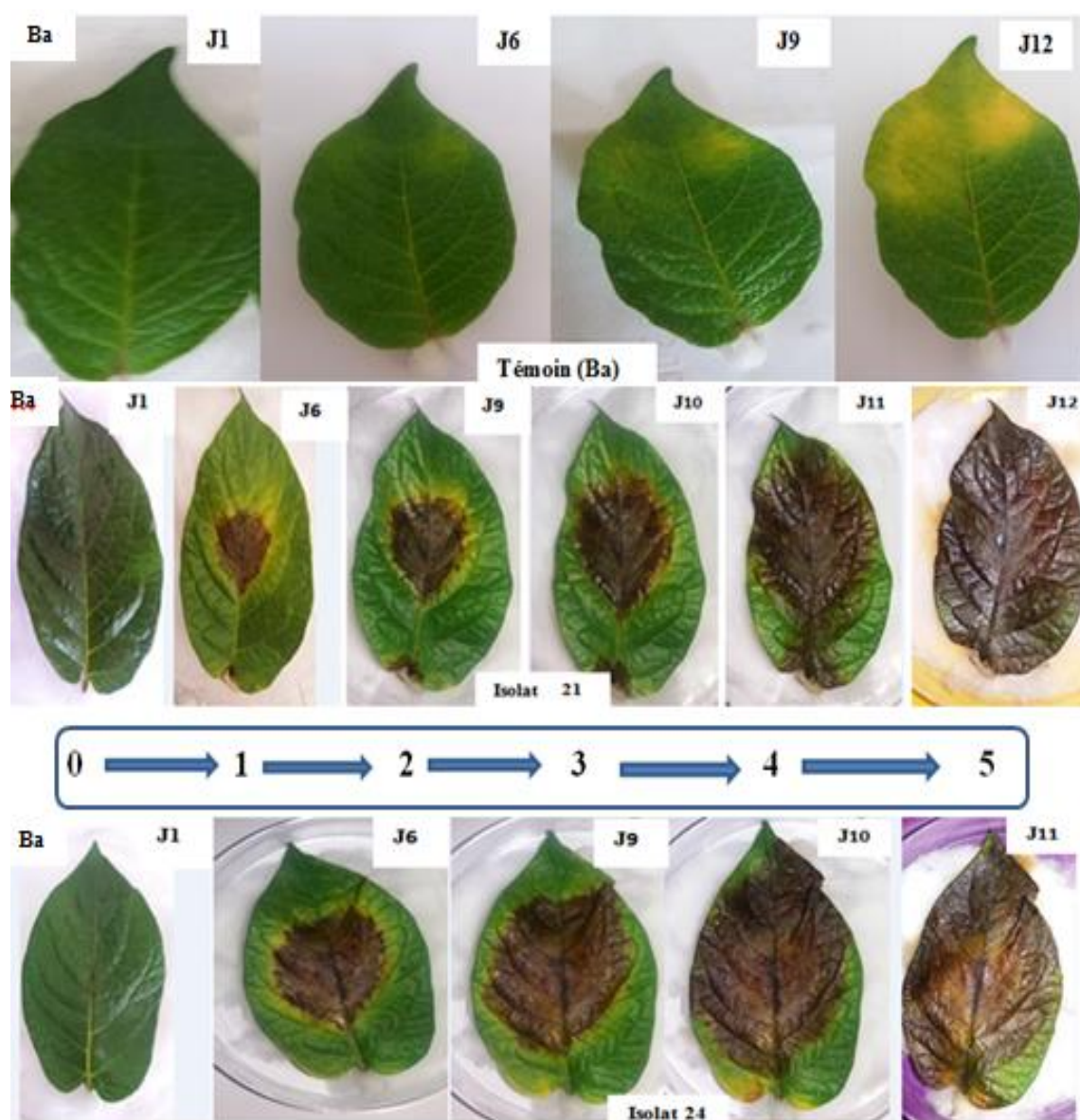


Figure 30 : Sévérité des différents isolats sur foliole de la variété Bartina (Ba) de pomme de terre selon l'échelle de notation [0 – 5] de l'incidence de la maladie (Originale, 2019).

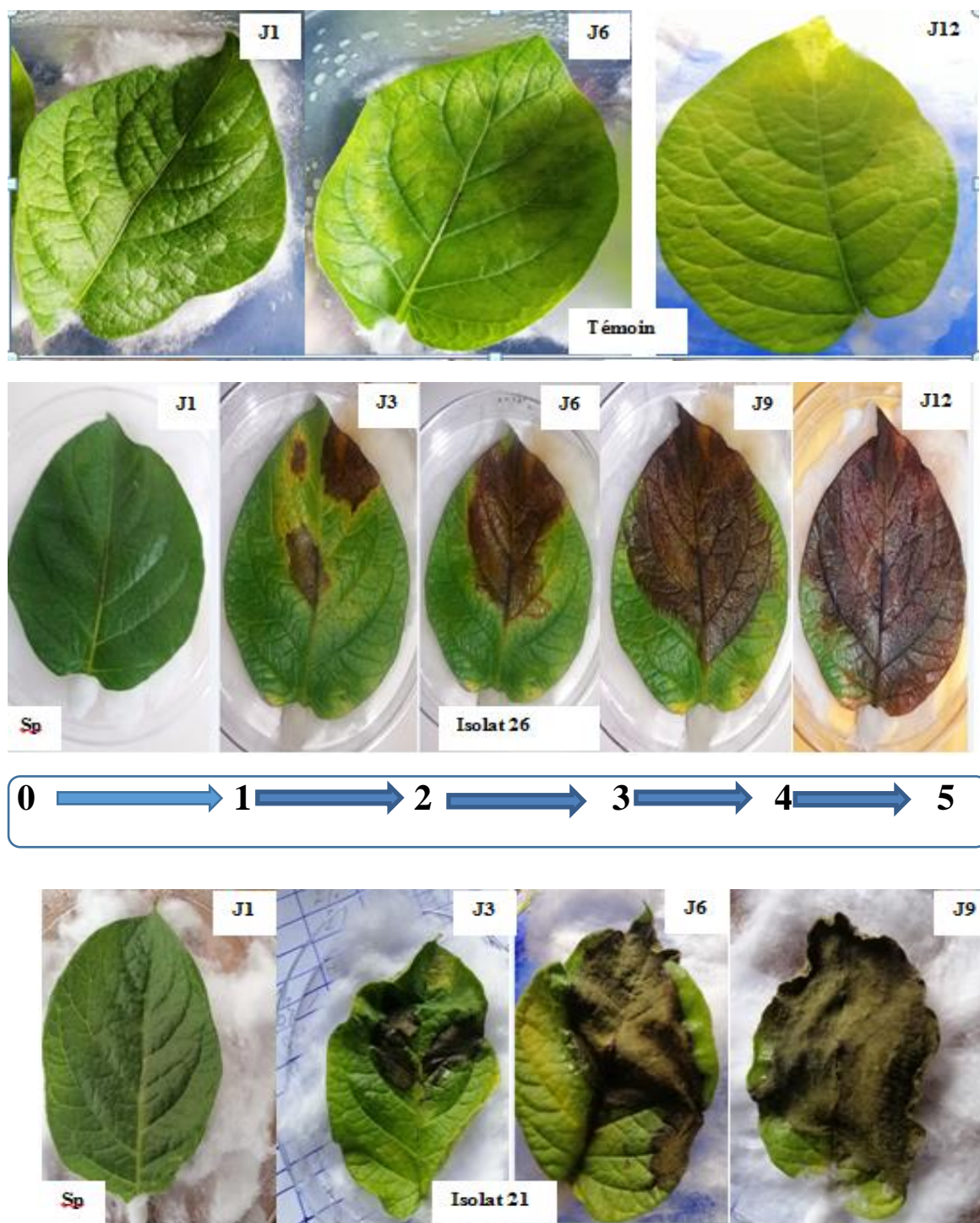


Figure 31 : Sévérité des différents isolats sur foliole de la variété Spunta (SP) de pomme de terre selon l'échelle de notation [0 -5] de l'incidence de la maladie (Originale, 2019).

II.4.1. Postulat de Koch :

Le ré-isolement à partir de folioles présentant des symptômes d'alternariose et la comparaison entre l'aspect macroscopique du champignon à partir duquel l'inoculum a été préparé et le champignon obtenu après le ré-isolement, a révélé qu'il s'agit bel et bien du champignon en question ce qui conforme les postulats de Koch (Figure32).

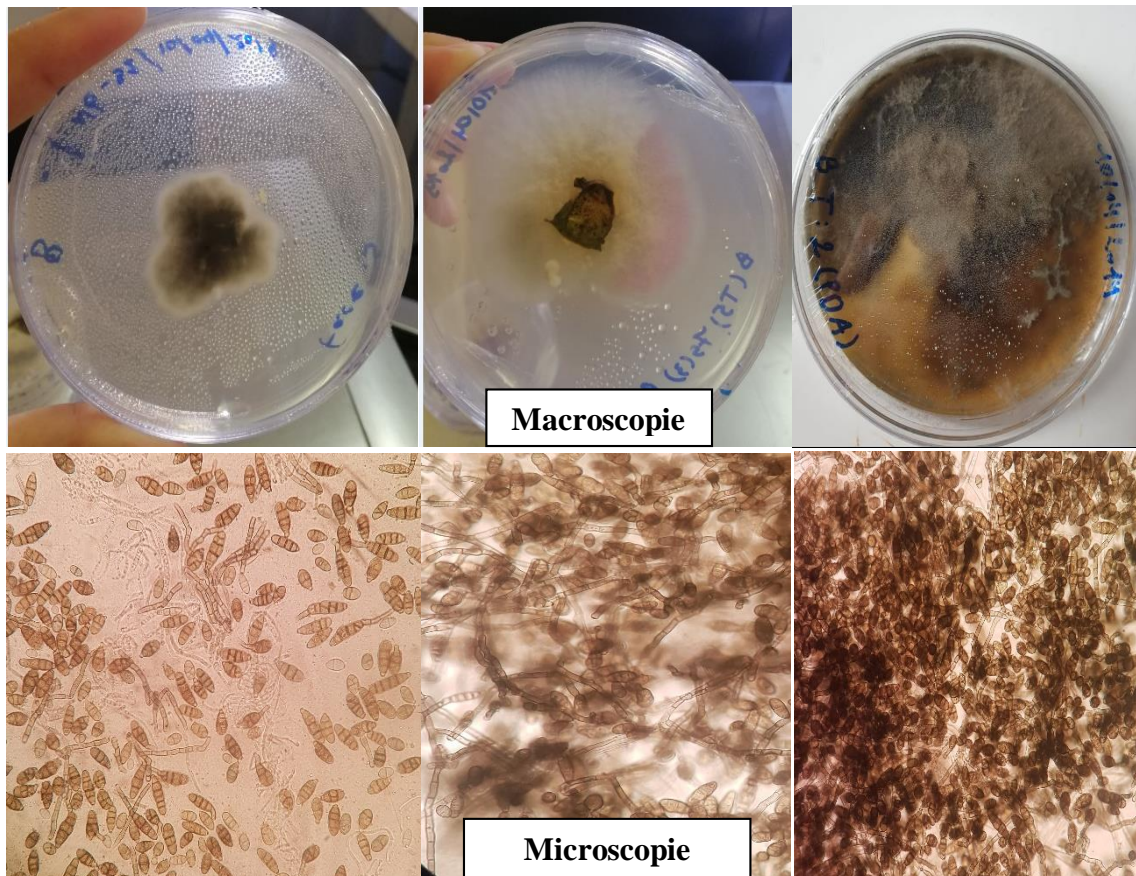


Figure 32 : Ré-isolement du champignon *Alternaria sp* à partir des folioles utilisées au teste de pathogénicité (Originale, 2019).

II. Discussion :

Notre travail s'inscrit dans le cadre de l'étude de l'évolution phénotypique afin de préciser les caractéristiques morphologiques de l'espèce de *Alternaria sp* agent causale de l'alternariose sur pomme de terre et l'effet de différents milieux de base sur la croissance mycélienne et le rendement de spores ; une étude sur le pouvoir et l'agressivité de l'agent pathogène a été effectuée.

Les observations de l'aspect macroscopique et microscopique sont les mêmes avec celles observées par Nabahat (2014), Mukesh meena, Prashant swaphil et R S upadhyay (2017), qui ont décrit que la couleur des conidies varie du clair au foncé avec une teinte olivâtre verdâtre brune ou grisâtre. La majorité des colonies ont un aspect duveteux ou cotonneux, de légères variations de la croissance mycélienne avec des bordures régulières ou irrégulières, avec ou sans zones concentriques. Une couleur grise à brune et verdâtres clairement visible à partir de la face inférieure des colonies. Ces observations sont en accord avec celles de Pusz et al (2009) qui avait rapporté que la couleur des colonies de *A. alternata* isolé, d'*Amaranthus retroflexus* varie du gris clair au gris foncé. De même, Rai et kumari et al. (2009) ont observé différents isolats de *A.alternata*, les colonies avaient une texture cotonneuse à compacte et dense avec couleur claire à noir foncé.

Les tailles moyennes des conidies de nos isolats sont presque identiques à celle signalées par Bessadat nabahat (2014). Les mensurations ont donné une taille moyenne de 39.78 µm à 14.56 µm x 15.25 µm à 5.75 µm ; qui affirment que sont des espèces appartenant à la section *alternata*.

La croissance mycélienne et la sporulation des isolats sont influencées par la composition des milieux de culture ; PCA et PDA s'avèrent plus favorables à la croissance mycélienne et la production des spores alors qu'une faible croissance a été notée sur le milieu PSA ; Ces résultats sont corroborés par ceux de Benichou, 2011 et Benada, 2010 et Ndiogou gueye 2016.

Concernant le taux de virulence des isolats, les résultats sont similaires à ceux de Droby et al (1984) ; des pourcentages élevés de nécrose presque similaires pour la majorité des isolats. Ces mêmes résultats sont signalés aussi par Mirkarimi et al ; (2013), qui indiquent que *A. alternata* et *A. tenuissima* constituent l'agent causal de taches brunes sur le feuillage de pomme de terre.

Conclusion générale

Conclusion

Les pays du Maghreb et en particulier l'Algérie ; où la culture de pomme de terre occupe une place économique très importante sont confrontés à une recrudescence des alternarioses de la pomme de terre causées par *Alternaria sp.*

Cette maladie est favorisée par les conditions climatiques de notre pays à savoir : une température optimale durant toute l'année et un taux d'humidité croissant, permettant le développement des champignons.

Dans le cadre de notre étude et afin de mettre en évidence les caractéristiques morphologiques et culturales ; le pouvoir pathogène de *Alternaria sp* sur deux variétés de pomme de terre a été mis au point. Les résultats obtenus relatifs au pathogène responsable de l'alternariose, pourraient être utilisés dans la prévention contre cette maladie.

L'identification du genre *Alternaria* est basée sur les caractéristiques phénotypiques du thalle et des spores ; L'espèce *alternata*, est celle qui ressort après l'étude des isolats.

Un rendement élevé en sporophores et une meilleure croissance mycélienne sont observées respectivement sur milieux de culture PDA et PCA.

Diverses expériences sont réalisées pour analyser la virulence de *Alternaria sp* ; dans une étude préliminaire, nous avons réalisé des essais de pathogénicité sur des folioles détachées blessées de deux variétés de pomme de terre afin d'évaluer le taux de sévérité et l'indice de maladie ; Les résultats ont montrés que l'agressivité (la sévérité) de certains isolats est plus élevée que d'autre et la variété Bartina est plus résistante que la variété Spunta.

Enfin les résultats obtenus lors de notre étude nous ont permis de comprendre le développement de l'alternariose dans les milieux *in vitro*, et d'acquérir des connaissances sur cette maladie en Algérie, en particulier au niveau de la wilaya de Mostaganem, ainsi que pour chercher des méthodes de lutte afin de préserver les cultures susceptible a cette maladie.

Références bibliographiques

- **Agrios, G N.** 2005. Plant pathology Ed.5thEd. Elsevier, London. 922 :455
- **Alilat Y,** 2017. Pomme de terre : La spéculation à l'origine de la hausse des prix. Le quotidien d'Oran. 31 Janvier 2017. N°6748. P3
- **Andersen, A ; Thrane, U.** 1996. Differentiation of *Alternaria infectoria* and *Alternaria alternata* based on morphology, metabolites profiles and cultural characteristics. Can. J. Microbiol. 42 :685-689.
- **André. Ch.**2016. Le point sur L'alternariose de la pomme de terre. Grangeneuve Institut agricole de l'Etat de Fribourg IAG Séances phytosanitaires.
- **Anonyme.** 1994. Munsell Sou Color Charts. Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation.
- **Anonyme.,** 2000. Histoire de la pomme de terre, Fédération des producteurs de pomme de terre de Québec CF.PPTQ : www.fpptq.aq.ca.
- **Bamouh H.,** 1999. Technique de production la culture de pomme de terre. bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA. N° 58. p.p.1-15
- **Banks E. (Ed),** 2004. *Alternaria* Brown Spot (*Alternaria alternata*). Dans *Potato Field Guide - Insects, Diseases and Defects*. Publication 823. Ministry of Agriculture and Food, Ontario. p. 60-61.
- **Barkai-Golan, R.,** 2008. *Alternaria* mycotoxins. In: *Mycotoxins in fruits and vegetables*. Eds Barkai-Golan R and Nachman P. Academic Press, San Diego, CA, USA. 185-203
- **Barnett. HL, Barry .B, Hunter.**1972. Illustrated genera of imperfect fungi. 209P
- **Basu. PK.**1974. Measuring early blight, its progress and influence on fruit losses in
- **Bedrane Mohamed amine,** 2017 : Rhizoctone brun de la pomme de terre <https://agronomie.info/fr/rhizoctone-brun-de-pomme-de-terre/>.
- **Benada. M.**2010. Etude de la variabilité phénotypique du champignon *alternaria dauci* pathogènes des *apiacées* en vue d'amélioration les méthodes de lutte. Université d'Oran es-senia.
- **Benichou, S., Berryer, R., Bersihand, S., Dongo, A. Simoneau, P. Lecomte, M., Briard , M., le Clerc, MV., Poupard, P.**2011. Evaluatn aggressivences and host ranges of *Alternaria dauci* in a controled envirenment. Plant pathology. 61 : 63-75.
- **Bernhadrs U.,** 1998. La pomme de terre *Solanum tuberosum* L. Monographie. Institut National Agronomique Paris – Grignon.

- **Bernhards U., 1998.** La pomme de terre *Solanum tuberosum* L. Monographie. Institut National Agronomique Paris – Grignon. Bhojwani S.S., 2001. Role of Tissue Culture in Plant Industry. Department of Botany, University of Delhi, India. Bizarri M., Borghi L., Ranalli P., 1995. Effects of activated charcoal effects on induction and development of microtubers in potato (*Solanum tuberosum* L.). In Ann. Appl. Biolo. 127: 175-181.
- **Bessadat N, 2014.** Isolement, identification et caractérisation des alternariasp. Responsables de la détérioration des plantes maraichères par des systèmes enzymatiques et moléculaires. Mémoire doctorat. Université d’Oran.
- **Boedo, C., Benichou, S., Berryer, R., Bersihand, S., Dongo, A. Simoneau, P. Lecomte, M., Briard , M., le Clerc, MV., Poupard, P.2012.** Evaluatn aggressiveness and host ranges of *Alternaria dauci* in a controled envirenment. Plant pathology. 61 : 63-75.
- **Botta, A. Viala, A.2005.** Toxicologie. Lavoisier 2eme édition. Paris 261 :1994 pp.
- **Botton, B. Breton, A. Fevre, M. Gauthier, S. Guy, PH., Larpent, JP.Reymond, P. Sanglier, JJ. Vayssier, Y, et Veau,P. 1990.** Moisissures utiles et nuisibles importance industrielle. Paris Milan Barcelone Mexico. Deuxième édition. PP .93, 191, 139.
- **Bovey R. (1972).** La défense des plantes cultivées traité pratique de phytopathologie et de zoologie agricole. 6 emme ed. Payot Lausnne. Pays.
- **Brame C. & Flood F. 1983.** Antagonism of *Aureobasidium pullulans* towards *Alternaria solani*. Transactions of the british mycological society 81, 621-624.
- **Brewer D. 1960.** Studies in *Asochyta pisi*. Canadian journal de la végétale philosophie mathématique. Classique Hachette.
- **Card S.D., 2005.**Biological control of *Botrytis cinerea* in lettuce and strawberry crops. Thèse de doctorat, Lincoln University, New Zealand, 199 p.
- **Chaumeton H., JUTIER S., FRANGNAUD C, 2006.** La culture de pomme de terre. 93p
- **Chehat, F.2008.** La filière pomme de terre Algérienne une situation précaire ; PP : 113, in journée d’étude sur la filière pomme de terre : situation actuelle et perspective, 18 juin 2008. INRA el-HARRACH, Alger.
- **Chibane A., 1999.** Techniques de production de la pomme de terre au Maroc. Transfert de la Technologie en Agriculture n°52. Bulletin de liaison et d’information du PNTTA.

- **D Darpoux R., Debelley M., 1967.** Les plantes sarclées. Edition. J.B. Baillière et fils france. Collection d'Enseignement Agricole. 307p.
- **Datar, VV., Mayee, CD.1981.**Assessment of loss in tomatoyield due to earlyblight.
- **de pomme de terre. 2006,** Fiches descriptives des maladies et ravageurs de la pomme De terre, FNPPPT (Fédération national des producteursde plants de pomme de terre) p13, p5, p13-14, p17-19, p24, p27, p29, p33-35.
- **Djebbour F Z, 2015.** Evaluation de l'état d'infestation de quelques parcelles par les nématodes à kystes Globodera de la pomme de terre-Enquête sur ces parasites dans la région d'Ain Defla. Mémoire ing. Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana.74p
- **Doré C., Varoquaux F., Coordinateur., 2006 .**Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées RINRA. Ducreux G., De Buyser J., Dodeman V., Haïcour R., 1998. Recherches récentes et biotechnologies de la multiplication végétative. Cahiers Agricultures 1998 ; 7 :447-58.
- **Droby, S. Prusky, D. Dinoor, A. Barkai-Gplan, R. 1984.** Aletrnaria alternata: A new pathogen on stored potatoes, Plant Dis. 86: 160-161.
- **DSA Mostaganem, 2019 :** Direction des services agricole de la wilaya de Mostaganem.
- **Ellis, MB.** 1971. Dematiaceou shyphomycetes. Kew. 608pp.
- **Ellis, MB., Gibson, IAS.**1975.*Alternaria solanino*. 45 sets 48. Common welth
- **Erikson,OE., Hawksworth, DJ., 1991.**Outline of ascomycetes. Syst. ascomycet. 9 : 39-271.
- **FAO, 2015 :** FAO Stat, produit par pays,[http//faostat.fao.org/site/339/default.aspx](http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx).
- **Fiche produit pomme de terre Algérienne, 2013 :** Direction des produits ALGEX, ED: Ministère du commerce « Agence national de Développement et de l'investissement », P1-2, P5, P10, P12.
- **Fries, EM., 1832.** Systema mycologicum..E. Moritz, Greifswald. Vol. 3: 261- 524.
- **Ganie, S. A., Ghani1, M. Y., Qazi, N, Jabeen,N, Anjum, Q., Ahanger1, F. A. and Ayaz,A, 2013.**Status and symptomatology of earlyblight (*Alternaria solani*) of potato (*Solanum tuberosum* L.) in Kashmir valley.African Journal of Agricultural Research.
- **Grison C, 1983.** La pomme de terre caractéristiques et qualité alimentaire. Ed. CSTA. Rue de général Fay. 75008. Paris. 88p.
- **Gwary, DM. Nahunnaro, H.** 1998. Epiphytotics of earlyblight of tomatoes in

- **Harrison J. G., 1992-** Effects of the aerial environment on late blight of potato foliage – a review. *Plant Pathol.*, 41. 384-416.
- **Hassine Marwaa,b***, **Aydi-Ben Abdallah Raniaa,b**, **Jabnoun-Khiareddine Hayfab & Daami-Remadi Mejdab** .2014. Pouvoir antifongique des *Penicillium* sp. et des *Gliocladium* spp. contre *Alternaria solani* in vitro et sur fruits de tomate.
- **HAVERKORTE L et MOUSSAOUI R, 1994.** L'irrigation de la culture de la pomme de terre. Ed. Centre de Recherche Agrobiologique. Pays Bas. 18p.
- **Hawkes J G., 1990.** The potato. Evolution, biodiversity and genetic resources. Londres : Belhaven Press. 259p.
- **Hmouni A., Hajlaoui M.R. and Mlaiki A., 1996 :** Résistance de *Botrytis cinerea* aux benzimidazoles et aux dicarboximides dans les cultures de tomate en Tunisie. *OEPP/EPPO Bulletin*. 1996; 26: 697-705.
- **Hodgson, W.A. et Pond, D.D.,Munro,J., 2012.** Maladies et ennemis de la pomme de terre ; information édifice Sir John Carling Building 930 Carling Avenue Ottawa, Ontario K1A0C ; Digitized by the Internet Archive in 2012 with funding from Agriculture and Agri-Food Canada - Agriculture et Agroalimentaire Canada ; page : 10-11. *Indian phytopathology*. 34 :191-195
- **INRA, 2019 :** <http://ephytia.inra.fr/fr/C/20961/Pomme-de-terre-Phthorimaea-operculella-teigne-de-la-pomme-de-terre>
- **INRA, 2019 :** <http://ephytia.inra.fr/fr/C/21037/Pomme-de-terre-Virus-Y-de-la-pomme-de-terre-PVY>
- **Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles (ITCMI), 1989.** Fiche technique des variétés de pomme de terre cultivées en Algérie.
- **ITCMI. (2010).** Fiche techniques valorisée des cultures maraichères et Industrielles : La culture de tomate : Institut Technique Des Cultures Maraichères et Industrielles. Staoueli- Alger.
- **J.H.C. Woudenberg,^{1,2,*} M.F. Seidl,² J.Z. Groenewald,¹ M. de Vries,¹ J.B. Stielow,¹ B.P.H.J. Thomma,² and P.W. Crous :** *Alternaria* section *Alternaria*: Species, *formae speciales* or pathotypes.
- **Joly, P.1964.** le genre *Alternaria*. Encyclopédie Mycologique, Ed.J.P.
- **Kirk P.M, et al (2019).** Species Fungorum (version Oct 2017). In: Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2019 Annual Checklist (Roskov Y., Ower G., Orrell T., Nicolson D., Bailly N., Kirk P.M., Bourgoin T., DeWalt R.E., Decock W.,

- Nieukerken E. van, Zarucchi J., Penev L., eds.). Digital resource at www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands. ISSN 2405-884X.
- **Lahoual Z, 2015.** Etude diagnostique de la filière pomme de terre dans la région de Tlemcen. Cas de deux fermes pilotes : Hamadouche et Belaidouni. Mémoire master. Université Aboubekr Belkaid. Tlemcen. 95p
 - **Leach C.M. 1962.** The quantitative relationship of UV and visible radiation to the induction of reproduction in *Ascochyta pisi*. Can. J. Bot., 40 : 1577-1602.
lechevalier. Paris.25pp.
 - **l'Illinois Extension, 2017 ;** <https://www.rowlandpub.com/QReX00Yn/>.
 - **Loubelo A.C. 1992.** Contribution à l'étude de la pourriture noir des racines de pois chiche causée par *fusarium solani* (mart) apple UJR caractérisation et pathogénicité thèse ing. Agr Chelef 97p.
 - **Madec P et Perennec, 1962.** Les relations entre l'induction de la tubérisation et la croissance chez la pomme de terre. Ann. Physio. Veg pp 05-83. 35)
 - **Madec P, 1966.** Croissance et tubérisation de la pomme de terre. Bull. soc. Fr. Physio. Veg (12) .pp 159-173.
 - **Maladies et ravageurs pris en compte dans le cadre du contrôle officiel des plants**
 - **Meziane D., 1991. Histoire de la pomme de terre .Detitique n°25 pp : 29.**
 - **Michel, M, 1991.** Maladies et ravageurs de la pomme de terre. Edition TH. Mann. Gelsenkirchen-buer ISBN3-7862-0090-4.Verlagth-mann-nordring 10 D 650gelsenkirchen-buer. Page: 21-22-23.
 - **Mirkarimi, HR. Abasi-moghadam, A. Mozafari, J. 2013.** In vitro and greenhouse evaluation for resistance to early blight of potato isolated from *Aletrnaria atrenata*. Agricultural sciences, 4:473-476.
 - **Mónaco C., Dal Bello., Rollán M.C., Ronco L., Lampugnani G., Arteta N., Ambramoff C., Aprea A., Larran S. and Stocco M. 2009**Biological control of *Botrytis cinerea* on tomato using naturally occurring fungal antagonists. Archives of Phytopathology and Plant Protection. ; 42: 729-737.
 - **Moule C, 1972.** Plantes sarclées et déverses. J-B. Ballière et Fils. Editeur. Paris. 246 p Mycologyca l institut, kew, Surrey, UK.
 - **Mukesh. M Prashant. S et RS Upadhyay, 2017.**Isolement, caractérisation et potentiel toxicologique des *alternaria*-mycotoxines (Tea, AOH et AME) chez différentes espèces d'*alternaria* de différentes régions de l'inde. Sciences reports

volume 7. Numéro d'article 8777. publié 18 aout 2017. Department of botany, institute of science, banarashindu university, varanasi, 221005, india

- **Nasraoui B. 2006 :** Les champignons parasites des plantes cultivées : biologie, systématique, pathologie, maladies. Centre de Publication Universitaire, Tunisie. 456p.
- **Ndiogou Gueye, Mame Arama Fall Ndiaye, Bathie Sarr, Dieynaba Sall Sy, Tahir A. Diop 2016 :** influence in vitro de divers facteurs abiotiques (température, pH, salinité) sur la croissance mycélienne de trois souches locales de *Trichoderma sp.*
- **Neergaard, P., 1945.** Danish species of *Alternaria* and *Stemphylium*: taxonomy, parasitism, economic significance. Oxford University Press, London. 2- à- 287. Ness,
- **Nees , Von Esenbeck, GG., 1917.** System der Pilze Urid schwamme, Wursburg. 234pp3.
ninecultuvars. Can plant Dis Surv. 54:45-51.
No. 6. CBS Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, the Netherlands 775
Northeastern Nigeria. Crop Protection. 17 : 619-624
- **Omafra, 2019** <http://www.omafra.gov.on.ca/IPM/french/potatoes/diseases-and-disorders/alternaria.html>
- **Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Statistiques (FAO.STAT). Statistiques mondiale de pomme de terre.** (www.fao.org/faostat).
- **Pastor, F.J. and Guarro, J. (2008)** *Alternaria* Infections: Laboratory Diagnosis and Relevant Clinical Features. *Clinical Microbiology and Infection*, 14, 734-746.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2008.02024.x>.
Paul, Minnesota. p 326
- **Pusz, W. (2009).** Morpho-physiological and molecular analyses of *Alternaria alternata* isolated from seeds of *Amaranthus*. *Phytopathologia*. 54:5-14.
- **Q Quézel P. Santa .S., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales .Ed .C.N.R.S, Paris. Rabot B., Pasco C., Schmidt J. 1994. Assessing six Austrian potato cultivars for resistance to *Erwinia carotovorum* subsp. *atroseptica*. *Potato Research* 37, 197-203.
- **Rappily F. 1969.** Techniques de mycologie en pathologie végétales. *Ann epiphyties ;* 102p.
- **Rappily, F. 1968.** Les techniques de mycologie en pathologie végétale. *Ann. Epiphyties*, 19 (n° hors-série), 102p .

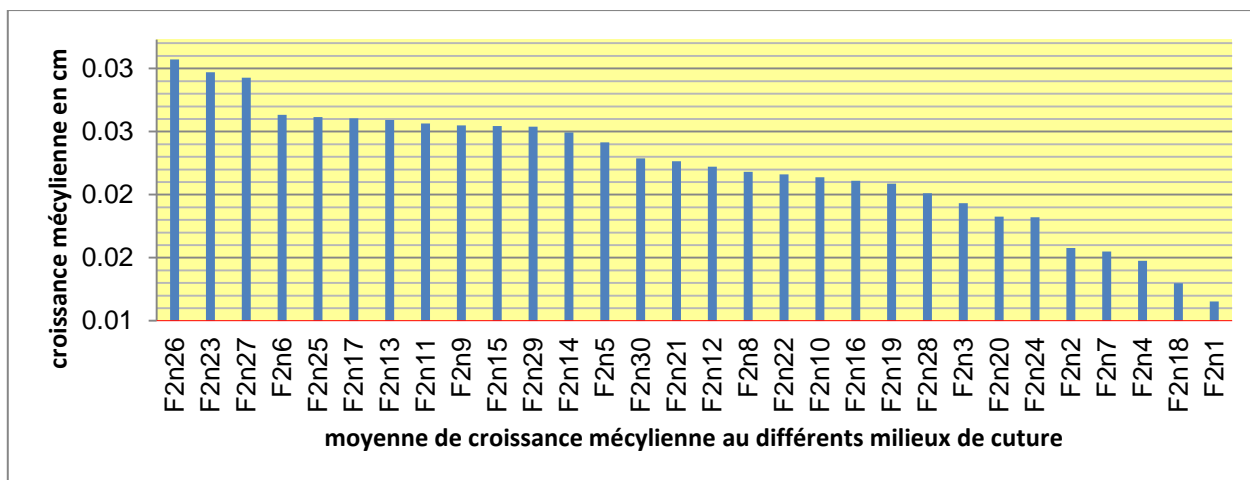
- **Rai, PK. Kumari,L.2009.** Variability in *Alternaria alternata* infecting periwinkle (*Catharanthus roseus*). Progr. Agric, 9:269-272.
- **Richard C. & Boivin G. 1994.** Alternariose (maladie des taches brunes) de la pomme de terre. Dans *Maladies et Ravageurs des Cultures Légumières au Canada*. La Société Canadienne de Phytopathologie et la Société d'Entomologie du Canada, Canada. p. 255. (<http://phytopath.ca/wp-content/uploads/2014/10/MRCLC/ch16-pomme-de-terre.pdf>).
- **Rotem, J. 1994.** The genus *Alternaria*, biology and pathogenecit y. APS press, St.
- **Rousselle P., Robert Y., Crosnier J C., 1996.** La pomme de terre – Production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations. 1 éd. Paris : INRA Editions. P278.
- **Rousselle P., Rousselle B., Ellisseche D ., 1992 .**La. Potato breeding-problems and perspectives. Suppl. 13, j. Plant breed. 132 p.
- **Ryckman, D. 2006.**L’alternariose : le point sur la question.
- **Samson, RA. Hoekstra, ES. Frisvad, JC. Filtenborg, O 2002.** Introduction to food-air borne fungi. 6th ed Utrecht : Central bureau voor schimmel cultures. 379pp.
- **Senthilkumar G., Madhanraj P. and Panneerselvam A., 2011.**Studies on the compounds and its antifungal potentiality of fungi isolated from paddy field soils of Jenbagapuram village, Thanjavur district, and south India. Asian Journal of Pharmceutical Research.; 1: 19-21.
- **Shama HMIRI1, Mohamed RAHOUTI, Zakaria HABIB, Badr SATRANI, Mohamed GHANMI et Mustapha EL AJJOURI :** évaluation du potentiel antifongique des huiles essentielles de mentha pulegium et d’eucalyptus camaldulensis dans la lutte biologique contre les champignons responsables de la détérioration des pommes en conservation
- **Sherf A.F., MacNab A.A. 1986.** Vegetable Diseases and TheirContol. 2 émeed.
- **Si mohamed abdeslem, 2010.** Etude de la compatibilité végétative chez les populations de *Fusarium oxyporum* isolées dans l’ouest Algérien.
- **Simmons, EG. 2007.** *Alternaria*. An Identification Manual. : CBS Biodiversity Series No.6. CBS Fungal Biodiversity Center, Utrecht, The Netherlands. 775pp.
- **Simmons, G.G. 1993.** *Alternaria* themes and variation (63-72). Mycotaxon 48, 109-140.
- **Simmons,EG., 2007.***Alternaria*. An Identification Manual. : CBS Biodiversity Series

- **SI-TAYEB H, 2015.** Les transformations de l'agriculture algérienne dans le perspective d'adhésion à l'OMC. Thèse doctorat. Université Mouloud Mammerie Tizi Ouzou. 270p.
- **Skiredj A., 2007 :** Département d'Horticulture/IAV Hassani ! Rabat ! Maroc
Raisonnement du plan de fumures de la pomme de terre
- **Soltner D., 2005a.** Les grandes productions végétales, phytotechnie spéciale céréales-plantes sarclées-prairies .Collection Sciences et Techniques Agricoles 20eme édition 472P.
- **Soltner D. - 1996 -** Les bases de la production végétale - Tome III : La plante et son amélioration
- **Stevenson W. R., Loria R., Franc G. D. & Weingartner D. P. (Eds) 2001.** Brown Spot and Black Pit. Dans *Compendium of Potato Diseases*. 2e éd. APS Press. The American Phytopathological Society Press, St-Paul, Minnesota. p. 18-19
- **Stevenson, W. R., R. Loria, G. D. Franc, and D. P. Weingartner. 2001.** “Physiological Disorders of Tubers : Internal Symptoms.” In *Compendium of Potato Diseases* (2nd ed.) St. Paul, MN : American Phytopathological Society.
- **Taralova, EH. Schlecht, J. Kobus, B. Barry, MP ., 2011.** Modelling and visualizing morphology in the fungus *Alternaria*. *Fungal pathology*. 115 : 1163-1173.
University. Available at: <http://www.potatodiseases.org/earlyblight.html>.
- **Vloutoglou, I. Kalogerakis, SN. Darras, A. 2000.** Effects of isolate virulence and host susceptibility on development of early blight (*Alternaria solani*) on tomato. *Bulletin- OEPP*. 30(2): 263-267.
VonEsenbeck, GG. (1817). *System der Pilze UridSchwamme*, Wurzburg. p234
- **VREUGDENHIL D., BRADSHAW J., GEBHARDT C., GOVERS F., TAYLOR M A., MACKERROUN D KL., Ross H A., 2007.** *Potato biology and biotechnology*. Elsevier. 856 p.
- **Wharton, P. and Kirk, W. (2012).** *Early Blight. Potato Disease*, Michigan State Wiley-IEEE.
- **Zerigui, F. Mouzaoui, F. (2018)** Contribution à l'étude d'*alternaria sp.*, agent causal de l'alternariose de la pomme de terre :Prospection, isolement et identification du pathogène Master en sciences agronomiques :Spécialité : Protection des cultures. Université de Mostaganem.

- **Zine S, 2009.** Etude de l'effet du paillage plastique noir sur la culture de la pomme de terre *Solanum tuberosum* L., var. Spunta conduite sous système d'irrigation goutte à goutte dans la région d'Oued-Souf. Mémoire ing. Université d'Ouargla. 76p.

Annexes

Annexe 1 : Le taux de croissance de différents isolats aux différents milieux de culture.



Annexe 2 : Analyse de variance de la croissance mycélienne.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	221,452	269	0,823		
Var.FACTEUR 1	60,435	2	30,217	299,265	0,000
Var.FACTEUR 2	61,533	29	2,122	21,014	0,000
Var.INTER F1*2	81,310	58	1,402	13,884	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	18,175	180	0,101		

Annexe 3 : l'influence de différents milieux de culture sur la sporulation.

Isolats	Nombre de spores x 10⁶		
	PDA	PSA	PCA
1	0,04	0,02	0,03
2	0,22	0,23	0,33
3	0,52	0,54	1,7
4	0,003	0,02	0,006
5	0,06	0,013	0,62
6	0,4	0,09	0,043
7	0,18	0,18	0,29
8	0,93	0,88	0,18
9	1,46	2,13	0,4
10	0,82	0,37	0,33
11	0,17	0,11	0,01
12	0,13	0,2	0
13	0,66	0,48	0,15
14	0,003	0,013	0
15	0,003	0,003	0,003
16	0,09	0,02	0,15
17	0,54	0,83	0,07
18	0,04	0,01	0,02
19	0,01	0,01	0,006
20	0	0	0
21	3,92	0,8	0,44
22	0,02	0,01	0,01
23	0,02	0,06	0
24	1,08	2,09	0,003
25	0,63	1,9	0,24
26	0,05	0,21	0,15
27	0,32	0,01	0,47
28	1,34	0,2	0,2
29	0,65	0,24	0,02
30	1,006	1,5	0,38
Moyenne	0,5105	0,43896667	0,20836667

Annexe 4 : Indice de la maladie (%) et taux de sévérité de deux variétés testés.

Isolats	indice de maladie (%)		la sévérité	
	Spunta (Sp)	Bartina (Ba)	Spunta (Sp)	Bartina (Ba)
1	66,66	33,33	2,66	1
2	100	100	2,33	2
3	100	66,66	3,66	1,66
4	66,66	66,66	2	1,66
5	66,66	33,33	2	0,66
6	100	66,66	2,66	2
7	100	66,66	2,66	1,33
8	100	100	3,33	2,66
9	100	100	3,66	2
10	66,66	0,33	1,66	0,66
11	100	66,66	3,33	2
12	100	100	3	1,33
13	100	100	1,66	1,66
14	66,66	0	1,66	0
15	66,66	66,66	1,33	1,33
16	100	100	2,33	2,33
17	100	100	3,33	3
18	100	66,66	3	1
19	33,33,	33,33	0,66	0,66
20	0	0	0	0
21	100	100	4,33	3
22	66,66	33,33	1,33	0,33
23	100	66,66	33,33	1,66
24	100	100	4,33	3
25	100	100	3,66	2
26	100	66,66	2,33	1,66
27	100	100	3	2
28	100	100	4,33	2,66
29	66,66	66,66	1,33	1,33
30	100	100	2	2
témoin blessé	0	0	0	0

Annexe 5 : Moyenne de taux de sévérité de deux variétés testés.

