

Université Abdelhamid Ben
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

Mlle Zerigui fayza et Mlle Mouzaoui Fadhela

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité : PROTECTION DES CULTURES

THÈME

**Contribution à l'étude d'*alternaria sp.*, agent causal de l'alternariose
de la pomme de terre :**

Prospection, isolement et identification du pathogène

Soutenu le : 13/09/2018

DEVANT LE JURY

President Mr Youcef Benkada. M
Encadreue Mr Bendahmen B.S
Examinatrice Mme Ouadah Fatiha

Pr U.Mostaganem
Pr U.Mostaganem
Magister U.Mostaganem

Thème réalisé au laboratoire de protection des végétaux

Année universitaire 2017 / 2018

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la santé, le courage et la volonté pour que nous puisse accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à témoigner notre respectueuse reconnaissance à M.Youcef benkada pour avoir accepté de présider le jury

Nos profonds remerciements à notre encadreur M.BENDAHMENE S pour ces orientations et ses précieux conseils.

Nous remercie vivement M^{me} OUADAH Fatiha, pour avoir accepté d'examiner et co-diriger avec beaucoup d'attention et de soin ce travail. Nous la remercie également de nos avoir fait bénéficier de ses connaissances et conseils.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réussite de ce travail.

Dédicace

Nous dédions ce travail :

A nos deux familles : ZERIGUI ET MOUZAOU

A nos parents

Pour leurs sacrifices et leurs efforts consentis, qu'ils trouvent ici

L'expression de notre profonde affection.

A nos frères et sœurs

*Pour leurs compréhensions et leurs encouragements, qu'ils trouvent ici
l'expression de notre sincère fraternité.*

A nos chers et amis(es)

Hamza, kawther et Samia

*Je dédie moi M^{lle} ZERIGUI Fayza ce travail à l'esprit de mon père QU'ALLAH
lui accepte dans son paradis*

Et

À ma petite nièce Loudjine

MOUZAOU Fadhela et ZERIGUI Fayza

Liste des figures

Figure 1 : plant de pomme de terre

Figure 2 : cycle de développement de la pomme de terre.

Figure 3 : Cycle de l'alternariose

Figure 4 : Symptômes sur feuille

Figure 5 : Symptômes sur tige.

Figure 6 : Symptômes sur tubercules

Figure 7 : Blastospores *d'Alternaria solani*.

Figure 8 : Conidies *d'Alarnaria alternata*

Figure 9 : Photo satellitaire de parcelles d'échantillonnages à Sirat

Figure 10 : Isolement de l'agent pathogène à partir des fragments de feuilles

Figure 11 : Obtention des colonies fongique après 5 jours d'incubation

Figure 12 : Méthodes d'obtention des clones monospores

Figure 13 : Obtention des plantes de pomme de terre âgées de quatre mois

Figure 14 : Méthode de préparation de l'inoculum *d'Alternaria sp* et l'inoculation des folioles de pomme de terre.

Figure 15 : incidence de la maladie sur les parcelles de pomme de terre.

Figure 16 : aspect des colonies des isolats *d'alternaria* sur PDA après 7 jours d'incubation.

Figure 17 : caractérisation microscopique *d'alternaria sp*

Figure 18 : la taille de quatre isolats *d'alternaria*

Figure 19 : la croissance mycélienne des isolats *d'alternaria* sur milieu extrait de feuilles de pomme de terre

Figure 20 : la croissance mycélienne des isolats sur milieu PCA.

Figure 21 : croissance mycélienne des isolats sur milieu MEA.

Figure 22 : croissance mycélienne des isolats *d'alternaria* à 20°C

Figure 23 : croissance mycélienne des isolats *d'alternaria* à 25°C

Figure 24 : croissance mycélienne des isolats *d'alternaria* à 28°C

Liste des figures

Figure 25 : symptômes d'alternariose et degré d'attaque sur les folioles de pomme de terre inoculée par *alternaria sp*

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classement des pays producteurs de pomme de terre

Tableau 2 : Evolution de la production nationale de pomme de terre entre 2003 et 2013.

Tableau 3 : les principales wilayas productrices de pomme de terre pour l'année 2006

Tableau 4 : Les principales variétés de pomme de terre cultivées en Algérie.

Tableau 5 : Production des pommes dans la wilaya de Mostaganem

Tableau 6 : Principaux fongicides actifs sur l'Alternariose de pomme de terre.

Tableau 7 : Isolats d'*Altarnaria sp*

Tableau 8 : chronologie des étapes.

Tableau 9 : Echelle de notation de l'indice de maladie.

Liste des abréviations

EP : milieu extrait de feuilles de pomme de terre

DSA : direction des services agricole

FAO : Food and Agriculture Organisation

FAOSTAT : les statistiques de la FAO

H : heure

INPV : institut national de protection des végétaux

Isolat : résultat de l'isolement en culture in vitro d'un agent pathogène à partir de plants

L : Linné

MDARP : Ministère d'Agriculture et Développement Rural et de la pêche

MEA : milieu malt agar

Mm : millimètre

PCA : milieu pomme de terre carotte

PDI : Pourcentage Disease Indice

pdt : pomme de terre

Sp : espèce

SP/ml : spore par 1 ml

µl : micro litre

µm : micro mètre

Table des matières

Listedes figures	
Liste des tableaux	
Liste d'abréviations	
Résumé	
Introduction Générale.....	01
Etude bibliographique :	
Chapitre I : Généralités sur pomme de terre	
I.1. historique et origine et de la pomme de terre.....	03
I.2. caractéristique de la pomme de terre	03
I.2.1. Taxonomie.....	03
I.2.2 Description botanique.....	04
I.2.2.1. Les tiges	04
I.2.2.3. Les feuille.....	05
I.2.2.4. Fleurs.....	05
I.2.2.5. Le fruit.	05
I.2.2.6. Système racinaire.....	05
I.2.2.7. Les stolons.....	05
I.2.2.8. Les tubercules.....	05
I.3. Cycle physiologique de la pomme de terre.....	06
I.3.1. Repos végétatif.....	06
I.3.2. Germination.....	07
I.3.3. Croissance.....	07
I.3.4. Tubérisation.....	07
I.3.5. Maturation des tubercules.....	07
I.4. Les différents types de cultures de pomme de terre.....	08
I.4.1. La culture de primeur.....	08

I.4.2. La culture de saison.....	08
I.4.3. La culture d'arrière-saison.....	08
I.5. La production et l'importance mondiale de la pomme de terre.....	08
En Algérie	09
I.6. Les principales wilayas productrices de la pomme de terre.....	11
I.7. Les variétés de la pomme de terre.....	12
I.8. La pomme de terre à Mostaganem.....	12
I.9. Aspect phytosanitaire de la pomme de terre.....	13
I.9.1. Maladies fongiques.....	13
I.9.2. Maladies bactériennes.....	13
I.9.3. Maladies virales.....	14
I.9.4. Maladies dues aux ravageurs.....	15
I.9.5. Maladies dues aux nématodes.....	15

Chapitre II : Agent pathogène

II.1. Définition de maladie.....	16
II.2. Historique de genre <i>Alternaria</i>	16
II.3. Généralité sur l' <i>Alternaria</i>	16
II.3.1. Biologie.....	17
II.3.2. Classification.....	17
II.4. Cycle infectieux.....	17
II.4.1. la conservation, source d'inoculum.....	18
II.4.2. Pénétration et invasion.....	18
II.4.3. Sporulation et dissémination.....	18
II.5. Dégâts de maladie.....	19
II.6. Etude symptomatologique.....	20
II.6.1. Sur feuille.....	20
II.6.2. Sur tige.....	21

II.6.3. Sur tubercule.....	21
II.7. l' <i>Alternaria</i> de la pomme de terre.....	21
II.7.1. <i>Alternaria solani</i>	21
II.7.2. <i>Alternaria alternata</i>	23
II.8. <i>Alternaria</i> producteur des mycotoxines.....	24
II.9. La lutte contre l' <i>Aternaria</i>	24
II.9.1. Les mesures prophylactiques.....	24
II.9.2. La lutte chimique.....	25

Etude expérimentale :

Chapitre I : Matériel et méthodes

I.1. Présentation de la région d'études.....	26
I.2 Diagnostic.....	26
I.2.1. échantillonnage et recherche de l'agent pathogène.....	26
I.2.1.1. Choix des parcelles.....	27
I.3. Estimation de l'indice de maladie.....	27
I.3.1. Indice de maladie en pourcentage.....	27
I.4. Isolement et purification.....	28
I.5. Obtention des isolats fongique.....	28
I.6. Induction de sporulation des isolats.....	29
I.7. Mesure de la sporulation.....	29
I.8. Culture d'isolats monospores.....	30
I.9. Conservation des isolats.....	31
I.10. Identification morphologique et étude des caractères cultureux.....	31
I.11. Etudes macroscopique.....	31
I.12. Etudes microscopique.....	31
I.13. Effet des différents milieux de culture.....	31
I.14. Effet des différentes températures.....	32

I.15. Mesure de la croissance mycélienne.....	32
I.16. Mesure de la sporulation.....	32
I.17. Mesure de la taille des conidies.....	33
I.18. Analyse statistique.....	33
I.19. Test du pouvoir pathogène.....	33
I.19.1. Matériel végétal.....	33
I.19.2. la technique des folioles détachées.....	34
I.19.2.1. Préparation de l'inoculum.....	34
I.19.2.2. inoculation des feuilles détachées.....	34
I.20. évaluation de l'agressivité des différentes espèces sur les folioles détachées.....	37
I.21. virulence de la maladie.....	38
I.22. Ré-isolément du parasite.....	38

Chapitre II : Résultats et discussion

I. Résultats

I.1. L'incidence de la maladie	39
I.2. Identification morphologique et étude des caractères culturaux	40
I.2.1. Etudes de l'aspect macroscopique.....	40
I.2.2. Examen microscopique des conidies.....	41
I.3. Taille des conidies	41
I.4. Effet des différents milieux de culture	42
I.4.1. La croissance mycélienne.....	42
I.4.2. Mesures de la sporulation.....	43
I.5. L'effet de Température.....	44
I.5.1. La croissance mycélienne.....	44
I.5.2. Mesures de la sporulation	45
I.6. Test du pouvoir pathogène	46
I.7. Virulence de la maladie	48

I.8. Postulat de Koch.....48

II. Discussion.....49

Conclusion Générale

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Alternaria est l'un des genres fongiques les plus rencontrés, comprend des espèces qui peuvent être de nature saprophyte, endophyte ou pathogène. Sur pomme de terre en tant que phytopathogènes, ils peuvent causer de graves problèmes et des pertes économiques considérables aux agriculteurs. Dans cette étude, nous avons sélectionné 4 isolats d'*Alternaria* pour identification. Les critères morphologiques ont révélé la présence de deux espèces d'*Alternaria* : *Alternaria alternata* et *Alternaria tenuissima*.

L'étude des conditions abiotiques (température, milieu de culture) montre une meilleure croissance du pathogène

- ✓ Sur milieu extrait des feuilles de plante de pomme de terre (EP) par apport aux autres milieux (PCA et Malth agar).
- ✓ Sous une température d'incubation de 28°C.

Le test de pathogénicité a révélé la virulence de ces 4 isolats vis-à-vis des six variétés de pomme de terre avec un degré qui diffère d'une variété à l'autre et d'un isolat à l'autre.

Les résultats du postula de Koch pour l'évaluation de la sévérité d'*Alternaria sp.* Montrent que les quatre isolats fongiques sélectionnés (S₁, S₂, S₃, S₄) provoquent la maladie.

Mots clé

Pomme de terre ; *Alternaria* ; *Alternaria alternata* ; *Alternaria tenuissima* ; conditions abiotiques ; test de pathogénicité ; postulat de Koch.

Abstract :

Alternaria is one of the most common fungul genus that includes speices that can be saprophytic, endophytic or pathogynic. On potato as phytopathogens, they can cause serious problems and economic losses for farmers. In this study, we selected 4 isolates of alternaria for idebtification. The morphological ceiteria revealed the presence of two speices of *Alternaria* : *Alternaria alternata*, *Alternaria tinuissima*.

The study of abiotic conditions shows a better growth of the pathogen

- ✓ On medium extracted leaves of plat potato by contricution by other media (PCA and Malt Agar)
- ✓ An incubation temperatue of 28°C.

The pathogenicity test revealed the virulance of these 4 isolated with respect to six potato varieties with a degree that wich differs from one variety to another .

The results of the postulat of koch for the evaluation of the severity of alternaria. Show that the four selacted fungal (S1, S2, S3, S4) is selected cause the disease.

Key words :

Potato, *Alternaria* ; *lternaria alternata* ; *Alternaria tinuissima* ; abiotic conditions ; pathogenicity test ; postulat of koch.

Introduction Générale

La pomme de terre ou patate est un tubercule comestible produit par l'espèce *Solanum tuberosum*, appartenant à la famille des solanacées. Ses qualités nutritives et sa facilité de culture font qu'elle est devenue un aliment de base de l'humanité, elle est considérée comme l'une des principales ressources alimentaires et financières des populations à l'échelle mondiale.

La filière pomme de terre occupe une place stratégique dans les nouvelles politiques du renouveau agricole et rural et fortement recommandée pour la sécurité alimentaire et peut aider à protéger les pays à faible revenu des risques que constituent les prix des produits alimentaires dans le monde. L'organisation des nations unies déclare que la pomme de terre est en première ligne dans la lutte contre la faim et la pauvreté dans le monde (FAO, 2008).

La pomme de terre est la quatrième culture la plus importante après le maïs, le blé et le riz dans le monde. La production mondiale est de 360.886.519 tonnes métriques répartis entre 152 pays producteurs sur une surface de 20 millions d'hectares (F.A.O.2013). En Algérie, la pomme de terre est la plus importante culture légumière, sa production est de 21809610 tonnes métriques répartis sur 90.00 hectares soit un rendement de 21.1 tonnes métriques par hectare (F.A.O. 2008).

Plus d'une vingtaine de maladies peuvent affecter la culture de la pomme de terre. Outre le mildiou, qui se manifeste chaque année de façon plus au moins intense selon les conditions climatiques, plusieurs autres maladies sont susceptibles d'apparaître, certaines plutôt régulièrement, d'autre à l'occasion (Christine Jean, 2000).

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).

Il n'existe pas de lutte curative pour contrôler le développement et l'extension de la maladie. L'ensemble de la lutte se base sur la prophylaxie et des mesures préventives. Ceci suggère que des informations supplémentaires relatives à la biologie de l'agent pathogène et l'épidémiologie de la maladie sont nécessaires pour la réussite du développement d'un programme de gestion fiable de l'Alternariose.

L'objectif principal du présent travail est d'isoler et d'observer des feuilles de pomme de terre infectées d'alernariose au niveau de la région de Sirat dans la wilaya de Mostaganem, pour mettre en évidence les espèces d'*Alternaria sp* susceptibles d'être une contrainte à cette culture dans cette région.

I. Généralité sur la pomme de terre

I.1. Historique et origine et de la pomme de terre

La pomme de terre (*Solanum tuberosum L.*) est originaire de la cordillère des Andes dans le Sud-Ouest de l'Amérique du Sud où son utilisation remonte à environ 8 000 ans. Elle est introduite en Europe vers la fin du XVI^e siècle à la suite de la découverte de l'Amérique par les conquistadors espagnols (Hawkes, 1994). Elle arrive en Afrique par les missions chrétiennes à la fin du XVII^e siècle, sous forme de petites plantations (Rousselle et al, 1996). On pensait autrefois que la pomme de terre était issue d'une plante sauvage unique, l'espèce *S. tuberosum*. Dès 1929, les botanistes russes Juzepczuk et Bukasov avait montré que cette origine était plus complexe et que l'on retrouvait, parmi les ancêtres des espèces de pomme de terre cultivées des plantes sauvages différentes (Rousselle et Spire, 1996).

Elle est aujourd'hui cultivée dans plus de 150 pays sous pratiquement toutes les latitudes habitées (Hawkes, 1994).

I.2. Caractéristique de la pomme de terre

I.2.1. Taxonomie

La pomme de terre *Solanum tuberosum L.* a été décrite par **Linné en 1753**. Elle appartient à la famille des Solanacées qui contient des genres aussi variés. Elle comporte environ 1000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (Hawkes, 1990).

Selon **Boumlik (1995)** la taxonomie est la suivante :

Embranchement*Angiospermes*
Classe*Dicotylédones*
Sous classe*Gamopétales*
Ordre..... *Polmoniales*
Famille*Solanacées*
Genre*Solanum*
Espèce*Solanum tuberosum L.*

I.2.2. Description botanique

La pomme de terre est une plante vivace dicotylédone, tubéreuse, herbacée, à feuilles caduques (elle perd ses feuilles et ses tiges aériennes dans la saison froide), à port dressé, qui peut atteindre un mètre de hauteur, cultivée comme une plante annuelle. Elle est constituée de deux parties distinctes (Fig.1) :

- Une partie aérienne (tige, feuilles, fleurs, fruits).
- Une partie souterraine (racines, stolons, tubercules).

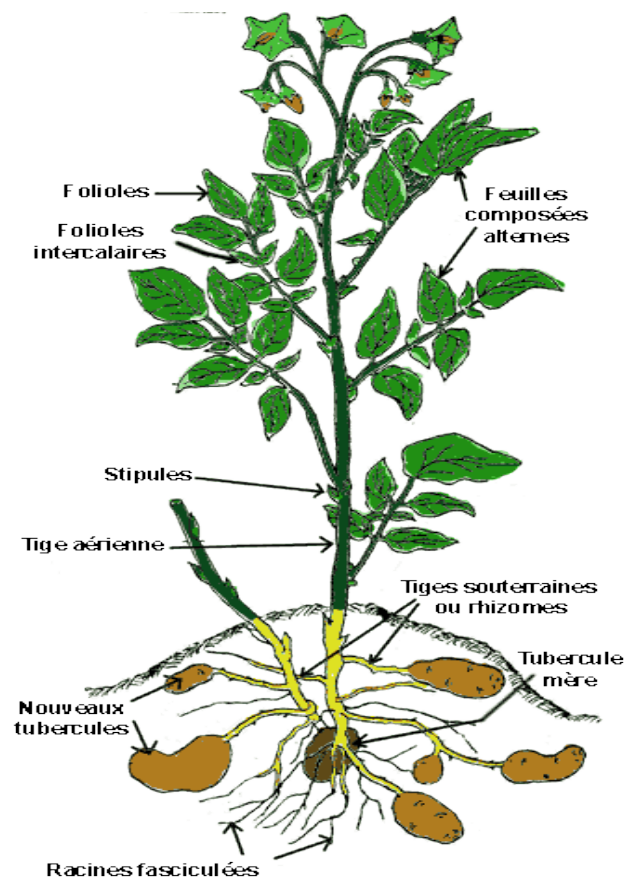


Figure 1 : plant de pomme de terre (Soltner, 2005)

I.2.2.1. Les tiges

Les tiges naissent à partir de bourgeons présents sur le tubercule utilisé comme semence, à section circulaire ou angulaire, sur lesquelles sont disposées les feuilles, elles sont herbacées, succulentes et peuvent atteindre de 0,6 à 1,0 m de long. Généralement la couleur de la tige est verte, elle peut parfois être rouge ou pourpre (Soltner, 1979).

I.2.2.3. Les feuilles

Les feuilles sont caduques et alternes, font de 10 à 20 cm de long. Elles sont composées et comptent 7 à 9 folioles. La nervation des feuilles est de type réticulé avec une plus grande densité de nervures vers le bord du limbe (Rousselle et al ; 1996).

I.2.2.4. Fleurs

L'inflorescence est une cyme qui naît à l'extrémité de la tige. Elle compte de 8 à 10 fleurs, la fleur à couleur blanche ou violette est de type gamopétale (Soltner, 1979).

I.2.2.5. Le fruit

Le fruit de la pomme de terre est une baie sphérique, allongée ou ovoïde, son diamètre varie de 1 à 3 cm de couleur généralement verte. Les baies présentent 2 loges et peuvent contenir approximativement de 200 à 400 graines (Soltner, 1979).

I.2.2.6. Système racinaire

Le système racinaire est fasciculé et très ramifié ; il a tendance à s'étendre superficiellement mais peut s'enfoncer jusqu'à 0,8 m de profondeur. Il est constitué de racines adventives qui apparaissent à la base des bourgeons du tubercule ou sur les nœuds des tiges enterrées ; pour cette raison, le tubercule doit être planté à une profondeur telle qu'elle permette une formation adéquate des racines et des stolons (Soltner, 1979).

I.2.2.7. Les stolons

Les stolons ou tiges souterraines sont formés par des bourgeons latéraux plus ou moins longs qui naissent à la base des tiges et croissent à l'horizontale sous la surface du sol. Elles naissent alternativement des sous-nœuds situés sur les tiges sol (croissance diagéotropique). Chaque stolon appelé aussi rhizome engendre un tubercule par le grossissement de son extrémité distale.

I.2.2.8. Les tubercules

Les tubercules qui résultent d'une modification des tiges souterraines (les stolons) fonctionnent comme organe de réserve de nutriments. Ils sont de taille et de forme variable selon les variétés.

I.3. Cycle physiologique de la pomme de terre

Le cycle de développement de la pomme de terre est annuel et comprend 05 phases (Fig.2) :

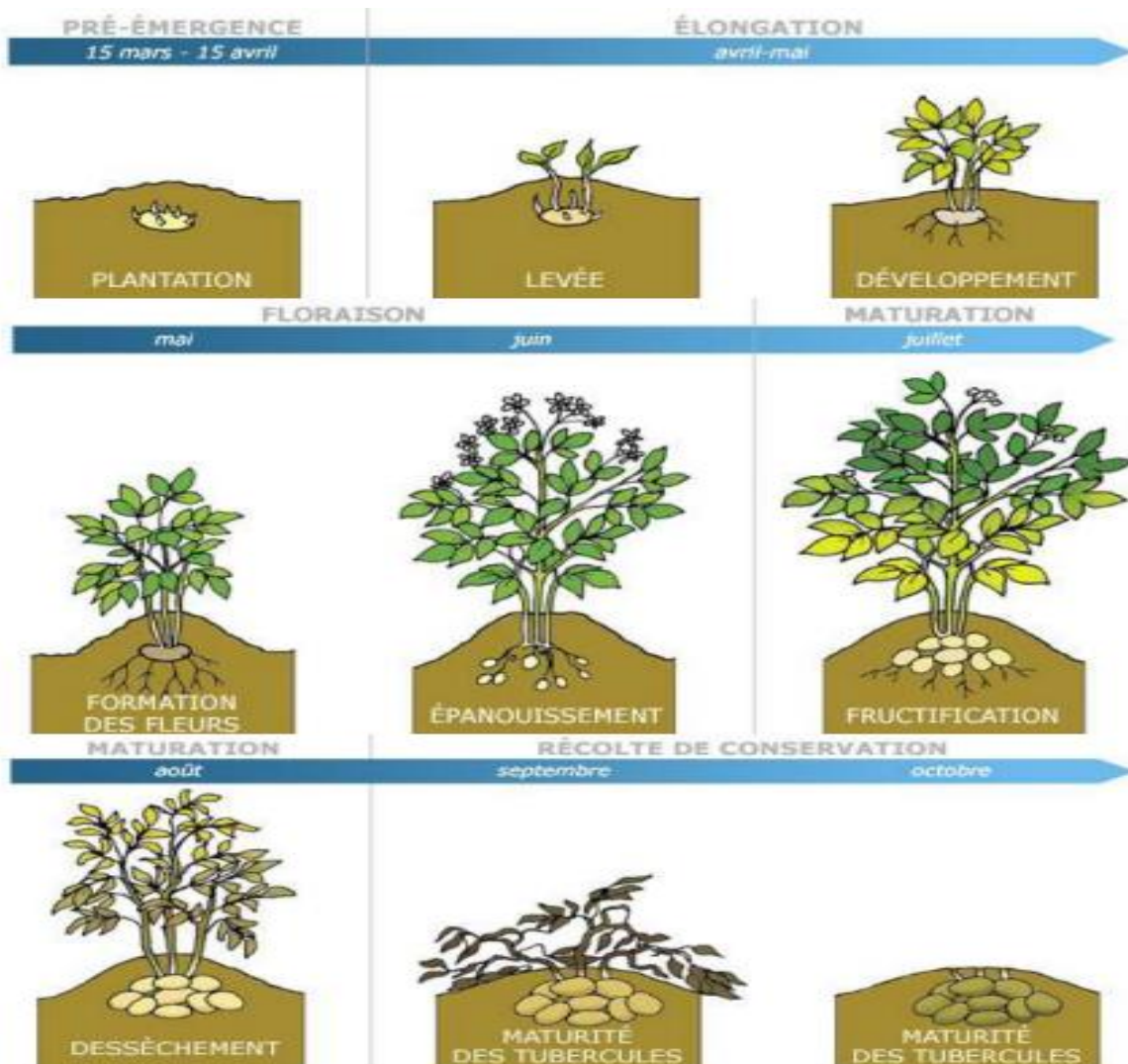


Figure 2 : cycle de développement de la pomme de terre.

I.3.1. Repos végétatif

A la récolte, le tubercule de pomme de terre ne peut germer même si les conditions de croissance sont favorables (température de 18 à 25°C) et hygrométrie 90%. Sa durée constitue un caractère variétal mais peut être abrégé ou maintenu par différents constituants physiques ou chimiques. Sous l'action de haute température durant la végétation, il peut être abrégé. Il peut être rompu à une température de 23-24°C par contre il est maintenu à température

inférieure à 3°C par des substances antigerms ou bien par des radiations gamma à faibles doses (Madac et Perennec, 1962).

I.3.2. Germination :

Selon Ellisseche (2008), lorsqu'un tubercule est placé dans des conditions d'environnement favorables (16-20°C, 60-80% d'humidité relative) aussitôt après la fin de son repos végétatif, il commence à germer. Après une évolution physiologique interne les tubercules deviennent capables d'émettre des bourgeons, une évolution interne du tubercule conduit d'abord à un seul germe qui se développe lentement et dans ce cas c'est toujours le germe issu du bourgeon terminal qui inhibe les autres bourgeons : ce phénomène est la dominance apicale (Soltner, 2005).

I.3.3. Croissance

Une fois le tubercule mis en terre au stade physiologique adéquat les germes se transforment en dessous du sol en tiges herbacées pourvues de feuilles ce qui rend la plante autotrophe dès que la surface foliaire atteint 300 à 400 cm² (Rousselle et al ; 1996). Les bourgeons axillaires donnent, au-dessus du sol des rameaux, et en dessous, des stolons (Soltner, 2005).

I.3.4. 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 de tubérisation commence d'abord par un arrêt d'élongation de stolons après une période de 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 (Bernhards, 1998).

I.3.5. Maturation des tubercules

Elle se caractérise par la sénescence de la plante, par la chute des feuilles ainsi que l'affaiblissement du système racinaire et les tubercules atteignent leur maximum de développement (Perennec et Madec, 1980).

I.4. Les différents types de cultures de pomme de terre

En Algérie, la pomme de terre est cultivée selon trois types de culture qui sont placées sous la dépendance du climat en trois groupes de saisons qui sont : culture de primeur, de saison et d'arrière-saison (Regueig, 2008).

I.4.1. La culture de primeur

La culture primeur est mise en place deux à trois mois plus tôt (Rousselle et *al.* 1996). Cette culture se caractérise par sa sensibilité aux gelées, cette production dite primeur se limite aux zones littorales et sublittoral. La plantation se fait au mois d'octobre des plants locaux, 5 à 10% des surfaces. La récolte peut se faire de fin Février au début Mars (Chehat, 2008).

I.4.2. La culture de saison

Les cultures de saison présentent 65% en surface réservée à la pomme de terre et assure 75% de la production globale. Elles sont très menacée par les maladies et aussi sensibles aux stress hydriques en fin de cycle végétatif. Ces cultures donnent une production de meilleure qualité car récoltés à maturité (Chehat, 2008).

I.4.3. La culture d'arrière-saison

La culture de la pomme de terre d'arrière-saison revêt, un intérêt majeur car elle couvre la période de soudure, situé généralement entre fin Février et Avril en matière de production (INPV, 2017).


I.5. La production et l'importance mondiale de la pomme de terre

La pomme de terre est consommée dans le monde entier. Elle est, en tonnage récolte, la quatrième culture mondiale derrière le riz, le blé et le maïs (Robert Gernot, 2005). Elle est cultivée dans plus de 150 pays (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 2013 (FAOSTAT, 2015).

Parmi les grands pays producteurs, nous citons par ordre d'importance. Les données sont en tonnes métriques (FAO, 2014). (Tab.1).

Tableau1 : Classement des pays producteurs de pomme de terre

Classement ▲	Pays ▼	Données ▼	Date de l'information ▼
1	 <u>Chine</u>	96136320	2014
2	 <u>Inde</u>	46395000	2014
3	 <u>Russie</u>	31501354	2014
4	 <u>Ukraine</u>	23693350	2014
5	 <u>Etats-Unis</u>	20056500	2014
6	 <u>Allemagne</u>	11607300	2014
7	 <u>Bangladesh</u>	9435150	2014
8	 <u>France</u>	8054500	2014
9	 <u>Pologne</u>	7689180	2014
10	 <u>Pays-Bas</u>	7100258	2014

(FAOSTAT, 2014).

En Algérie

Selon les historiques, l'entrée de la pomme de terre en Algérie remonte au milieu de la première décennie du dix-neuvième siècle ; elle a été cultivée principalement pour l'exporter vers le marché français. Après l'indépendance, elle est devenue un produit important pour la consommation locale, et elle est devenue de plus en plus importante dans le régime alimentaire. La demande en cette culture s'est alors accrue ; elle représente du point de vue superficie et production (Chehat, 2008).

Le tableau ci-dessous (Tab.2) représente 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 l'Algérie durant la dernière décennie (2000 et 2013).

Tableau2 : Evolution de la production nationale de pomme de terre entre 2003 et 2013.

Années	Surface cultivée	Production (t)	Rendement	Semences(t)
	(ha)		(t/ha)	
2003	88 660	1 879 918	21.20	99 664
2004	93 144	1 896 270	20.35	106 697
2005	99 717	2 156 550	21.62	105 743
2006	98 825	2 180 961	22.06	84 893
2007	79 339	1 506 859	18.99	98 270
2008	91 841	2 171 058	23.64	112 479
2009	105 121	2 636 057	25.07	130 536
2010	121 996	3 300 312	27.05	141 136
2011	131 903	3 862 194	29.28	148 373
2012	138 666	4 219 476	30.43	148 373
2013	140 000	4 400 000	31.43	149 800

(FAOSTAT ,2015).

En 2013, l'Algérie a occupé la deuxième place, après l'Egypte, dans la production de la pomme de terre en Afrique. La production nationale durant la dernière décennie (2003-2013) à 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 140000 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, on observe une nette augmentation durant cette période en dehors de la production de semences.

Le rendement moyen en Algérie, toutes tranches de culture confondues, se situe autour de 28 tonnes par hectares, avec des records pouvant atteindre 60 tonnes par hectare. Les principales zones de production de pomme de terre en Algérie sont ; El-Oued, Ain-Defla, Mascara et la wilaya de Mostaganem (DSA, 2015).

I.6. Les principales wilayas productrices de pomme de terre en Algérie (Tab.3)

La superficie occupée par les cultures maraichères varie chaque année entre 380.000 et 400.000 ha, dont 100.000 à 130.000 ha plantés en pomme de terre, soit 26% de la superficie maraichère totale (Madr, 2010).

Il est à relever aussi que l'on assiste, depuis quelques années, à l'augmentation de cette culture par l'occupation de nouvelles zones où elle était pratiquement inconnue : cas de Sedrata, de Djelfa, du Sud et d'Ain-Defla. Donc, les zones de production sont réparties selon quatre zones géographiques : littoral, sublittoral, atlas tellien et hautes plaines.

- **Primeur** : Boumerdes, Tipaza, Skikda, Alger, Mostaganem, Tlemcen.
- **Saison** : Ain-Defla, Mascara, Mila, Souk ahras, Boumerdes, Mostaganem, Sétif, Tizi-Ouzou, Tiaret, Msila, Tlemcen, Batna, Chlef, Bouira, El-Oued.
- **Arrière-saison** : Ain-Defla, Mascara, Guelma, Chlef, El- Oued, Tlemcen, Mostaganem, Djelfa (Madrp, 2010).

Tableau 3 : les principales wilayas productrices de pomme de terre pour l'année 2006 (Madrp, 2006).

Wilaya	Surface (ha)	Production (quintaux)
Ain Defla	15230	320000
Mascara	9050	208700
Tlemcen	7505	197900
El-Oued	7392	181800
Mostaganem	6668	159500
Chlef	4015	115200
Boumerdes	3600	93200
Skikda	3212	57100
s/ total	66672	1333408
T/Algérie	98825	2180900

I.7. Les variétés de la pomme de terre (Tab.4)

Les variétés de pomme de terre sont extrêmement diversifiées, chaque variété possède une description officielle basée sur de nombreux caractères physiologiques lui permettant d'être toujours identifiable, différenciable visuellement des autres variétés (Peron, 2006).

Cent vingt variétés sont inscrites au catalogue Algérien des espèces et variétés cultivées. Cette inscription est obligatoire pour leur commercialisation. Elle est précédée de deux ans au cours desquels sont évalués les caractères d'utilisation, le rendement, le comportement vis-à-vis des parasites par le service de contrôle et certification des semences et plants CNCC.

Tableau 4 : Les principales variétés de pomme de terre cultivées en Algérie.

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

(DSA, Mostaganem.2017)

I.8. La pomme de terre à Mostaganem (Tab.5)

Tableau 5 : Production des pommes dans la wilaya de Mostaganem

	Arrière-saison	Primeur	Saison	Total	Année
Superficies (ha)	3757	550	9964	14271	2016-2017
Production (qtx)	904700	115000	3447444	4467144	

(DSA Mostaganem, 2017)

Le tableau 5 représente la production de la pomme de terre dans la wilaya de Mostaganem, il en ressort que la production totale est de 4467144 Qx. La culture de saison est la culture la plus productrice avec une production de 3447444 Qx sur une superficie de 9964 ha, la culture d'arrière-saison avec 904700 Qx sur une superficie de 3757 ha. Une production de 115000 Qx sur une superficie de 550 ha pour la culture primeur.

I.9. Aspect phytosanitaire de la pomme de terre

La pomme de terre peut contracter un ensemble de maladie fongique ou bactériennes qui affecte la totalité ou une partie de la plante (racine, tige, feuilles, tubercules) pendant la phase de végétation et /ou la phase de conservation des tubercules.

En Algérie, la pomme de terre est sujette à plusieurs maladies et ravageurs qui causent d'importants dégâts quantitatifs et qualitatifs. Selon Bouznad et *al*, (2008) les principales maladies et ravageurs de la pomme de terre, et leurs agents causaux, sont résumés comme suit :

I.9.1. Maladies fongiques

a) Le mildiou de la pomme de terre

- Agent causal : *Phytophthora infestans*
- Symptômes :-des taches foliaires avec bordure jaune et feutrage blanc à la face inférieure des feuilles.

-des nécroses des feuilles et des tiges.

-des pourritures sur tubercules.

b) l'Alternariose de la pomme de terre.

- Agent causal : -*Alternaria solani*
- Alternaria alternata*
- Symptômes : -des lésions typiques avec taches nécrotiques en anneaux concentriques et halo jaunâtre.

-des pourritures sèches sur les tubercules.

I.9.2. Maladies bactériennes

a) La jambe noire et la pourriture molle de la pomme de terre.

- Agent causal : -*Erwinia carotovora* subsp atroseptica.

-*Erwinia carotovora* subsp carotovora

- Symptômes : les pourritures brunes de la pomme de terre

b) Flétrissement bactérien

- Agent causal : *Ralstonia solanacearom*.
- Symptômes : -flétrissement de la plante.
 - pourriture brune de l'anneau vasculaire.
 - présence d'un mucus blanchâtre.

c) Les pourritures annulaires de la pomme de terre.

- Agent causal : *Clavibacter michiganensis* subsps *epedonicus*
- Symptômes :-flétrissement et chlorose
 - pourriture de l'anneau vasculaire avec nécrose.

d) Gale commune de la pomme de terre.

- Agent causal : *Terptomycesscabies*
- symptômes : développement des lésions superficielles ou profondes

I.9.3. Maladies virales**a) la mosaïque plane de la pomme de terre.**

- Agent causal : virus (X) de la pomme de terre (PVX).
- symptômes : des mosaïques planes ou bénignes.

b) le virus de la frisolée de la pomme de terre.

- Agent causal : virus Y de la pomme de terre (PVYNTN)
- symptômes : des mosaïques accompagnent de nécroses foliaires, de jaunissement et de flétrissement des feuilles et parfois de la mort de prématurée des plantes.

c) les viroses de la pomme de terre

- Agent causal :- virus A de la pomme de terre (PVA).
 - virus S de la pomme de terre (PVS).
 - virus M de la pomme de terre (PVM).
- symptômes : déformation et enroulement et rigidité des feuilles ou encore nanisme de la plante.

I.9.4. Maladies dues aux ravageurs

- a) la Teigne de la pomme de terre.
- Agent causal : *Phthorimma eaoperculella*.
 - Symptômes : les feuilles se fanent.

I.9.5. Maladies dues aux nématodes

- a) nématodes à kystes de pomme de terre.
- Agent causal : -*Globoderaro stochiensis*.
-*Globodira palida*.
 - symptômes : flétrissement et la mort de la plante.

II. l'agent pathogène de l'Alternariose

II.1. Définition de la maladie

La brûlure alternarienne, ou alternariose, est une maladie commune du feuillage de la pomme de terre, qui s'attaque aussi aux tomates, aux aubergines et à d'autres plantes apparentées. Bien qu'elle apparait plus tôt que le mildiou, elle cause souvent de plus grands dommages au feuillage en fin de saison lorsque la température lui est favorable (W.A. Hodgson et D.D.Pond ; et J Munro, 1975). 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).

II.2. Historique du genre *Alternaria*

En 1816, Ness décrit pour la première fois un champignon présentant des spores produites en chaine portant un bec filiforme qu'il appelle *Alternaria tenuis*. Le genre a été successivement décrit par Groves et Skolko (1944), Neergaard (1945), Joly (1964) et Simmons (1967, 1986, 1992).

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

II.3. Généralité sur l'*Alternaria*

Les *Alternaria* sont des champignons fréquents dans notre environnement. Ils appartiennent aux moisissures atmosphériques. Ils peuvent être isolés de végétaux très divers. L'*alternaria* comprend près de 275 espèces (Simmons, 2007). Avec des modes de vie saprophytes et phytopathogènes qui peuvent affecter les cultures sur champ ou produits végétaux pendant la récolte et post-récolte (Logrieco et al ; 2009). Eu tant que parasites de faiblesse, les *Alternaria* sont capable de mener une existence saprophytique pendant des périodes plus ou moins longues. Certains, tel qu'*A. chartarum*, *A. consortale*, *A. tenuis*, etc., ont un habitat le plus souvent saprophytique et se rencontrent couramment sur des débris organiques ou les végétaux morts. Quelques espèces comme *A. solani*, *A. dauci* et ses formes, *A. linicola*, *A. zinniae*, etc., vivent au contraire à l'état de parasites sur des plantes encore apparemment

vigoureuses (Messiaen et *al* ; 1991). Ce sont des champignons mésophiles, leurs activités prédominantes disparaissent lorsque la température s'élève (Botton et *al* ; 1990).

II.3.1. Biologie

Les membres du genre *Alternaria* possèdent des conidies septées avec cloisons transversales et longitudinales, les cellules sont multinucléées (pluricellulaires) de couleur foncée généralement piriformes de tailles variable selon les espèces (Rotem, 1994), elles possèdent un pigment de type mélanine qui leur serve de protection contre les conditions environnementales défavorables, y compris la résistance aux microbes et enzymes hydrolytique (Rotem, 1994). Les champignons du genre *Alternaria* sont des *Deuteromycètes* (syn. Adélomycètes, 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. Certaines espèce *d'Alternaria* ont une reproduction sexuée et leur forme parfaite appartient aux *Loculoascomycètes* (genre *Pleospora* ou *Lewia*) (Ellis, 1971; Simmons, 1986; Erikson et Hawksworth, 1991).

II.3.2. Classification

Selon le catalogue of life (25 mars 2016), la taxonomie de l'*Alternaria sp* est la suivante :

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

II.4. Cycle infectieux

L'alternariose est favorisé par un cycle infectieux similaire pour toutes les espèces *d'alternaria*, responsable de cette maladie (Farrar et *al* ; 2004). Ce cycle est divisé en plusieurs stades : conservation, pénétration et invasion, sporulation puis dissémination. (Fig.3)

II.4.1. La conservation, source d'inoculum

L'Alternaria peut se conserver dans les résidus de culture, les sols contaminés et les tubercules infectés durant plusieurs années (Christine Jean, 2000). Les chlamydospores peuvent également servir de structure de survie (Basu, 1974 ; Pattersson, 1991). Elle serait aussi capable de se maintenir d'une saison à l'autre sur d'autres solanacées comme la tomate, l'aubergine, poivron (Neegaard, 1945 ; Ellis et Gibson, 1975 ; Blancard et al ; 2012).

II.4.2. Pénétration et invasion

Une fois les spores *d'alternaria* sont en contact avec les cellules végétales, elles sont capables de germer et produisent un ou plusieurs tubes germinatifs, la pénétration dans les tissus végétaux se fait soit directement à travers les stomates ou les blessures (Sherf et Macneb, 1986 ; Agrios, 2005), ou soit par pénétration enzymatique, cette stratégie est la plus évidente chez les *alternaria*. La colonisation de l'hôte est facilitée par des enzymes (cellulase, pectine galacturonase de méthyle). Le champignon envahit rapidement les tissus foliaires, les lésions deviennent visibles 2 à 3 jours après l'infection, la production de spores se produit 3 à 5 jours plus tard (Sherf et ManNab, 1986 ; Blancard et al ; 2012).

II.4.3. Sporulation et dissémination

Les conidies et les conidiophores sont produits dans des intervalles de températures compris entre 8 et 28C°, en présence d'une humidité relative de 96 à 100% (Strandberg, 1977).

Les spores sont disséminées par le vent, la pluie et les insectes ; les conidies produites assurent des contaminations secondaires et par la suite plusieurs cycles parasitaires peuvent avoir lieu dans la culture (Sherf et MacNeb, 1986 ; Andersen et Frisvad, 2004 ; Leiminger et al ; 2010 ; Blancard et al ; 2012).

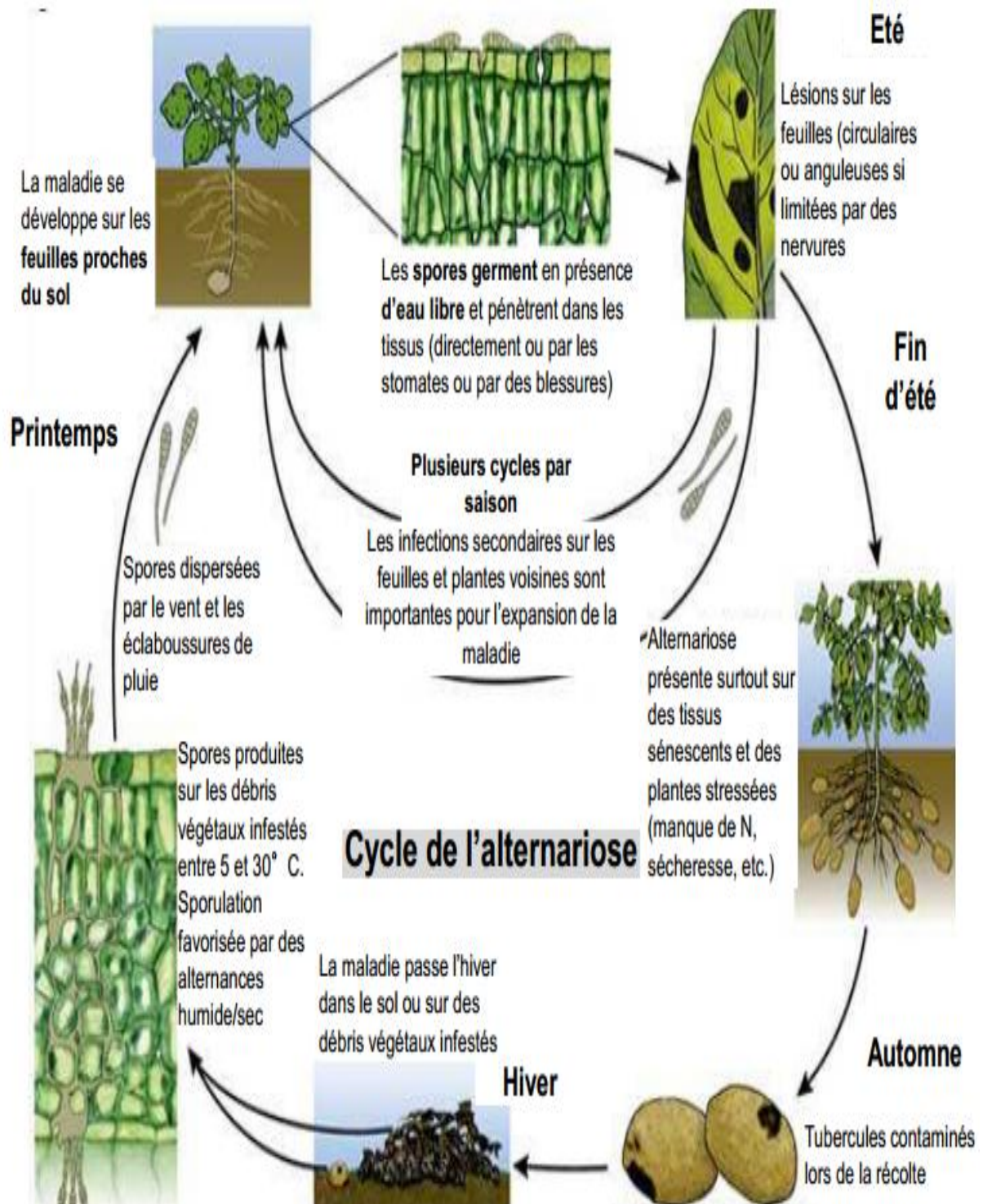


Figure 3 : Cycle de l'alternariose (André chassot, 2016)

II.5. Dégâts provoqués par la maladie

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, Etats-Unis et au Nigeria (Basu, 1974b; Datar et Mayee, 1981; Sherf et MacNab, 1986; Gwary et Nahunnaro, 1998).

La brûlure précoce réduit les régions photosynthétiques et 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

Le succès de l'infection est lié à la sénescence des feuilles et des plantes mais aussi aux conditions climatiques précises, comme une température entre 25°C à 30°C et une période de rosée (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, (W.A. Hodgson et D.D. Pond ; et J Munro, 1975).

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

II.6.1. Sur feuille (Fig.4)

Les premiers symptômes apparaissent sur les feuilles de la base, puis ils s'étendent au reste du feuillage. A la face supérieure des feuilles on observe des taches dispersées, très bien délimitées, brunes à brun-noir, de type nécrotique avec un contour anguleux, de quelques mm jusqu'à 2 cm de diamètre. Sur les plus grosses taches, on voit à l'œil nu des anneaux

concentriques. 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).



Figure 4 : Symptômes sur feuille.

II.6.2. Sur tige (Fig.5)

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 (Michel Magnenat, 1991).



Figure 5 : Symptômes sur tige.

II.6.3. Sur tubercule (Fig.6)

En culture, les attaques sur tubercules sont très peu courantes. Elles résultent d'atteintes ayant eu lieu lors de la récolte ou de la mise en conservation, lorsque des spores d'*Alternaria* entrent en contact avec la chair des tubercules mal indurés et/ou blessés. Les symptômes sont des taches (jusqu'à quelques cm) 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 on voit que les tissus sont brun-noirâtre sous les taches, plus ou moins pourris et très bien délimités par rapport aux tissus sains (Michel Magnenat, 1991). La maladie peut se développer en cours de stockage, particulièrement si le séchage et la ventilation sont insuffisants (Venette et Harrison, 1987).



Figure 6 : Symptômes sur tubercules

II.7. l'*Alternaria* de la pomme de terre

Cette maladie provoquée sur pomme de terre par une espèce d'*Alternaria solani* ou, par *Alternaria alternata* (Droby et al ; 1984). Le champignon du genre *Alternaria* est disséminé par voie aérienne, pénètre dans les feuilles soit directement, soit par le biais de microblessures.

II.7.1. *Alternaria solani* (Fig.7)

Alternaria solani 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) cette espèce est

en général identifiable comme l'agent pathogène lié à la brûlure foliaire de pommes de terre (Simmons, 2007).

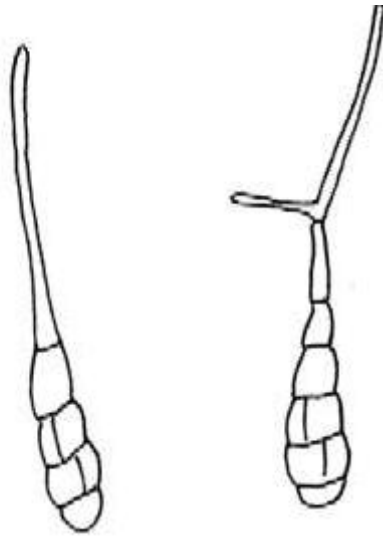


Figure 7 : Blastospores d'*Alternaria solani*.

II.7.2. *Alternaria alternata* (Fig.8)

Alternaria alternata est un champignon filamenteux cosmopolite ubiquiste. Communément isolé à partir de plantes, de sols, de nourriture corrompue 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 μ m, plus souvent avec un rostre apical court mais bien différencié (Botten et al ; 1990) (Barnett et al ; 1972).

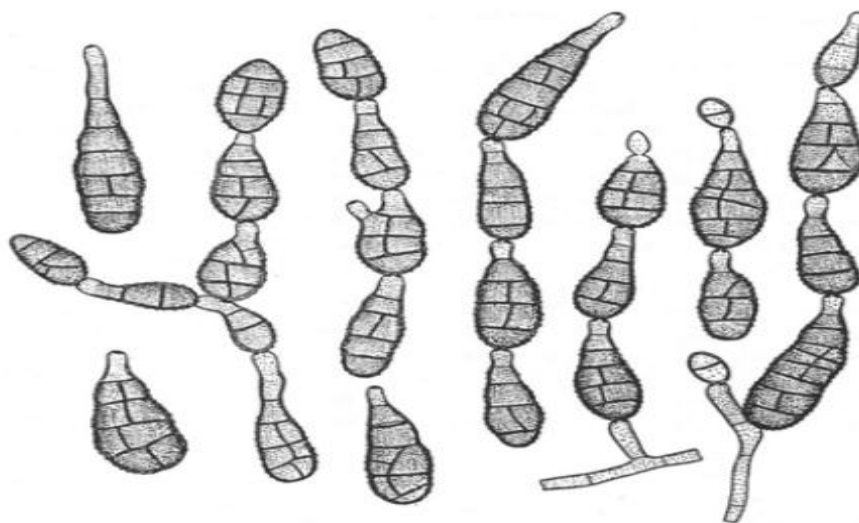


Figure 8 : Conidies d'*Alternaria alternata* (Ellis, 1971)

II.8. *Alternaria* producteur des mycotoxines

Les champignons du genre *Alternaria* qui appartient à la catégorie des nécrotrophes, tuent les cellules végétales, notamment par l'action de toxines (Agrios, 2005). Leur pouvoir pathogènes 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 principal productrices des mycotoxines. Les autres membres du genre, tels qu'*A. citri*, *A. solani*, *A. longipes*, *A. tenuissima* et *A. arborescens* espèces *infectoria* groupes, 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 immune circulant de type immunoglobuline (E ou IgE), 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. La lutte contre l'*Aternaria*

L'alternariose de la pomme de terre réduit considérablement les rendements à la fois qualitatifs et quantitatifs. Il n'existe pas de lutte curative pour contrôler le développement et l'extension de la maladie. L'ensemble de la « lutte » se basera sur la prophylaxie et les mesures préventives :

II.9.1. Les mesures prophylactiques

Les bonnes pratiques culturales contribuent à minimiser l'incidence et la propagation de la maladie, elles comprennent :

- ❖ L'utilisation des tubercules sains (le champignon peut être transmis par les semences).
- ❖ Eviter les stress nutritionnels qui provoquent une sénescence accélérée.
- ❖ Limiter la conservation de l'inoculum en éliminant les débris de culture.
- ❖ Le choix des variétés moins sensibles.

II.9.2. La lutte chimique (Tab.6)

L'Alternariose est habituellement combattue par l'application de fongicides luttant contre le mildiou (Guide de la CEE-ONU, 2014). Les fongicides sont couramment utilisés pour contrôler la brûlure foliaire et sont constitués de produits protecteur comme le mancozèbe (Dithane) et le chlorothalonil (Bravo), le manèbe, l'iprodione, le difénoconazole, le cymoxanil+ famoxadone, le thiophanate-méthyle (Bartlett *et al* ; 2002 ; Blancard *et al* ; 2012). Eu cour de culture, les plantes doivent être traitées dès que les premiers symptômes sont constatés le plus rapidement possible. Les applications doivent être renouvelées après des fortes pluies et des irrigations, car ces derniers favorisent l'extension de la maladie.

Tableau 6 : Principaux fongicides actifs sur l'Alternariose de pomme de terre.

Nom commercial	Matière active	Dose	Nombre max de traitements *	Efficacité
Fongicide spécifique <u>anti-alternariose</u>				
Amistar	azoxystrobine	0,25 l/ha	2	+++
Fongicides <u>anti-mildiou</u> avec une efficacité contre l'alternariose				
Divers « mancozèbe » ou « manèbe »	mancozèbe manèbe	d'après formulation	12	++
Unikat Pro	zoxamide + mancozèbe	1,5 à 1,8 kg/ha	10	++ (+)
Sereno	fenamidone + mancozèbe	1,5 kg/ha	2 x 3	++ (+)
Acrobat extra WG	diméthomorphe + mancozèbe	2 à 2,5 kg/ha	8	++
Valbon	benthiavalicarbe + mancozèbe	1,6 kg/ha	6	++
Tanos	cymoxanil + famoxate	0,5 à 0,6 kg/ha	6	++
Galben M	bénalaxyle + mancozèbe	2,5 kg/ha	4	++
Ridomil Gold Spécial 68 wp	métalaxyl-M + mancozèbe	2,5 kg/ha	2	++

(CARAH ASBL, 2006)

I. Matériels et méthodes

Le présent chapitre étudie les méthodologies de diagnostic permettant d'identifier les espèces d'*Alternaria* responsables de la brûlure alternarienne de la pomme de terre.

Cette étude traite deux parties :

- ✓ L'effet de quelques facteurs abiotiques sur la croissance mycélienne et la sporulation des isolats d'*Alternaria sp.*
- ✓ Test de pathogénicité in vitro sur des folioles de pomme de terre.

I.1. Présentation de la région d'étude

La wilaya de Mostaganem est située sur le littoral Ouest du pays, elle dispose d'une façade maritime de 124km. Le chef-lieu de la wilaya est située à 365km à l'Ouest de la capitale, Alger.

Mostaganem est caractérisée par un climat semi-aride en été et tempéré en hiver avec une pluviométrie qui varie entre 350mm sur le plateau et 400 mm sur les piémonts du Dahra.

I.2. Diagnostic

La démarche d'identification englobant différentes critères du diagnostic qui concerne l'analyse des symptômes sur la culture de pomme de terre, la formulation d'hypothèses à partir des données recueillies sur le terrain, la validation des hypothèses formulées, la microscopie, l'isolement et la mise en culture en vue de la caractérisation des espèces pathogènes.

I.2.1. Echantillonnage et recherche de l'agent pathogène

Durant les mois de mars, d'avril de la saison 2018, des nombreuses sorties sur le terrain et des observations successives ont été réalisées dans des parcelles sélectionnées au hasard, pour faire des prélèvements de feuilles de pomme de terre présentant des symptômes de l'Alternariose. Les échantillons sont placés dans des papiers, étiquetés puis ramenés au laboratoire de protection des végétaux (ITA) d'université de Mostaganem. (Tab.7)

Tableau7 : Isolats d'*Altarnaria.sp*

Isolats	Date d'isolement	Variété de pdt hôte	Zone d'isolement
S₁	Mars2018	Kondor	Feuille de base
S₂	Avril2018	Amorosa	Feuille de base
S₃	Avril2018	Spunta	Feuille de base
S₄	Avril2018	Evolution	Feuille de base

II.2.1.1.Choix des parcelles

Nous avons échantillonné quatre parcelles cultivées en pomme de terre, situées dans la région de Sirat commune la plus productrice de pomme de terre dans la wilaya de Mostaganem. (Fig10)

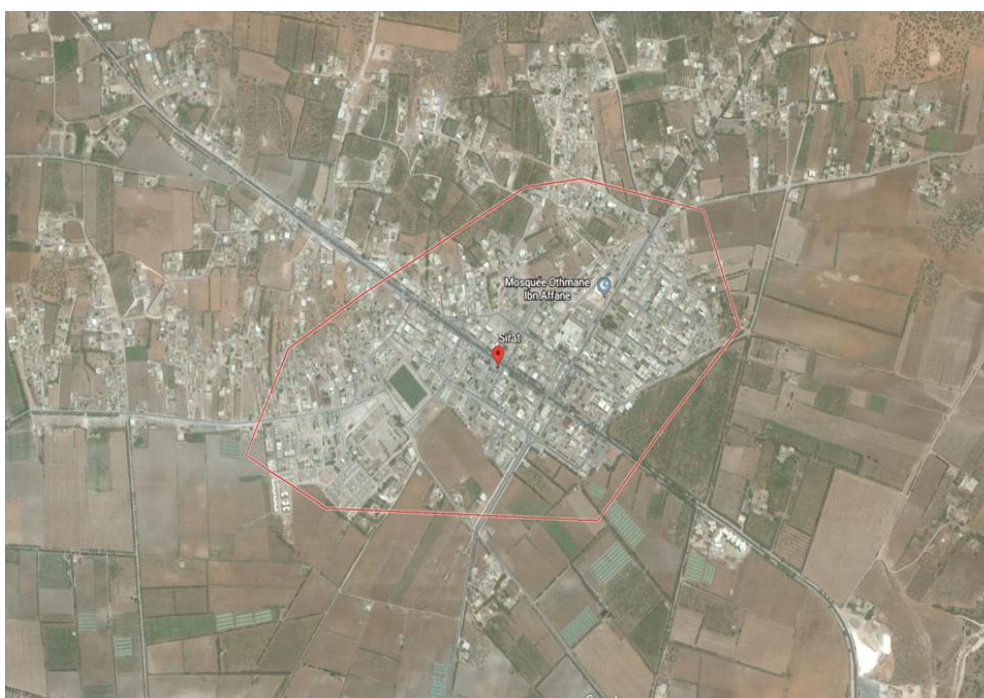


Figure 10 : Photo satellitaire de parcelles d'échantillonnages à Sirat (Google Earth, 2018)

I.3. Estimation de l'indice de maladie

I.3.1. Incidence de maladie en pourcentage :

L'Incidence de maladie est effectuée selon la formule de James (1974) donné comme suit :

$$\text{pourcentage d'incidence de maladie (\%)} = \frac{\text{nombre de feuilles malades} \times 100}{\text{total nombre de feuilles examinées}}$$

I.4. Isolement et purification (Fig.12)

Les échantillons prélevés ont été découpés et immergés pendant 2 min dans l'hypochlorite de sodium à 2% pour éliminer la flore saprophyte superficielles puis rincés trois fois dans de l'eau distillée stérile. Les fragments ont été par la suite séchés sur du papier filtre stériles avant d'être déposés sur milieu gélosé PDA coulé en boîtes de Pétri stériles. Les boîtes sont scellées avec du papier cellophane puis incubées à l'obscurité à une température de 25 ± 1 °C. L'identification des colonies développées à partir des fragments infectés est basée sur la morphologie des spores. Après 8 jours d'incubation, des implants de 5mm sont découpés à l'anse à partir du bord de colonie puis transférés individuellement sur une nouvelle boîte de Pétri contenant du milieu PDA additionnée de chloramphénicol (0.0125g /500ml), et incubée à 25 °C (Bassadat nabahat, 2014).

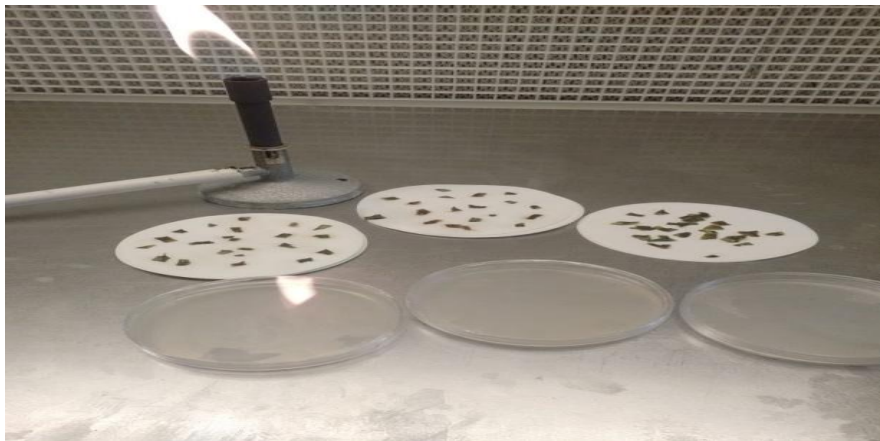


Figure 12 : Isolement de l'agent pathogène à partir des fragments de feuilles (Originale, 2018)

I.5. Obtention des isolats fongique (Fig.13)

A partir des isollements primaires, des explants fongiques ont été prélevés de la zone préférée des colonies fongiques et repiqués aseptiquement sur milieu PDA en boîte de Pétri. Les cultures sont de nouveau incubées à 25°C comme précédemment. Des repiquages successifs sont effectués suivent jusqu'à l'obtention d'une culture pure des isolats (Davet et al ; 1997).

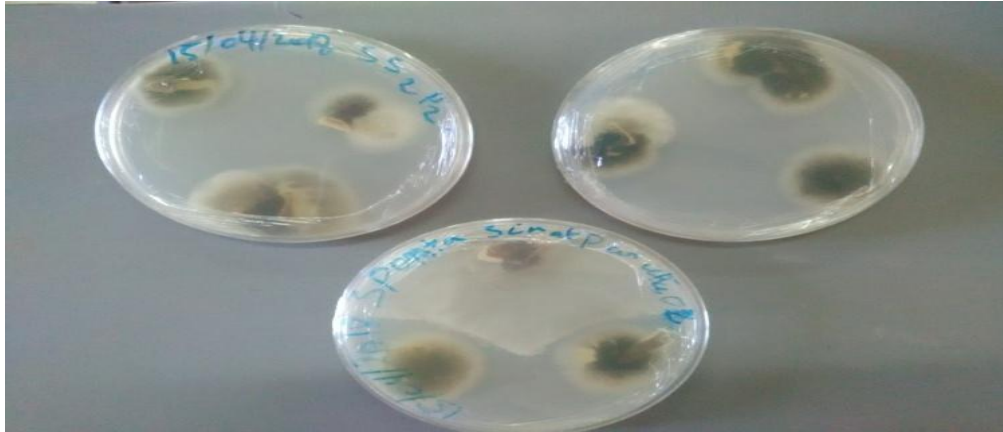


Figure 13 : Obtention des colonies fongique après 5 jours d'incubation (Originale, 2018).

I.6. Induction de la sporulation des isolats

Certaines espèces du genre *Alternaria* ont une incapacité à produire des spores lors de la culture *in vitro*, et comme la sporulation s'avère un élément clé à plusieurs tests tels que l'identification ou l'infection artificielle des plantes.... etc, nous avons procédé à l'induction de celle-ci afin d'assurer une production suffisante de spores par la technique du choc thermique. Des fragments de mycélium sont prélevés à partir des colonies et placés dans des boîtes de Pétri contenant un milieu PDA puis scellés à la cellophane.

Après 7 jours d'incubation à température de 25°C les boîtes sont mises à une température de 4°C pendant une heure puis exposées à la lumière directe pendant 3h et remises à température ambiante pendant 24 h à l'obscurité.

I.7. Mesure de la sporulation

Pour déterminer la concentration sporale initiale de chaque isolat, 10 ml d'eau distillée stérile est ajoutée sur cultures en boîte de Pétri. Les conidies sont raclées à la surface de la colonie à l'aide d'une pipette pasteur stérile recourbée. La suspension des conidies est collectée et filtrée à travers une couche de mousseline stérile. La concentration est ensuite déterminée à l'aide d'une cellule de Malassez (Bassadat Nabahat, 2014).

I.8. Culture monospores (Fig.14)

Les isolats obtenus présentent parfois des variations culturales, par conséquent afin d'obtenir des isolats homogènes (Booth, 1971 ; Boisson et Lahlou, 1983), nous avons utilisés la technique de la culture monospore (Rappily, 1968).

Un fragment du champignon prélevé à partir d'une culture âgée de 10 jours est mis dans un tube contenant 5 ml d'eau distillée stérile. La suspension obtenue est agitée pendant 2 min puis filtrée par l'utilisation d'une mousseline stérile. La suspension fongique obtenue est diluée jusqu'à 10^2 spore/ml. Une goutte (100 μ l) de suspension fongique est prélevée à l'aide d'une micropipette stérile, puis étalée sur un boîte Pétri contenant un milieu PDA. Les boîtes sont mises à incuber à $25 \pm 1^\circ\text{C}$, en obscurité. Après 24 heures lorsque les spores émettent des tubes germinatifs, un prélèvement monospore est effectué sous une loupe binoculaire à l'aide d'une pipette pasteur étirée puis repiqué en boîte de Pétri contenant toujours du PDA (Bouznad, 1989).

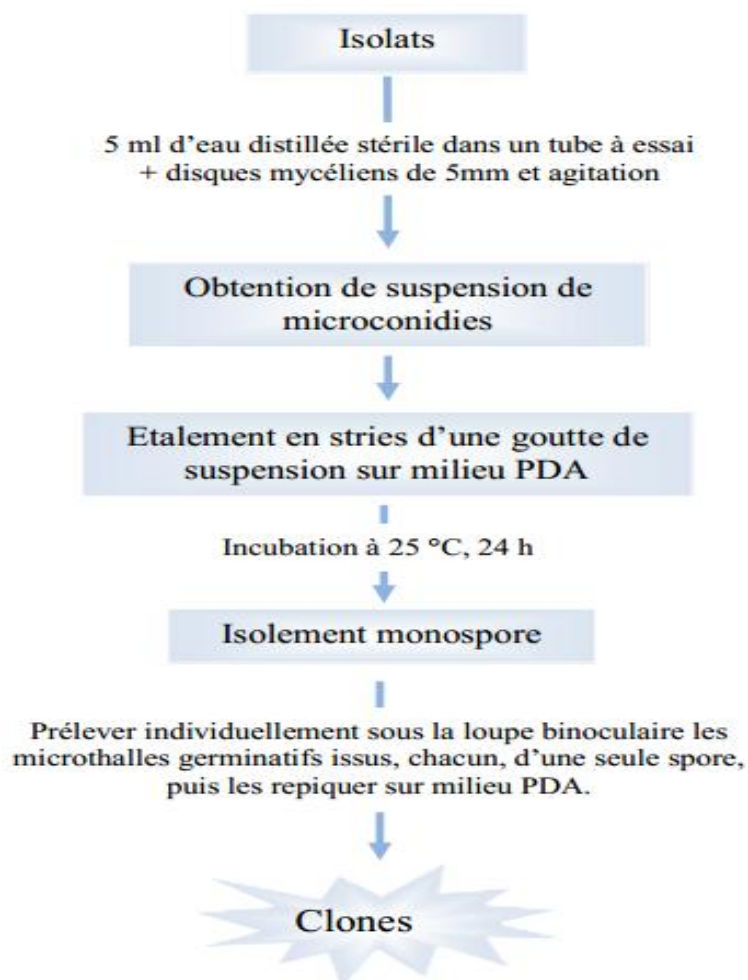


Figure14 : Méthodes d'obtention des clones monospores.

I.9. Conservation des isolats

La collection d'isolats est conservée à partir des cultures pures cultivées sur PDA inclinées en tube, âgées de sept jours, maintenues dans un réfrigérateur à 4°C pour des utilisations ultérieures ; la conservation est aussi effectuée dans des tubes Eppendorf contenant des implants de 5 mm de diamètre.

I.10. Identification morphologique et étude des caractères cultureux

L'identification des isolats fongiques est basée sur des études macroscopiques et microscopiques (Rappily, 1968). Les techniques classiques, l'observation macroscopique et microscopique des souches sont largement suffisantes pour déterminer le genre des moisissures isolées (Bourgeois et Leveau, 1980).

I.11. Etudes macroscopique

Les examens des cultures à l'œil nu ou à la loupe binoculaire des boîtes de Pétri contenant les champignons purifiés (Botton et al ; 1990), permettent d'étudier certains caractères cultureux des isolats : la vitesse de croissance, la couleur et la pigmentation des colonies, la texture, la surface et l'envers des cultures. Les observations sont effectuées sur milieu PDA à partir du 7^{ème} jour d'incubation à 25°C. L'examen macroscopique est effectué afin de dégager quelques caractères spécifiques.

I.12. Etudes microscopique

Les examens microscopiques des champignons ont été effectués en observant directement le mycélium (prélevé à partir d'une culture) entre lame et lamelle dans une goutte d'eau. Les examens directs permettent d'observer la morphologie du mycélium et des conidies.

I.13. Effet des différents milieux de culture

La culture sur différents milieux est nécessaire pour savoir le quel favorisera une bonne croissance mycélienne et meilleure production de spores. Cette étude est réalisée par le dépôt d'un implant mycélien de 5mm de diamètre de culture âgée de sept jours au centre des boîtes de Pétri, contenant chacune un milieu différent. Trois répétitions ont été effectuées pour chaque souche et pour chaque milieu de culture. Les milieux utilisés sont : PCA, extrait de feuilles de pomme de terre et milieu Malt agar (annexe 1). Les cultures sont ensuite incubées à 25 ± 1 °C, température favorables pour la croissance de la plupart des champignons (Ramualde, 1992 ;

Attrassi *et al* ; 2005). L'aspect et la pigmentation des colonies sont relevés par observation visuelle après 8 jours.

I.14. Effet des différentes températures

La température influence la croissance du champignon ainsi que son métabolisme (Henri *et al* ; 1995). Les quatre isolats fongiques **S₁**, **S₂**, **S₃** et **S₄** sont ensemencées comme précédemment dans des boîtes de Pétri contenant un milieu PDA. Les cultures sont incubées à différentes températures : 20°C, 25°C et 28°C pour chaque isolat. Nous avons réalisé 3 répétitions.

I.15. Mesure de la croissance mycélienne :

La croissance mycélienne des quatre isolats **S₁**, **S₂**, **S₃** et **S₄** est évaluée tous les deux jours à l'aide d'une règle graduée en mesurant la moyenne de deux diamètres perpendiculaires des colonies ; la différence entre la valeur de ce diamètre et du disque mycélien initial donne la croissance des isolats selon la formule suivante (Rapilly, 1968).

$$L = (D - d) / 2$$

L : croissance mycélienne (mm)

D : diamètre de la colonie (mm)

d : diamètre initial de l'explant (5 mm)

La vitesse moyenne de croissance de chaque isolat est calculée comme suit :

$$VM = \frac{\frac{L_1}{1} + \frac{L_2}{2} + \frac{L_3}{3} + \dots + \frac{L_n}{n}}{N}$$

V_m = vitesse moyenne (mm / jour)

L = croissance mycélienne (mm)

N = nombre de jours

I.16. Mesure de la sporulation

L'intensité de la sporulation est estimée pour chaque paramètre après 10 jours d'incubation selon la méthode décrite précédemment (voir II-6 page 26). Le nombre de spores estimé par colonie et le nombre de spores par unité de surface est calculé (Andersen et Thrane, 1996). Dans cette étude, trois répétitions sont effectuées pour tous les essais.

I.17. Mesure de la taille des conidies

Les mensurations sont effectuées sur des cultures âgées de 10 jours. Cette étude porte sur la longueur et la largeur de 20 conidies par isolat; elle est réalisée grâce à un microscope préalablement étalonné. On verse sur chaque colonie 10 ml d'eau distillée stérile, celle-ci est alors grattée à l'aide d'un scalpel stérile afin de libérer les conidies. La suspension ainsi obtenue est filtrée à travers une couche de mousseline stérile pour éliminer les fragments mycéliens. La technique consiste à déposer une goutte de suspension fongique entre lame et lamelle qu'on observe au grossissement (x 40).

I.18. Analyse statistique

La vitesse de croissance mycélienne des isolats et leur nombre de conidies sont évalués pour une analyse ultérieure des données. Les données sont analysées statistiquement en utilisant le logiciel stat box version 6.4.

I.19. Test du pouvoir pathogène

L'isolement d'un pathogène ne suffit pas toujours à affirmer son rôle, l'identification doit être complétée par l'étude de son action sur son hôte, qui est utile au diagnostic. L'essai est mené sur folioles de pomme de terre *in vitro*, l'expérience est réalisée avec objectif de confirmer l'analyse de virulence des espèces d'*Alternaria* sur la pomme de terre.

I.19.1. Matériel végétal

Pour cette étude les différents isolats fongiques sélectionnés afin d'évaluer leur capacité invasive vis-à-vis de six variétés de pomme de terre ; les tubercules sont cultivés sous serre dans l'atelier agricole à Mazargan, le semis est réalisé au mois de février dans des pots préalablement désinfectés à l'eau de javel, contenant ¼ de gravier et ¾ de sol.

Les plantes sont arrosées régulièrement et n'ont pas reçu de traitement fongicide. Les folioles âgées de quatre mois sont utilisées pour l'inoculation (Fig.15).



Figure 15 : Obtention des plantes de pomme de terre âgées de quatre mois (originale 2018).

I.19.2. La technique des folioles détachées

La gravité de la maladie est déterminée par la mesure de la taille des lésions lorsque l'inoculum est appliqué sous forme de simples gouttes sur des feuilles de pomme de terre. Cette expérience est réalisée dans des conditions *in vitro* pour étudier le pouvoir pathogène des isolats d'*Alternaria* en utilisant la technique des feuilles détachées décrite par Reni et *al* ; 2007 et Mmbaga et *al* ; 2011.

I.19.2.1. 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.19.2.2. Inoculation des feuilles détachées

Les folioles de six variétés de pomme de terre saines sont détachées, elles sont désinfectées pendant 30 secs à l'éthanol 70%, rincées à l'eau distillée stérile, séchées puis placées dans des boîtes en plastiques (3 folioles /boîte) sur du coton stérile humidifié avec de l'eau distillée

stérile . Afin de donner aux isolats un maximum de chances pour infecter les tissus, des petites plaies sont infligées au centre de la face supérieure des folioles à l'aide d'une aiguille stérile. La surface supérieure des folioles est inoculée avec une goutte de l'inoculum préparée (20 μ l/foliole) de chaque isolat, 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 scellées et exposées à la lumière pour permettre le développement des symptômes (Fig.16).

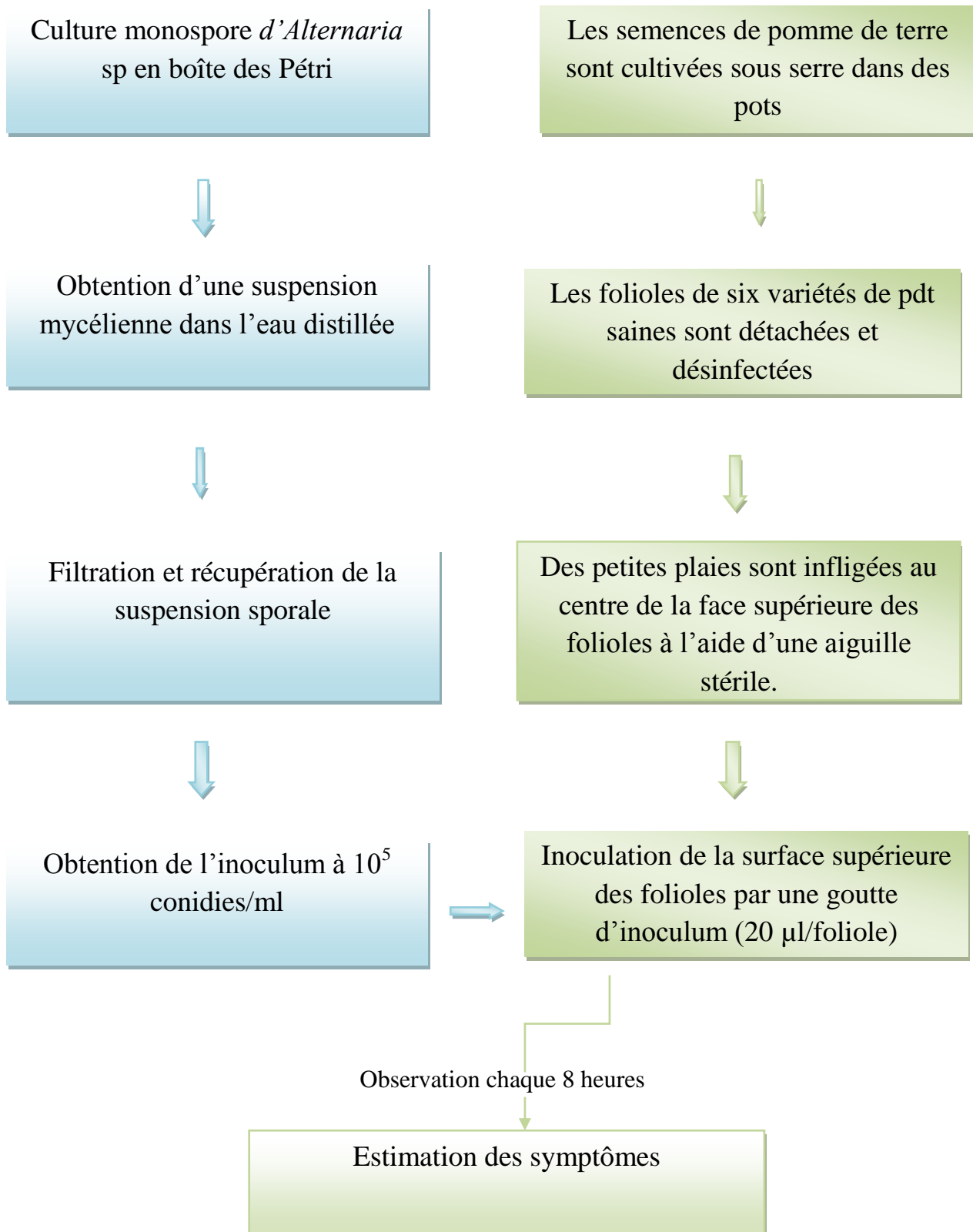


Figure 16 : Méthode de préparation de l'inoculum *d'Alternaria.sp* et l'inoculation des folioles de pomme de terre.

Les données concernant la chronologie des différentes étapes du test sont présentées dans le tableau.8

Tableau 8 : chronologie des étapes.

Etapes	Jours
Contamination (transfère de l'inoculum sur folioles blessées)	J₀
Exposition à la lumière (pénétration et colonisation des tissus hôtes)	J₀-J₇
Observation (expression des symptômes)	Chaque 8 heures
Ré-isolément (confirmation du postulat de koch)	J₇

Le pourcentage de l'infection des folioles est déterminé et calculé. Puis les résultats de l'essai de virulence sont analysés sur la base de leur classification à partir des moyennes et l'écart-type.

I.20. 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, modifier comme suite dans le tableau.9

Tableau 9 : Echelle de notation de l'indice de maladie.

Note	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.21. Virulence de la maladie

La virulence de la maladie est calculée au quatrième jour de l'infection pour chaque isolats et variété de pomme de terre selon la formule suivante :

$$\text{Indice de la maladie en pourcentage (PDI)} = \frac{\text{Somme de la notation numérique} \times 100}{\text{Nombre des feuilles examinées} \times \text{note maximale}}$$

I.22. Ré-isolément du parasite

Afin de confirmer le postulat de Koch et s'assurer que les symptômes observés sont provoqués par le même pathogène, une méthode indirecte effectuée, consiste à rechercher le parasite dans les tissus inoculés par ré-isolément sur milieu PCA, puis comparées morphologiquement avec les cultures mères de chaque espèce en boîtes de Pétri contenant le même milieu (Bassadat nabahat, 2014).

I. Résultats

I.1. L'incidence de la maladie

Les données présentées dans la figure 17 a montré une différence du pourcentage de l'incidence de la maladie entre les parcelles cultivées de pomme de terre, nous avons remarqué un pourcentage maximale de la maladie dans la parcelle cultivée par la variété Spunta [D] 71%, suivi par la parcelle cultivée par la variété Kondor [C] 65% , une incidence moyenne de la maladie de 32% est signalée à la parcelle cultivée par la variété Amorosa [B] et très faible incidence de la maladie dans la parcelle cultivée par la variété Evolution [A] 10%.

D'après les résultats, on constate que la variété spunta est la plus sensible vis-à-vis de l'alternariose.

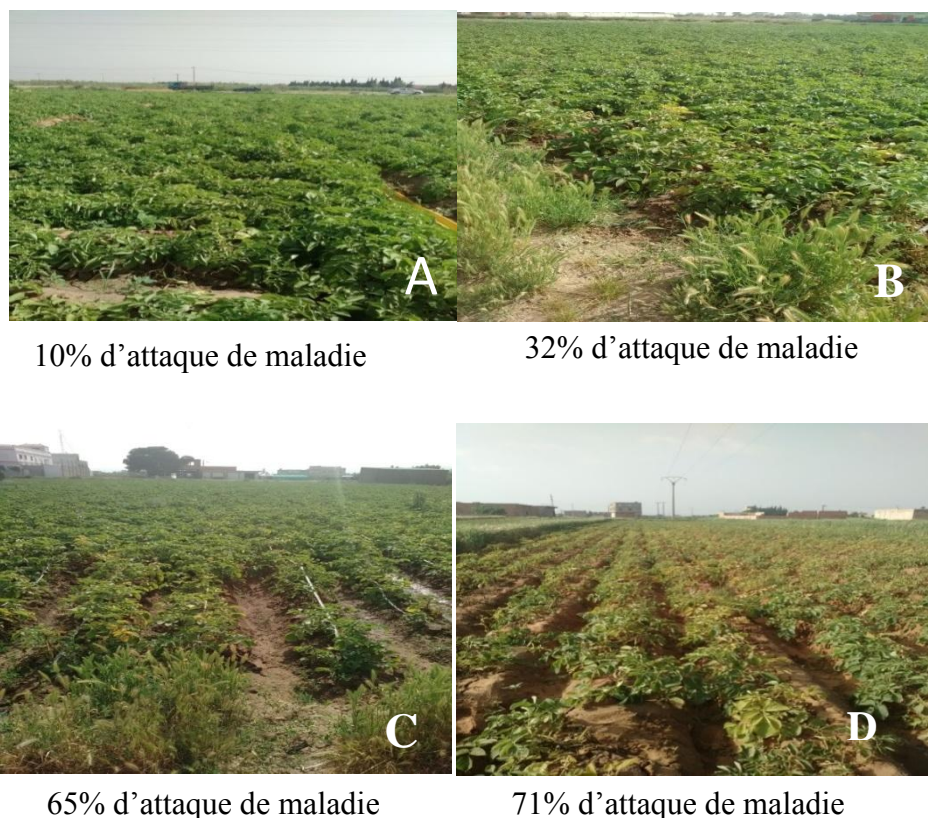


Figure 17 : Incidence d'attaque de la maladie sur parcelles de pomme de terre infectées par *alternaria sp* (originale, 2018)

[A] : parcelle cultivée par la variété Evolution. [B] : parcelle cultivée par la variété Amorosa.

[C] : parcelle cultivée par la variété kondor.[D] :parcelle cultivée par la variété Spunta.

I. 2. Identification morphologique et étude des caractères cultureux

I.2.1. Etudes de l'aspect macroscopique

Après 7 jours d'incubation sur PDA, les isolats fongiques présentent une variation considérable entre les caractères morphologiques. La couleur de la colonie varie du clair au foncé à une teinte olivâtre verdâtre et grisâtre. La majorité des colonies ont un aspect duveteux ou cotonneux, avec variations de la croissance mycélienne et des bordures régulières et irrégulières (Fig.18).

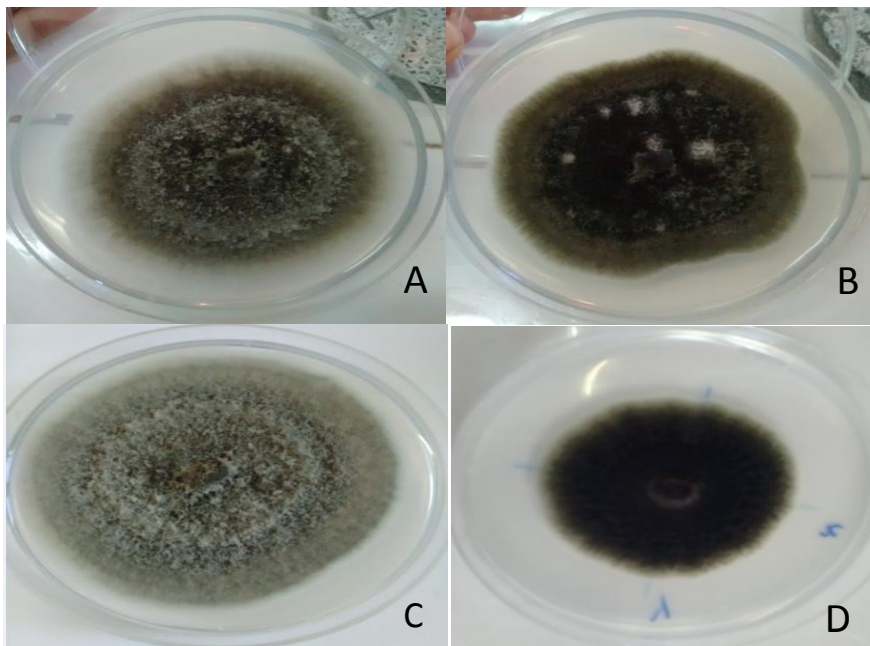


Figure 18 : Aspect des colonies des isolats d'*Alternaria* sur PDA après 7 jours d'incubation (originale, 2018)

[A] Couleur : vert olivâtre clair avec une surface grisâtre. Bordure : régulière avec une marge de couleur claire. Type : cotonneux subaérien.

[B] Couleur : vert olivâtre avec un centre foncé. Bordure : irrégulière légèrement compact de couleur foncé. Type : cotonneux avec une périphérie légèrement compacte.

[C] Couleur : vert olivâtre avec un centre gris clair. Bordure : régulière de couleur clair. Type : cotonneux avec une périphérie légèrement compacte.

[D] Couleur : vert olivâtre foncé. Bordure : régulière avec une extrémité légèrement claire. Type : duveteux.

I.2.2. Examen microscopique des conidies

Les conidies *d'alternaria* ont montré des différences morphologiques significatives en ce qui concerne la forme, la couleur et le nombre de septa. Elles se présentent en chaîne ou solitaire, ces formes varient d'obpyriforme à ovale ou obclavées, de couleur brune jaunâtre à brune foncée, avec 1-8 transepta et 1-3 longisepta. Le mycélium est septé de couleur vert clair.

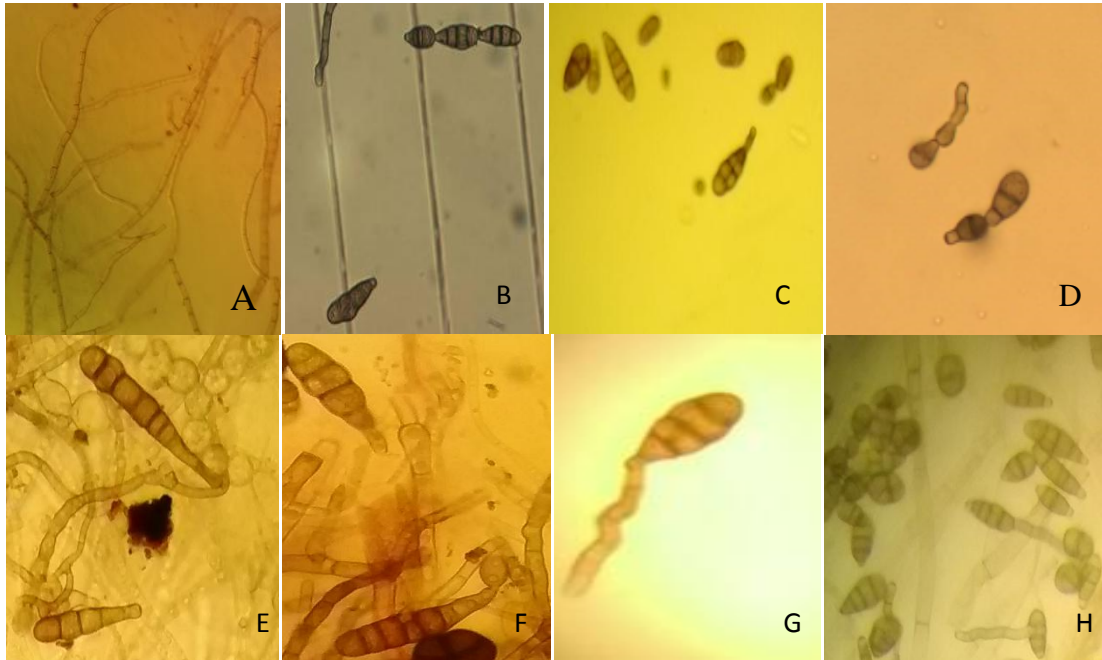


Figure 19 : Caractérisation microscopique *d'alternaria sp.*

A : mycélium. B, C, D, E, F, G et H : conidie *d'alternaria*

I.3. Taille des conidies

Leur taille des conidies varie de 20.15 à 22.815×7.67 à $14.82\mu\text{m}$, la longueur maximale est de $32.5\mu\text{m}$ observée chez l'isolat S_1 , la longueur minimale est de $10.4\mu\text{m}$ observée chez l'isolat S_2 . Le largeur maximal observé est de $20.8\mu\text{m}$, chez l'isolat S_4 , la largeur minimale est de $5.2\mu\text{m}$ pour les isolats S_1 , S_2 et S_3 (Fig.20).

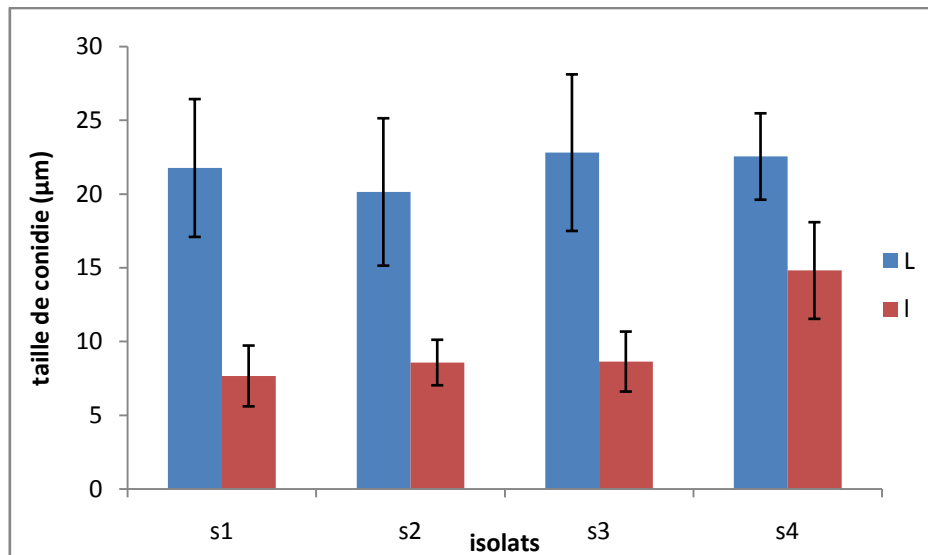


Figure 20: La taille des isolats *d'alternaria sp* (S₁, S₂, S₃ et S₄)

I.4. Effet des différents milieux de culture

I.4. 1. La croissance mycélienne

D'après les figures 21, 22 et 23 ; l'analyse de la variance montre une différence significative entre les isolats. Les résultats obtenus montrent que les milieux : EP et PCA favorisent mieux la croissance mycélienne par rapport au milieu MEA avec des valeurs moyennes maximales de 23.104 µm, 20.535 µm et 5.889 µm (annexe 2).

Le meilleur milieu pour une bonne vitesse de croissance est l'extrait de feuilles de pomme de terre avec une moyenne de vitesse de croissance pour tous les isolats 1.277 mm/jour.

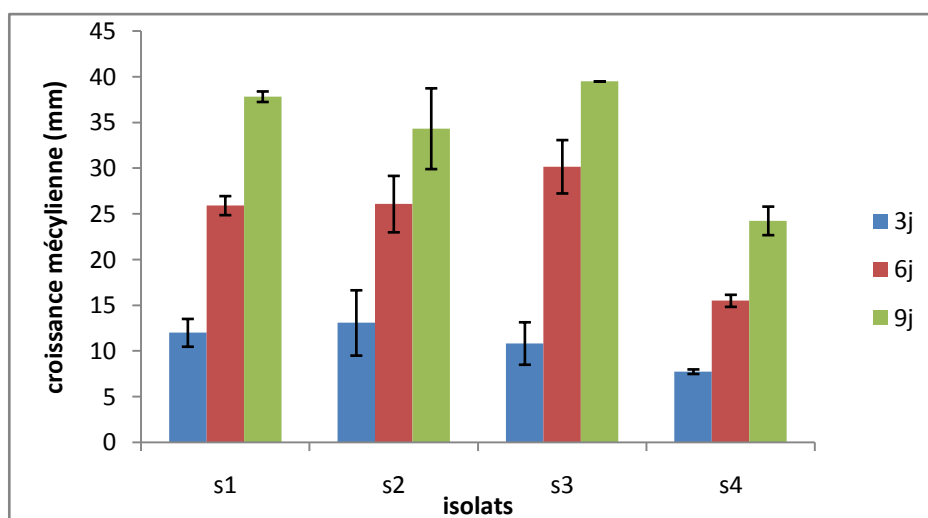


Figure 21 : Croissance mycélienne des isolats *d'alternaria* sur milieu extrait de feuilles de pomme de terre.

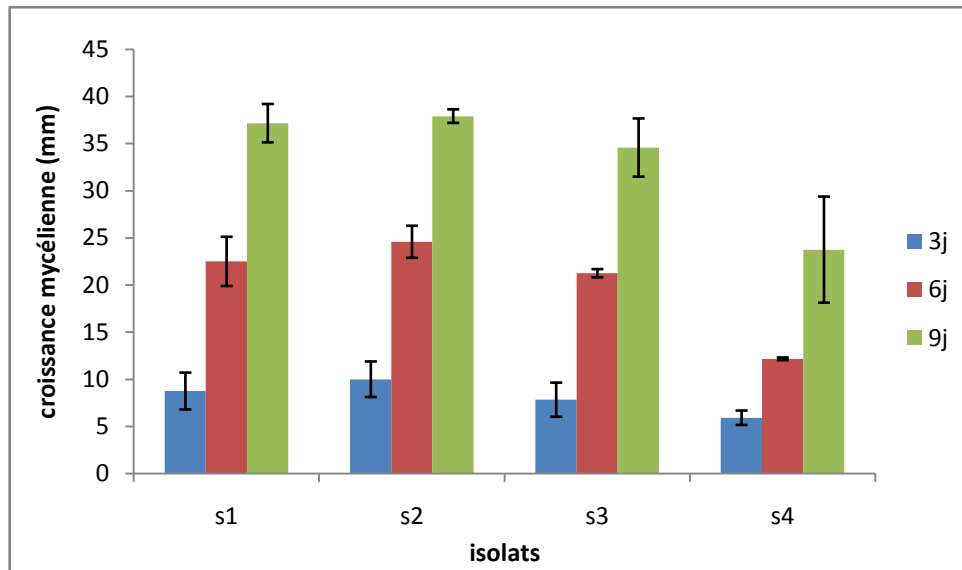


Figure 22: Croissance mycélienne des isolats *d'alternaria* sur milieu PCA

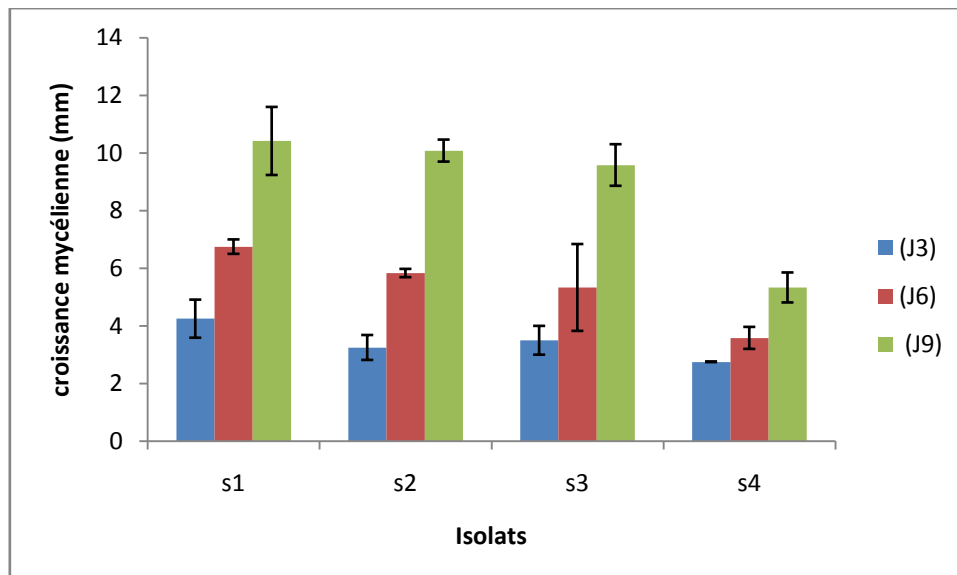


Figure 23: Croissance mycélienne des isolats *d'alternaria* sur milieu MEA

I.4. 2. Mesures de la sporulation :

La sporulation des quatre isolats sélectionnés est évaluée sur les milieux extraits de plante (EP), PCA et MEA (figure 24). Les résultats obtenus montrent que la sporulation optimale est 0.51×10^6 spores/ml sur le milieu EP, suivi par MEA 0.233 spores/ml, contrairement aux autres milieux PCA 0.063 spore / ml.

Les résultats d'analyse de la variance montrent une différence significative (annexe5).

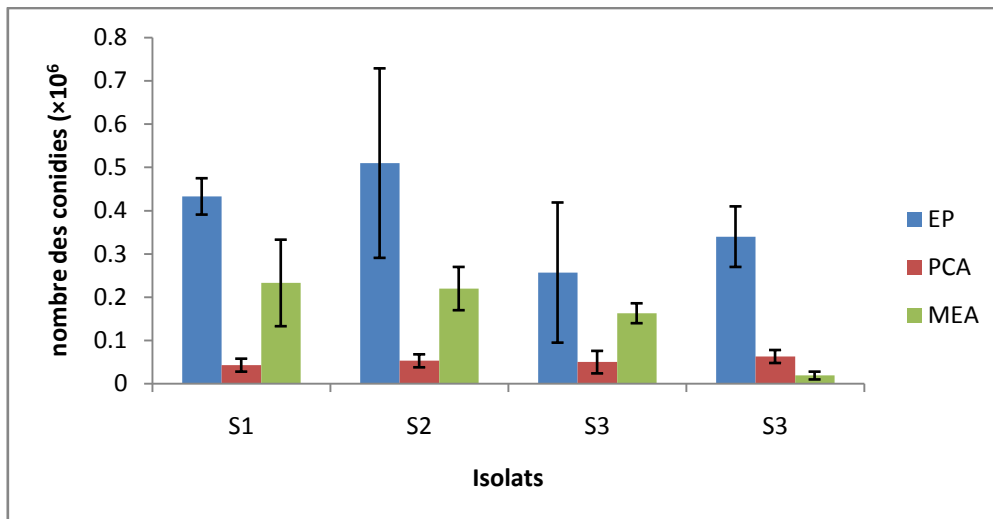


Figure 24 : Sporulation d’*alternaria sp* sur trois milieux de culture EP, PCA et MEA.

I. 5. L’effet de la Température

I.5.1. La croissance mycélienne

Les figures 25, 26 et 27 montrent que la majorité des isolats se développent mieux à une température de 28°C (16.91µm) avec une vitesse de croissance moyenne de 0.97 mm/jours, suivi par les températures de 25°C et 20°C (14.861µm et 14.715µm respectivement) (a. L’effet de la température sur la croissance mycélienne des isolats montre une différence significative (annexe 6)

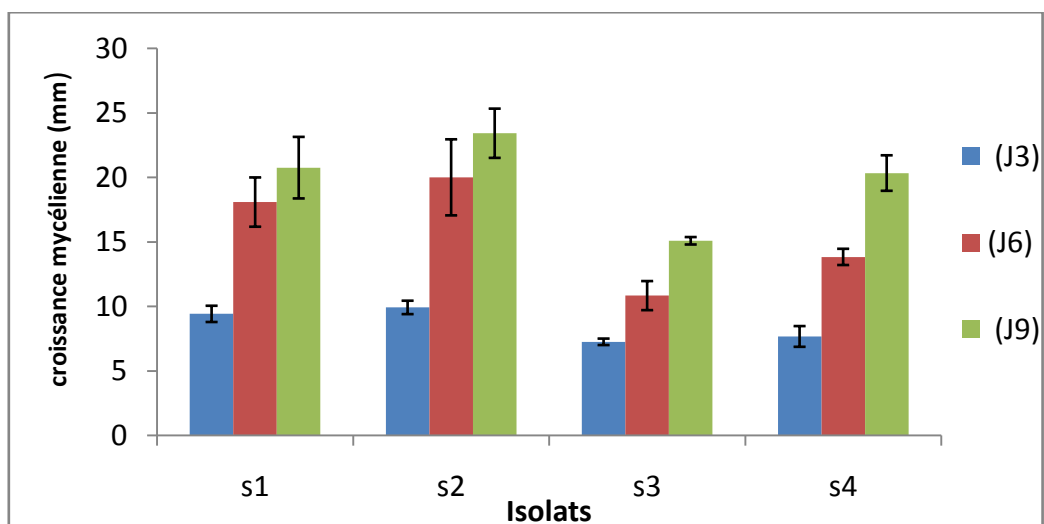


Figure 25 : croissance mycélienne des isolats d’*alternaria* à 20°C

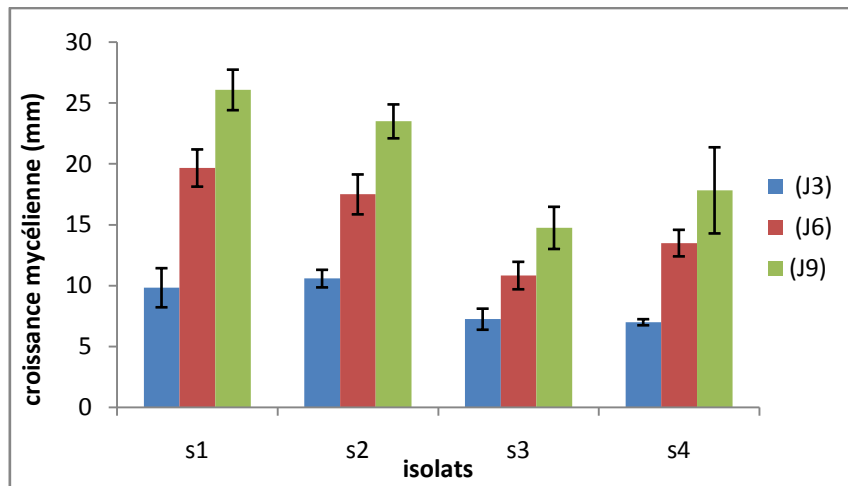


Figure 26: Croissance mycélienne des isolats *d'alternaria* à 25°C

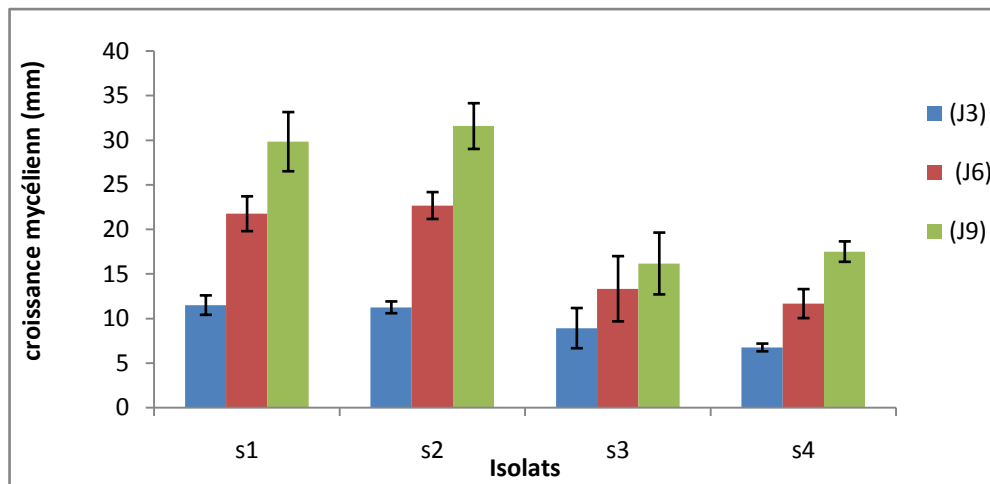


Figure 27: Croissance mycélienne des isolats *d'alternaria* à 28°C

I.5.2. Mesures de la sporulation

La température la plus appropriée pour la sporulation est de 25°C (0.47×10^6 spore/ml), suivi par la température 28°C et 22°C (0.396×10^6 spore/ml et 0.389×10^6 spore/ml). L'isolat S₃ possède la plus importante sporulation (1.05×10^6 à 25°C). (fig.28)

L'analyse de la variance montre une différence significative entre les isolats (annexe 9)

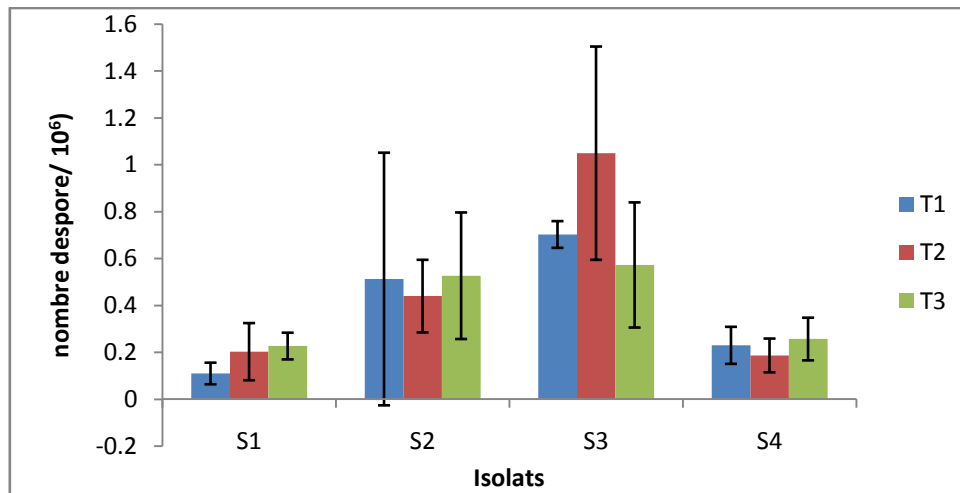


Figure 28: sporulation d'*alternaria* sp à différentes température 20, 25 et 28°C.

I.6. Test du pouvoir pathogène

Les observations relatives au test de pathogénicité du champignon ont révélé l'apparition des symptômes au bout du 1er jour de l'inoculation sur les variétés de pomme de terre Alaska, Toareg, Spunta, Pamila et Fabula. Toutefois sur Bartina les symptômes sont apparues 2 à 3 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 apport aux échantillons témoins non inoculés (Fig. 25).

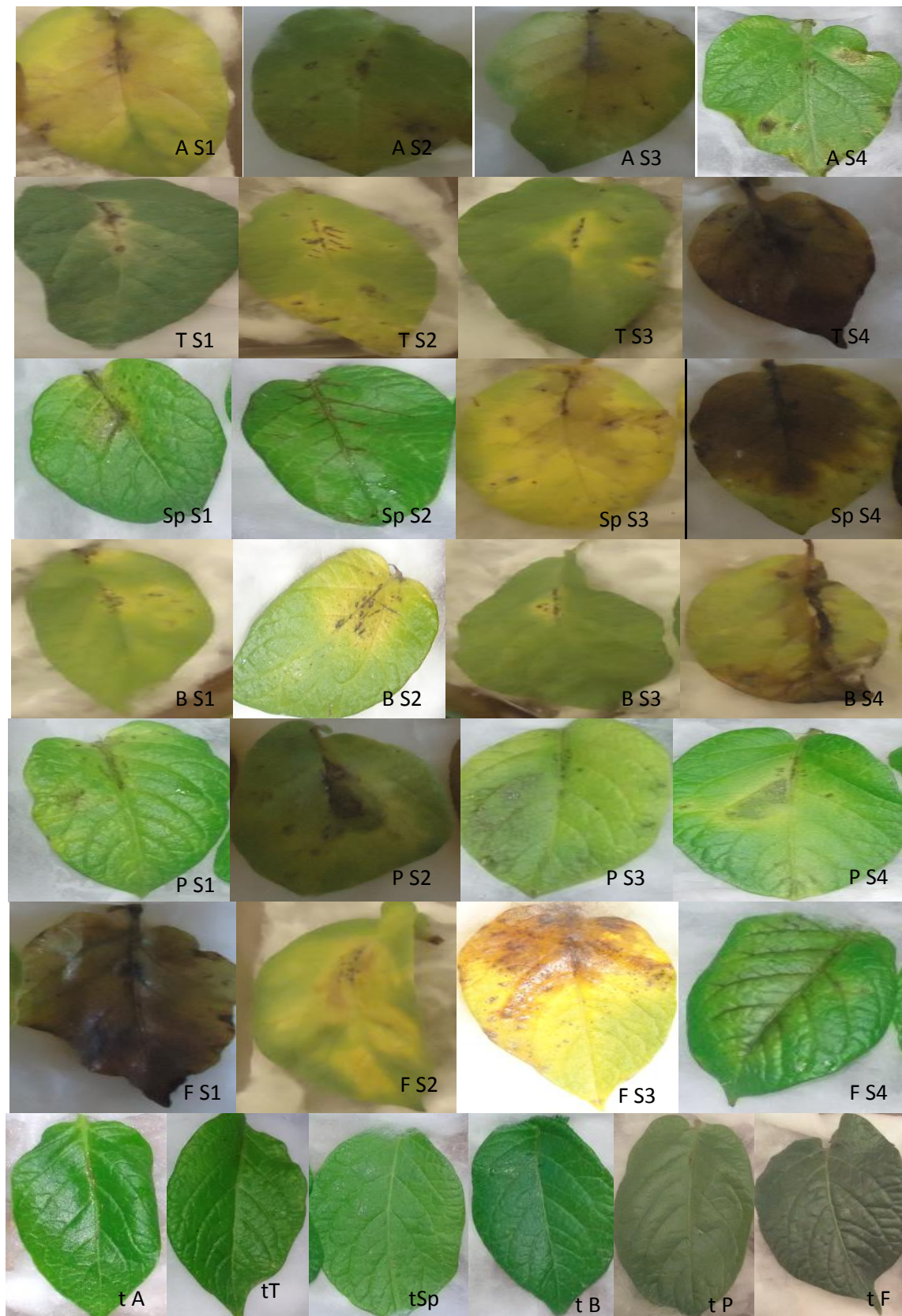


Figure 29: Symptômes d’alternariose à différents degrés d’attaque sur folioles de pomme de terre inoculée par *l’alternaria sp.*

A : Alaska ; **T** : Touareg ; **Sp** : spunta ; **B** : bartina ; **P** : Pamila ; **F** : Fabula ; **t** : Témoin

I.7. Virulence de la maladie

L'agressivité des isolats est exprimée par l'indice moyen de nécrose calculé pour chaque couple pathogène-hôte. La figure 30 montre que le PDI des isolats fongiques à 128 heures a atteint 100% pour la majorité des isolats, par contre pour les isolats S₁ et S₂ sur la variété Touarg (annexe 14). Le PDI atteint 53.33% et 48.883% respectivement (fig.30)

D'après les analyses de variance (Annexe 13) nos résultats relèvent une différence significative (0.56) de le PDI des isolats sur les feuilles des variétés de pomme de terre

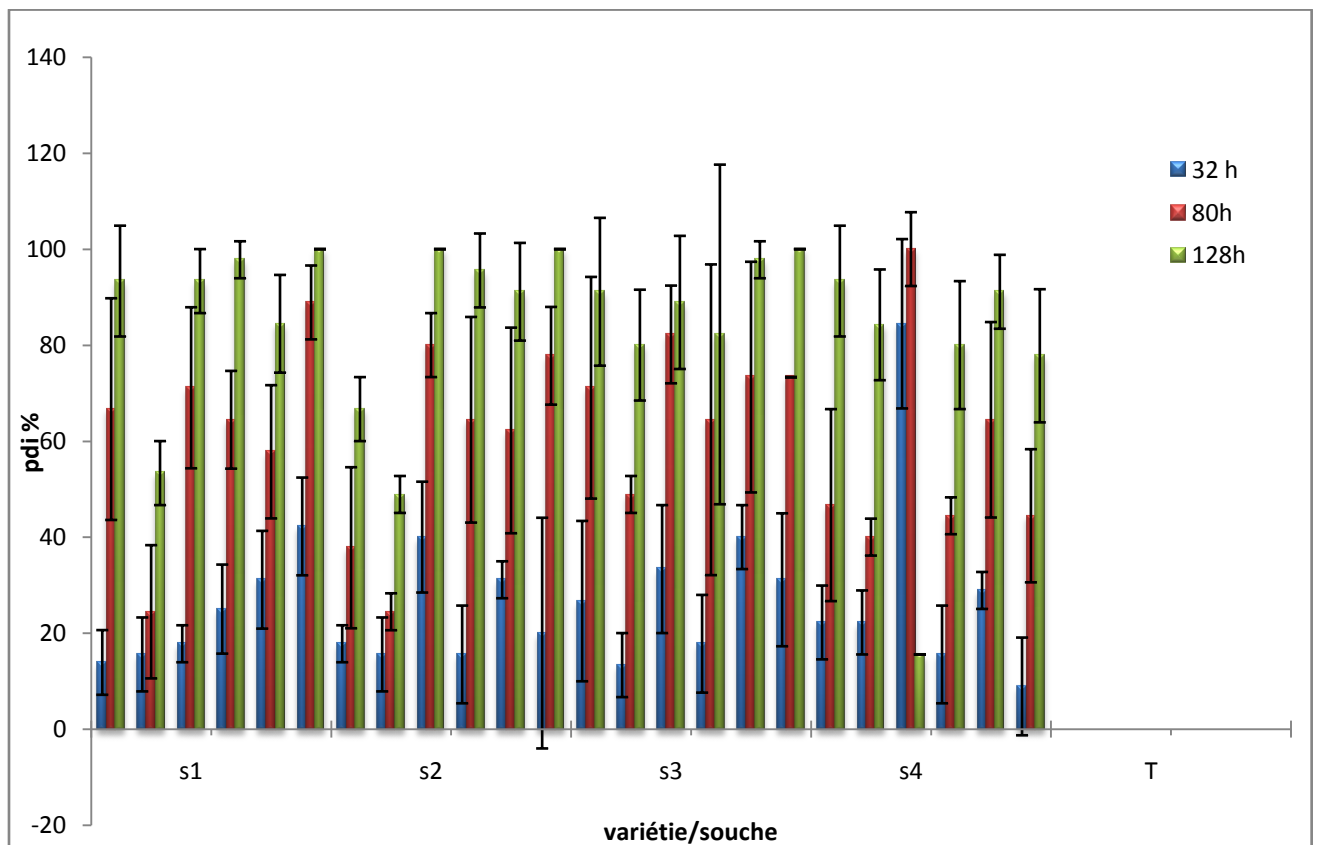


Figure 30 : Evaluation des symptômes de *alternaria sp* sur les folioles de six variétés de pomme de terre.

I.8. Postulat de koch :

Les résultats de ré-isolement d'après les observations macroscopiques et microscopiques confirment que les isolats *d'alternaria* (S₁.S₂.S₃.S₄) sont phytopatogènes et provoquent la maladie.

II. Discussion :

Ces recherches s'inscrivent dans le cadre de l'étude de la caractérisation morphologique de l'espèce d'*alternaria sp* l'agent causale de l'alternariose sur pomme de terre, et les meilleures conditions de croissance, une étude sur le degré d'agressivité a été menée.

Les observations de l'aspect macroscopique et microscopique sont les mêmes avec celles observées par 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 taille moyenne des conidies de nos isolats est de 20.15 à 22.815 \times 7.67 à 14.82 μ m les mêmes mesurant été signalée par Bessatad nabahat (2014) chez l'*A. alternata* 16.5 à 56.5 \times 14.5 μ m et d'*A. tinuissima* 22.5 à 42 \times 8.5 à 12.5 μ m qui sont des espèces appartenant à la section *alternata*. En revanche, la section *porri* est caractérisée par une taille allant de 140.8 à 432 \times 12.8 à 38.4 μ m.

La composition du milieu constitue un paramètre physique important qui affecte la croissance mycélienne et la sporulation des isolats. Les deux milieux de cultures : EP et PCA sont favorables pour la croissance, par contre on note une faible croissance sur le milieu de culture Malt agar. Ces résultats sont corroborés par ceux de Benichou, 2011 et Benada, 2010.

La majorité des isolats se développent à une température allant de 25°C à 28°C, ces résultats sont en accord avec les publications de Martin et Fernandez, (2006) ; Garibaldi et al ; 2007 ; Pose et al ; (2009) ; Hubballi et al ; (2010) et Khalef, (2012) qui ont rapporté que 27°C est la température optimale pour la croissance des espèces de la section *alternata*. Par ailleurs, la température optimale des espèces de la section *porri* se situe entre 20 à 25°C.

Le test de pathogénéicité réalisé donne des pourcentages élevés de nécrose presque similaire pour la majorité des isolats. Ces mêmes résultats sont signalés par Droby et al ; (1984) et Mirkarimi et al ; (2013), qui indiquent que *A. altarnata* et *A. tinuissima* constituent l'agent causal de taches brunes sur le feuillage de pomme de terre. En outre, les espèces d'*A. alternata* et *A. tinuissima* produisent des toxines spécifiques (THS) qui sont des facteurs de virulences essentiels déterminant leur gamme d'hôtes (Nutsugah et al ; 1994 ; Kohmoto et al ; 1995), en réaction les plantes constituent des dépôt de lignine sur la paroi cellulaire des cellules infectées (Von ramma, 1962) afin de limiter la propagation du pathogène.

Conclusion générale

L'alternariose est une maladie peu connue à ce jour, notamment en ce qui concerne ses conditions de conservation et de contamination. Durant la saison 2018, la maladie identifiée comme la principale affection sur pomme de terre dans la région de Sirat (jusqu'à 71% d'incidence).

Au terme de ce travail, qui a porté sur la caractérisation morphologique, culturale et le pouvoir pathogène d'*alternaria sp* isolée à partir des feuilles de pomme de terre présentant des symptômes de la maladie, nous avons obtenus des connaissances relatives au pathogène responsable d'*alternaria* qui peuvent être exploités comme moyen de prévention de la maladie.

La classification des *Alternaria* est d'abord fondée sur les caractéristiques morphologiques du thalle et des spores. Parmi les isolats étudiés (S₁, S₂ et S₄) représentent l'espèce *A.alternata* et S₃ l'espèce *A. tinuissima*.

Les résultats concernant les facteurs abiotiques ont démontré que les conditions optimum pour une bonne croissance mycélienne et la sporulation sont une température de 28°C et le milieu EP.

En ce qui concerne l'essai de patogénéicité, les résultats ont montrés que les quatre isolats d'*alternaria* sont très virulents entraînant un brunissement presque complet des folioles inoculées après une semaine. D'autre part nous avons montré que la variété de pomme de terre Touareg montre une meilleure résistance à l'alternariose par rapport aux autres variétés.

Enfin, cette étude a contribué à améliorer notre connaissance sur les maladies des plantes et notamment sur l'alternariose de la pomme de terre.

Les Références bibliographiques

Les références bibliographiques :

- **Agrios, G N.** 2005. Plant pathology Ed.5thEd. Elsevier, London. 922 :455
- **Abdelkadar, F,**2012. Etude comparative de l'infection des sols par quelques champignons pathogènes en conditions de semis direct et de travail conventionnel.
- **André. Ch.**2016. Le point sur L'alternariose de la pomme de terre. Grangeneuve Institut agricole de l'Etat de Fribourg IAG Séances phytosanitaires.
- **Andersen.B ,Frisvad. JC.**2004. Natural occurrence of fungi and fungal métabolites in moldy tomatoes. J. Agricul. Food Chem. 52 : 7507-7513.
- **Andersen, A ;Thrane, U.** 1996.Différentiation of *Alternaria infectoria* and *Alternaria alternata* based on morphology, metabolites profiles and cultural characteristics. Can. J. Microbiol. 42 :685-689.
- **Attrassi. K, Selmaoui.K, OuazzaniTouhami.A, Badoc. A, Douira.A,** 2005. Biologie et physiologie des principaux agents fongiques de la pourriture des pommes en conservation et lutte chimique par l'azoxystrobine. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 2005, 144, 47-62
- **Bartlett. DW, Clough.JM, Godwin.JR, Hall. AA, Hamer. M,Parr-Dobrzanski.B.**2002 The strobilurin fungicides. Pest Mang. Sci.58 :649-662.
- **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 nine cultivars. Can plant Dis Surv. 54 :45-51.
- **Benada. M.**2010. Etude de la variabilité phénotypique du champignon *alternaria dauci* pathogènes des *apiacées* en vue d'amélioration des méthodes de lutte. Université d'Oran es-senia.
- **Benoit, C.**2011. Réponses adaptatives d'*alternaria brassicicola* au stress oxydatif lors de l'interaction avec les *brassicacées*. Mémoire doctorat Ecole doctorale VENAM. université d'Angers.
- **Bernhards, U.**1998. La pomme de terre *solanum tuberosum* L. monographie. Institut National Agronomique Paris – Grignon.
- **Bessadat N,** 2014. Isolement, identification et caractérisation des *alternaria* sp. Responsables de la détérioration des plantes maraichères par des systèmes enzymatiques et moléculaires. Mémoire doctorat. Université d'Oran.

Les Références bibliographiques

- **Blancard, D. Laterrot, H. Marchoux, G. Candresse, T.**2012. A colour handbook- Tomato Diseases : identification, biology and control. Manson Publishing Ltd. 688 pp.
- **Boedo, C., Benichou, S., Berryer, R., Bersihand, S., Dongo, A. Simoneau, P. Lecomte, M., Briard , M., le Clerc, MV., Poupard, P.**2012. Evaluatn aggressivences and host ranges of *Alternaria dauci* in a controled envirenment. Plant pathology. 61 : 63-75.
- **Booth, C.**1971.the genus *Fusarium*. Comen welth technological institut, Kew, Surrey, Englend, 237p.
- **Bouciouf Dj, Benramdane N, 2013.** Contribution à l'étude du nématode du genre *globodera* dans les zones de production de pomme de terre an centre et à l'East du pays. Mémoire d'ingénieur d'état en agronomie. Ecole nationale supérieure agronomique El-Harrach Alger.
- **Boutoumou H, Boumaza M, 2016.** Etude de l'activité de *trichoderma sp.* Contre l'alternariose de la tomate. Mémoire master. Université des Frères Mentouri Constantine.
- **Boumlik, M.(1995).** Systématique des spermaphytes. Edition Office des Publications Universitaires. Ben AKnoun (Alger). 80
- **Bouznad, Z. Ait ouada, M, Kedad, A. Mokablia, A. Siafa, A. et Yahyaoui, S.**2008. principaux ravageurs et maladies de la pomme de terre : Agents responsables dégâts. Condition de développement et méthodes de lutte. Journée d'études sur la filière pomme de terre
- **Bourgeois, C.M. et Leverau, J.Y.** 1980. Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaire. Tome 3. Contrôle microbiologique. Edit technique et documentation. Lavoisier. Paris.
- **Boisson,C.Lahlou,H.**1983. Etudes de polymorphismes intra clonalche *verticilium albo-atrum* forme à microsclérotos. II- l'aptitude à varier chez les vivants morphologiques vol.61 (12) pp 3536-3542.
- **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
- **Botta, A. Viala, A.**2005. Toxicologie. Lavoisier 2eme édition. Paris 261 :1994 pp.

Les Références bibliographiques

- **Chebbah A, 2016.** Contribution à l'étude de la production de quelques variétés de pomme de terre dans la région de Tilimsen. Mémoire pour l'obtention de diplôme de master. Université de Telemcen.
- **Chehat, F.2008.** La filière pomme de terre Algérienne une situation précaire ; PP : 1-13, *in* journée d'étude sur la filière pomme de terre : situation actuelle et perspective, 18 juin 2008. INRA el-HARRACH, Alger.
- **Christine, J, 2000.** Maladies, insectes nuisibles et utiles de la pomme de terre. Edition IRDA sainte-foy Québec. Page 16.
- **Datar, VV., Mayee, CD.1981.** Assessment of loss in tomato yield due to early blight. *Indian phytopathology*. 34 :191-195
- **Dr.ir. L.J. Turkensteen, J. Spoelder M.Sc et Dr.ir. A. Mulder, 2010.** Will the real Alternaria please stand up In response to the 2009 Alternaria case in The Netherlands. Euroblight Workshop. Arras, France.
- **Ellisseche, D., Kerlan, M.C., Rousselle, P., Rousselle-Bourgeois, F., 2003.** Mapping QTLs for resistance against *Globodera pallida* (Stone) Pa2/3 in a diploid potato progeny originating from *Solanum sp egazini*. *Theoretical and Applied Genetics* .N°106, pp.1517-1523
- **Ellis, MB.** 1971. *Dematiaceou sphycomycetes*. Kew. 608pp.
- **Ellis, MB., Gibson, IAS.1975.** *Alternaria solanino*. 45 set 48. *Common welth Mycologyca l institut, kew, Surrey, UK.*
- **Erikson, OE., Hawksworth, DJ.1991.** Outline of ascomycetes. *Syst. ascomycet.* 9 : 39-271.
- **FAOSTAT.2015.** statistiques de la FAO.
- **Ferrar, JJ., Pryor, BM., Davis, RM.2004.** Alternaria diseases of carrot. *Plant disease.* 88 : 776-784.
- **Franklin L, 2001.** Alternaria diseases. University of California agriculture and natural resources. Publication 8040.
- **Gerd Stammler Franziska Böhme et Simone Miessner, 2014.** Methods for inoculation of tomatoes and potatoes with *Alternaria solani* in the greenhouse and field. BASF SE, Agricultural Center, Speyerer Strasse 2, 67117 Limburgerhof, Germany.

Les Références bibliographiques

- **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.
- **Gwary, DM. Nahunnaro, H.** 1998. Epiphytotics of earlyblight of tomatoes in Northeastern Nigeria. Crop Protection. 17 : 619-624.
- **Haweks, JG.,**1994.Potato genitics. International, walling ford, Origins of cultivated potatoes and spaises relationships. (Eds. Bradshaw, J.E and Mackay, G.R). CAB.
- **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 Archivein 2012 with funding from Agriculture and Agri-Food Canada - Agriculture et Agroalimentaire Canada ; page : 10-11.
- **INPV .2017.**institut national des protectio des végétaux
- **James,WC.,**1974. Assessment of plant disease and losses. Annual Review of Phytopathology 12:27-48
- **Logrieco, A. Moretti, A. Solfrizzo, M. 2009.** Alternaria toxins and plant diseases : an overview of origine, occurrence and risks. World Mycotoxin Journal. 2 (2) : 129-140
- **Marot ,J., 2008.** Guide de bonnes pratiques phytosanitaires en culture de pomme de terre. Comité régional phyto place croix du sud, 2 bte 3, B1348 louvain-la-neuve.
- **Madec et Perennec.(1962).** Les relations entre l'induction de la tubérisation et la croissance chez la pomme de terre. Ann.Phsio. Veg PP.05-83.
- **MADR.**2010. Statistiques du Ministère de l'Agriculture et du développement rural
- **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 4650gelsenkirchen-buer. Page : 21-22-23.
- **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.

Les Références bibliographiques

- **Neergaard, P., 1945.** Danish species of *Alternaria* and *Stemphylium*: taxonomy, parasitism, economic significance. Oxford University Press, London. 2- à- 287.
- **Ness, VonEsenbeck, GG. (1817).** System der Pilze UridSchwamme, Wurzburg. p234
- **Norme CEE-ONU,2014.**concernant la commercialisation et le contrôle de la qualité commerciale des Plants de pomme de terre,„Guide de la CEE-ONU sur les maladies, parasites et défauts des plants de pomme de terre. New York et Genève.Designed and printedat the United Nations, Geneva 1421074(F) 200 ECE/TRADE/416.p 12.13.
- **Rappily,F,1968.** Technique de mycologie en pathologie végétales. Ann epiphytes ;102p
- **Regueig, L. 2008.** Itinéraire technique de la culture de la pomme de terre en Algérie. Journée d'étude sur la filière pomme de terre. INA El Harrach 18 juin 2008.
- **Rousselle, p Robert, J.C. Crosnier, Ed, 1996,** la pomme de terre, INRA édition/imprimé en France-Jouve, 18, rue Saint-Denis, 75001paris N^o 235704N – dépôt : novembre 1996.
- **Rotem, J. 1994.** The genus *Alternaria*, biology and pathogenecit y. APS press, St. Paul, Minnesota. p 326
- **Ryckman, D. 2006.**L'alternariose : le point sur la question.
- **Sherf A.F., MacNab A.A. 1986.** Vegetable Diseases and TheirContol. 2 émeed. Wiley-IEEE
- **Soltner, D.1979.**les grandes productions végétales. Phytotechnie spéciale. 10éme Ed. 427P.
- **Soltner.2005.**Les grandes productions végétales. 20ème édition. Collection Sciences et Techniques Agricoles. 472p.
- **Simmons,EG., 2007.***Alternaria*. An Identification Manual. : CBS Biodiversity Series No. 6. CBS Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, the Netherlands 775
- **Strandberg, JO. 1992.***Alternaria* speices that attack vegetable cops : biology and options for disease management : In : Chelkowski J, Visconti A(eds) *Alternaria* biology, plant disease and metabolites. Elsevier, Amsterdam. 175-208.
- **Stuart Wale, H.W. (bud) platt, Nigel Cattlin, 2008.** Diseases, pests and disorders of potatoes. Copyright 2008 Mans on Publishin gL tdISBN: 978-1-84076-021-7

Annexe 01 :

Milieux de culture :

Milieux à base de décoction des feuilles de pomme de terre :

- Feuilles de pomme de terre 200 g
- Glucose 12g
- Agar-agar 20g

Les feuilles de pomme de terre sont découpées en morceaux puis infusées dans un ballon avec couvercle dans environ 800 ml d'eau distillée pendant 15 min. Après cuisson le liquide est filtré à travers une étamine et mélangé au glucose et à l'agar-agar, le volume final est ajusté à 1 litre puis stérilisé à autoclave.

Milieux PDA :

- Pommes de terre 200g
- Glucose 20g
- Agar-agar 20g

Les morceaux de pomme de terre pelée sont cuits dans un ballon avec couvercle dans environ 800 ml d'eau distillée pendant 30 min. Après cuisson le liquide est filtré puis étamine et mélangé au glucose et l'agar-agar et rempli jusqu'à 1 litre puis stérilisé à l'autoclave.

Milieux PCA

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

Les morceaux de pomme de terre et carotte pelé, sont cuits dans un ballon avec couvercle dans un environ de 500 ml d'eau distillé pendant 30 min. Après cuisson le liquide est filtré et mélangé à l'agar-agar et rempli jusqu'à 1 litre puis stérilisé à l'autoclave.

MEA

- Extrait de malt 10g
- Agar-agar 18g
- 1 litre d'eau distillé

Annexes

Annexe 2 : Résultat d'analyse de la variance d'influence de différents milieux de culture sur la croissance mycélienne d'*alternaria sp*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	15280,24	107	142,806				
VAR.FACTEUR 1	1008,059	3	336,02	89,522	0		
VAR.FACTEUR 2	6209,616	2	3104,808	827,183	0		
VAR.FACTEUR 3	5770,074	2	2885,037	768,632	0		
VAR.INTER F1*2	265,008	6	44,168	11,767	0		
VAR.INTER F1*3	217,244	6	36,207	9,646	0		
VAR.INTER F2*3	1455,09	4	363,773	96,916	0		
VAR.INTER F1*2*3	84,897	12	7,075	1,885	0,05049		
VAR.RESIDUELLE 1	270,25	72	3,753			1,937	11,74%

Annexe 3: Résultats de test Newman et keuls au seuil 5%

Facteur 1 : isolats

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	S1	18,398	A	
2.0	S2	18,352	A	
3.0	S3	18,065	A	
4.0	S4	11,222		B

Facteur 2 : Milieu de culture

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	M1	23,104	A	
2.0	M2	20,535		B
3.0	M3	5,889		C

Facteur 3 : Temps (jour)

F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	J9	25,396	A	
2.0	J6	16,639		B
1.0	J3	7,493		C

Annexes

Annexe 4: Résultat d'analyse de la variance d'influence de différentes températures sur la croissance mycélienne d'*alternaria sp*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	4799,373	107	44,854				
VAR.FACTEUR 1	1162,229	3	387,41	117,922	0		
VAR.FACTEUR 2	108,404	2	54,202	16,498	0		
VAR.FACTEUR 3	2816,144	2	1408,072	428,598	0		
VAR.INTER F1*2	153,85	6	25,642	7,805	0		
VAR.INTER F1*3	211,847	6	35,308	10,747	0		
VAR.INTER F2*3	30,106	4	7,526	2,291	0,06705		
VAR.INTER F1*2*3	80,251	12	6,688	2,036	0,03287		
VAR.RESIDUELLE 1	236,542	72	3,285			1,813	11,70%

Annexe 5 : Résultat du test de Newman et keuls au seuil de 5%

Facteur 1 :Isotats

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0	S2	18,935	A		
1.0	S1	18,546	A		
4.0	S4	12,898		B	
3.0	S3	11,602			C

Annexe 6 : Température

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	T3	16,91	A		
2.0	T2	14,861			B
1.0	T1	14,715			B

Facteur 3 : Temps (jours)

F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	J9	21,403	A		
2.0	J6	16,139		B	
1.0	J3	8,944			C

Annexes

Annexe 7: Résultats d'analyse de la variance sur la largeur des conidies d'*alternaria sp*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1675,445	79	21,208				
VAR.FACTEUR 1	86,422	3	28,807	1,378	0,25509		
VAR.RESIDUELLE 1	1589,022	76	20,908			4,573	20,95%

Annexe 8: Résultat d'analyse de la variance du la longueur des conidies d'*alternaria sp*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1058,765	79	13,402				
VAR.FACTEUR 1	649,869	3	216,623	40,263	0		
VAR.RESIDUELLE 1	408,895	76	5,38			2,32	23,36%

Annexe 9: analyse de la variance d'influence des milieux de culture sur la sporulation d'*alternaria .sp*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3,874	35	0,111				
VAR.FACTEUR 1	2,049	3	0,683	11,563	0,00008		
VAR.FACTEUR 2	0,048	2	0,024	0,409	0,67373		
VAR.INTER F1*2	0,359	6	0,06	1,014	0,44007		
VAR.RESIDUELLE 1	1,417	24	0,059			0,243	58,09%

Annexe 10 : Influence de température sur la sporulation d'*alternaria sp*

Facteur 1 : isolats

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	S2	0,261	A	
1.0	S1	0,237	A	B
3.0	S3	0,157	A	B
4.0	S4	0,141		B

Annexes

Facteur 2 : milieu/temps

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1.0	M1/T1	0,385	A		
3.0	M3/T3	0,159		B	
2.0	M2/T2	0,053			C

Annexe 11 : influence de température sur la sporulation

Facteur 1 : isolats

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	S3	0,776	A		
2.0	S2	0,493		B	
4.0	S4	0,224			C
1.0	S1	0,18			C

Facteur 2 : température/ temps

1 (t1/T1)	2 (t2/T2)	3 (t3/T3)
0,389	0,47	0,396

Annexe 12 : analyse de variance d'influence de milieu de culture sur la sporulation

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1,079	35	0,031				
VAR.FACTEUR 1	0,094	3	0,031	3,941	0,02019		
VAR.FACTEUR 2	0,692	2	0,346	43,507	0		
VAR.INTER F1*2	0,102	6	0,017	2,144	0,08474		
VAR.RESIDUELLE 1	0,191	24	0,008			0,089	44,85%

Annexes

Annexe13: résultats d'analyse de la variance du PDI

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	354236,9	269	1316,866				
VAR.FACTEUR 1	143532	4	35883	259,549	0		
VAR.FACTEUR 2	15217,25	5	3043,45	22,014	0		
VAR.FACTEUR 3	116416,1	2	58208,05	421,031	0		
VAR.INTER F1*2	15293,2	20	764,66	5,531	0		
VAR.INTER F1*3	30012,05	8	3751,506	27,135	0		
VAR.INTER F2*3	3624,594	10	362,459	2,622	0,00542		
VAR.INTER F1*2*3	5256,484	40	131,412	0,951	0,56012		
VAR.RESIDUELLE 1	24885,25	180	138,251			11,758	25,68%

Annexe 14: Résultats de Newman et Keuls au seuil de 5%

Facteur 1 : Isolats

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	S3	61,972	A		
1.0	S1	57,837	A		B
2.0	S2	54,935			B
4.0	S4	54,194			B
5.0	témoin	0			C

Facteur 2 : variétés

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	v3	54,517	A		
6.0	v6	50,961	A		
5.0	v5	50,219	A		
4.0	v4	44,479			B
1.0	v1	43,146			B
2.0	v2	31,405			C

Facteur 3 : temps (heures)

F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	h128	69,702	A		
2.0	h80	48,59			B
1.0	h32	19,071			C