



Réf : ...../UAMOB/F.SNV.ST/DEP. Agro/2021

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV      Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Protection des végétaux

Présenté par :

*BAKIRI Saïd & HADJOUT Salem*

*Thème*

**Etude comparative de deux maladies fongiques de la  
pomme de terre (le mildiou et l'alternariose) : Biologie de  
l'agent causal, pathogénicité et impact économique.**

Soutenu le: 15 /07/2021

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénoms</i>	<i>Grade</i>		
<i>MENZER Nour Eddine</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>MEBDOUA Samira</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promotrice</i>
<i>MAHDI Khadidja</i>	<i>MCA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>

Année Universitaire : 2020/2021

## Remerciements

Au terme de cette étude, on remercie avant, Dieu tout puissant et le miséricordieux de nous avoir guidés de suivre le chemin de la science et nous avoir permis la réalisation de ce présent travail.

Nous tenant vivement à exprimer notre profonde reconnaissance et gratitude à notre promotrice Mme **MEBDOUA.S** qui a bien voulu, par son aimable bienveillance, diriger cette étude, orienté, aidé et conseillé.

Nous tenons ainsi à remercier les membres des jurés Mme **MEHDI.K** et Mr **MENZER.N**

Nous tenons également à remercier également toute l'équipe pédagogique de la faculté SNV de Bouira

Tous les amis et les étudiants en particulier ceux de la promotion Master 02 PROTECTION DES VEGETEAUX.

Enfin, nous remercions toutes personnes, qui de près ou de loin ayant contribué à la réalisation de ce travail.

# Table des matières

Remerciements .....	
Liste des abréviations .....	
Liste des figures .....	
Liste des tableaux .....	
Introduction .....	1
<b>I. Chapitre 01 Synthèse bibliographique sur la pomme de terre.....</b>	<b>3</b>
1. Histoire et généralités sur la pomme de terre .....	3
2. Les compositions du tubercule de la pomme de terre .....	3
3. La systématique de la pomme de terre .....	4
4. Description morphologique .....	4
5. Appareil végétatif .....	5
A. Système aérien .....	5
B. Le système souterrain .....	9
6. Physiologie et cycle de reproduction de la pomme de terre.....	12
A. Cycle sexué .....	12
B. Cycle végétatif.....	12
7. Exigences écologiques de la pomme de terre.....	14
A. Exigences climatiques.....	14
B. Exigence édaphique.....	14
8. Techniques culturales pour la pomme de terre .....	15
A. Travail du sol .....	15
B. La fertilisation.....	15
9. Culture de la pomme de terre dans le monde .....	15
10. Culture de la pomme de terre en Algérie .....	16
11. La culture de pomme de terre dans la région de Bouira .....	17
<b>II. Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur l'alternariose de de la pomme de terre.....</b>	<b>19</b>
1. Historique du genre <i>Alternaria</i> .....	19
2. Classification et biologie des <i>Alternaria</i> .....	20
3. Les <i>Alternaria spp.</i> Inféodées à la pomme de terre dans le monde.....	21
4. Taxonomie des espèces d' <i>Alternaria</i> inféodées à la pomme de terre.....	22
5. Classification de l'alternariose .....	25
6. Données épidémiologiques de l'alternariose de la pomme de terre .....	25
7. Symptomatologie .....	26
8. Conditions favorables à son développement .....	28

9.	Cycle d'infection .....	29
10.	L'alternariose de la pomme de terre en Algérie .....	31
III.	Chapitre 3 : Synthèse bibliographique sur le mildiou de la pomme de terre. ....	31
1.	Le genre <i>Phytophthora</i> .....	31
2.	Classification du mildiou de la pomme de terre .....	33
3.	Description morphologique .....	33
4.	Conditions de développement de la maladie .....	35
5.	Symptômes .....	35
6.	Les modes de reproduction de <i>P. infestans</i> .....	38
7.	Le type sexuel de <i>P. infestans</i> qui existe en Algérie .....	39
8.	Cycle épidémiologique .....	39
IV.	Chapitre 04 : Etude comparative entre l'alternariose et le mildiou de la pomme de terre.	
	43	
1.	Comparaison entre l'alternariose et le mildiou sur le plan biologique de l'agent causal et sur le plan de Pathogénicité .....	43
A.	L'alternariose.....	43
B.	Le mildiou .....	43
2.	Comparaison entre les conditions favorables au développement de l'Alternariose et du mildiou.....	44
3.	Comparaison entre les symptômes cause par l'alternariose et le mildiou .....	44
A.	Au niveau des feuilles .....	44
B.	Au niveau des tiges .....	45
C.	Au niveau des tubercules .....	45
4.	Comparaison entre les impacts économiques cause par l'alternariose et le mildiou .....	46
A.	Les dégâts de l'alternariose sur pomme de terre.....	46
B.	Les dégâts du mildiou sur pomme de terre.....	46
5.	Les méthodes de lutte contre l'alternariose et le mildiou .....	47
A.	La lutte contre l'Alternariose .....	48
1)	Les méthodes préventives les mesures consistent à : .....	48
2)	Lutte génétique .....	48
3)	Lutte biologique.....	49
4)	Lutte chimique.....	49
B.	La lutte contre le mildiou.....	49
1)	Prophylaxie .....	50
2)	Défanage.....	50
3)	Lutte par fongicides.....	50
4)	Lutte biologique par le bicarbonate.....	51

<b>6. La lutte contre le mildiou et l'alternariose de la pomme de terre sans pesticides .....</b>	<b>51</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>53</b>

## Liste des abréviations

% : Le signe pour cent.

°C : Degré Celsius.

µg : Microgramme.

µm : Micromètre.

ACIA : Agence canadienne d'inspection des aliments.

Arvalis : Institut du végétal des techniques agricoles françaises.

Ca : Calcium.

CMV : Cytomégalovirus.

DSA : Direction des services agricoles.

FAOSTAT : Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database.

GAPDH : Glycéraldéhyde-3-phosphate déshydrogénase.

H : Heure.

ha : Hectar.

HR : humidité relative.

ITIS : Système d'information taxonomique intégré.

K<sub>2</sub>O : Potassium.

MADRP : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

mg : Le symbole du milligramme, une unité de masse.

Mg : Magnésium.

N : Azote.

ONU : Organisation des Nations unies.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : Phosphore.

PDT : Pomme de terre.

pH : Potentiel hydrogène.

PVY : Virus Y de la pomme de terre.

q/ha : Quintaux par hectare.

RPB2 : DNA-directed RNA polymerase II.

S : Soufre.

t : Tonne.

TEF1 : Translation Elongation Factor 1.

TMV : Virus de la mosaïque du tabac.

TSWV : Virus de la maladie bronzée de la tomate.

TYLCV : Virus des feuilles jaunes en cuillère de la tomate

## Liste des figures

Figure 1 : Composition de la pomme de terre (Thrumteaks, 2018). .....	3
Figure 2 : Différentes parties de la pomme de terre (Soltner, 2005).....	5
Figure 3 : Tige de la pomme de terre (originale). .....	6
Figure 4 : Trois tiges de pomme de terre qui schématise trois types d'ailes (ACIA, 2013).....	6
Figure 5 : les différentes composantes d'une feuille de pomme de terre (ACIA, 2013). .....	7
Figure 6 : Inflorescence, fleur et diagramme floral de la fleur de pomme de terre (ACIA, 2013 ; Visoflora, 2010 ; Spedona, 2010). .....	8
Figure 7 : fruits et grains de la pomme de terre (Caron, 2012). .....	9
Figure 8 : Principaux organe extérieurs d'un tubercule de la pomme de terre (ACIA, 2013). .....	10
Figure 9 : les parties principales d'un germe du tubercule de la pomme de terre (ACIA, 2013). .....	11
Figure 10 : système racinaire de la pomme de terre, (A) germant à partir d'un tubercule, (B) germant à partir grains (Caron, 2012). .....	11
Figure 11 : Stades de développement de la Pomme de Terre (Soltner, 2005). .....	14
Figure 12 : Différents stades de développement des spores et conidiophores d' <i>Alternaria alternata</i> (Taralova et al. 2011).....	21
Figure 13 : Les espèces d' <i>Alternaria</i> inféodées à la pomme de terre.....	23
Figure 14 : Phylogénie des sections des <i>Alternaria</i> spp basée sur les séquences des gènes GAPDH, RPB2 et TEF1 (D'après Woudenberget et al. 2014).....	24
Figure 15 : Symptômes d' <i>A. Solani</i> sur les feuilles de la pomme de terre (Denis Gaucher, Arvalis. 2020).....	26
Figure 16 : Symptômes d' <i>A. Solani</i> sur la tige de la pomme de terre (Blancard, 2013). .....	27
Figure 17 : Symptômes d' <i>A. Solani</i> sur les tubercules de la pomme de terre (Blancard, 2013). .....	28
Figure 18 : Cycle infectieux de l' <i>Alternariose</i> de la pomme de terre (Agrios, 2005).....	29
Figure 19 : Sporanges et sporangiophores de <i>Phytophthora infestans</i> (Fry, 2008).....	34
Figure 20 : Zoospores à l'intérieur d'un sporange (W.Kirk, 2010). .....	34
Figure 21 : Oospores de <i>Phytophthora infestans</i> (Grossissement X 100).....	35
Figure 22 : Symptômes du mildiou sur les feuilles de la pomme de terre. A gauche et une nécrose foliaire cernée d'une zone verdâtre (Corder, 2017), le milieu et un mycélium en	

bordure de tache nécrotique (Corder, 2017), à droite c'est des sporanges et sporangiophores (Fry, 2008).....	36
Figure 23 : Symptômes du mildiou observés au niveau de la tige de la pomme de terre. ....	37
Figure 24 : Symptômes du mildiou au niveau des tubercules de la pomme de terre (http://plantdepommedeterre.org/index/mildiou).....	38
Figure 25 : Cycle épidémiologique de <i>P. infestans</i> (Wharton et Havmalm, 2012).....	41
Figure 26 : Cycle de multiplication du mildiou (Haine et Verlaine, 2006).....	42

## Liste des Tableau

Tableau 1 : Les exportations moyennes pour un rendement de 40 t /ha (Deschamp, 2013)....	15
Tableau 2 : Superficies, production et rendements des 10 premiers pays producteurs de pomme de terre durant l'année 2017 ( <a href="http://faostat.org">http://faostat.org</a> ).....	16
Tableau 3 : Evolution des superficies, de la production et des rendements de la pomme de terre en Algérie durant la période 2007-2019 ( <a href="http://faostat.org">http://faostat.org</a> ). ....	17
Tableau 4 : Production de PDT dans la wilaya de Bouira (DSA de Bouira, 2019). ....	18
Tableau 5 : Les 64 morpho-espèces de Phytophthora présentés par (Erwin et Ribeiro, 1996)..	32

# Introduction

## Introduction

La pomme de terre *Solanum tuberosum* est plante herbacée appartenant à la famille des solanacées, vivace par ses tubercules mais toujours cultivée comme une culture annuelle.

Le tubercule de la pomme de terre est une source importante de glucides, elle figure parmi les légumes les plus consommés et est la principale denrée alimentaire non céréalière du monde, elle est recommandée par l'ONU pour atteindre la sécurité alimentaire (Richonnet, 2004).

La pomme de terre représente la culture de solanacée la plus importante sur le plan économique et le principal légume le plus populaires en Algérie. Cette culture est répartie à travers les diverses zones bioclimatiques de l'Algérie (humide, subhumide, semi-aride, aride et saharien). Elle a occupée en 2016 plus de 150.000 hectares pour un rendement moyen de 300q/ha.

La pomme de terre qui est considérée comme une culture de plein champ occupe des superficies importantes dans plusieurs régions, les principales zones de production sont : Mascara, Mostaganem, Ain defla, Bouira, Skikda et El-Oued. Elle connaît trois types de cultures successives par an (primeur, saison et arrière-saison).

La production et les superficies algériennes de pomme de terre consommée essentiellement en frais sont passées respectivement de 1 506 859 t en 2007 à 4 606 403 t en 2017 et de 79 339 ha en 2007 à 148 692 ha en 2017 (FAOSTAT, 2017).

En Algérie, l'intensification de cette culture sans respect la rotation et les pratiques agro-techniques convenables a été remarquée durant ces deux dernières décennies, puisque les superficies consacrées à cette culture ont fortement augmenté notamment dans certaines régions littorales du Nord ainsi que dans les zones sahariennes comme El Oued. Cette situation a engendré un développement important des maladies dues à des champignons (mildiou, alternariose, rhizoctone brun, pourriture grise, etc.), à des bactéries (flétrissement bactérien, pourriture bactérienne, gale bactérienne, etc.), à des virus (PVY, TMV, CMV, TSWV, TYLCV, etc.) et à des nématodes (nématodes à galle, nématodes à kystes, nématodes à lésions racinaires, etc.). Parmi les maladies fongiques les plus connues de la pomme de terre figurent le mildiou et l'alternariose.

L'alternariose ou brûlure alternarienne causée par un complexe d'espèces appartenant au genre *Alternaria* représente l'une des maladies foliaires les plus destructrices de la pomme de

## Introduction

terre et de la tomate. Cette maladie que les anglo-saxons dénomment également “early blight” (pour la différencier du “late blight” ou mildiou de la pomme de terre), “leaf spot”, “brown spot”, se manifeste par l’apparition sur les folioles de taches nécrotiques qui sont entourées le plus souvent d’un halo jaunâtre et qui sont plus ou moins circulaires avec la formation de cercles concentriques (d’où le nom de “Target spot” également attribué par les anglo-saxons à cette maladie). Des taches de forme allongée et des pourritures noires bien sporulantes peuvent se former sur les tiges et sur les fruits de la pomme de terre (Kumar et al. 2008).

Le mildiou causé par le champignon *Phytophthora infestans*, est une des maladies fongiques des plus graves de la pomme de terre, il est très répandu dans la majorité des zones de culture de la pomme de terre. Cette maladie touche tous les organes de la plante : jeunes pousses, les feuilles et pétioles, bouquets terminaux, tiges et tubercules, Les pertes de rendement peuvent atteindre de 80% à 100 %, en moins de trois semaines toute une culture de pomme de terre peut être entièrement détruite (Gaucher et al. 1998).

L’objectif de notre travail est de :

- Réaliser une synthèse bibliographique sur ces deux maladies fongiques de la pomme de terre.
- Réaliser une étude comparative entre ces deux maladies sur le plan biologique de l'agent causal, pathogénicité et impact économique.

# Chapitre 01 Synthèse bibliographique sur la pomme de terre

## I. Chapitre 01 Synthèse bibliographique sur la pomme de terre

### 1. Histoire et généralités sur la pomme de terre

La famille des Solanacées comporte environ 90 genres et plus de 3000 espèces originaires principalement du sud et du centre de l'Amérique. *Solanum L.*, représente le plus grand genre de cette famille englobant 1250 à 1700 espèces dont certaines sont économiquement importantes comme, notamment la pomme de terre et la tomate.

La pomme de terre est une plante herbacée, vivace cultivée comme plante annuelle, elle est originaire des hauts plateaux des Andes péruviennes et boliviennes où les incas connurent ce tubercule depuis plus de 10 000 ans (Stevenson et al. 2001).

La pomme de terre est introduite en Europe vers la fin du XVI<sup>e</sup> siècle à la suite de la découverte de l'Amérique par les conquistadors espagnols, elle s'est rapidement diffusée dans le monde et en 2015 cultivée dans plus de 150 pays sous pratiquement toutes les latitudes habitées.

### 2. Les compositions du tubercule de la pomme de terre

Le tubercule de la pomme de terre est composé de 77% d'eau, 1,5% de protéines, 2% de vitamines et minéraux, 17,6% d'amidon, 1,8% de fibres et 0,1% de matières grasses en moyenne (figure 01).

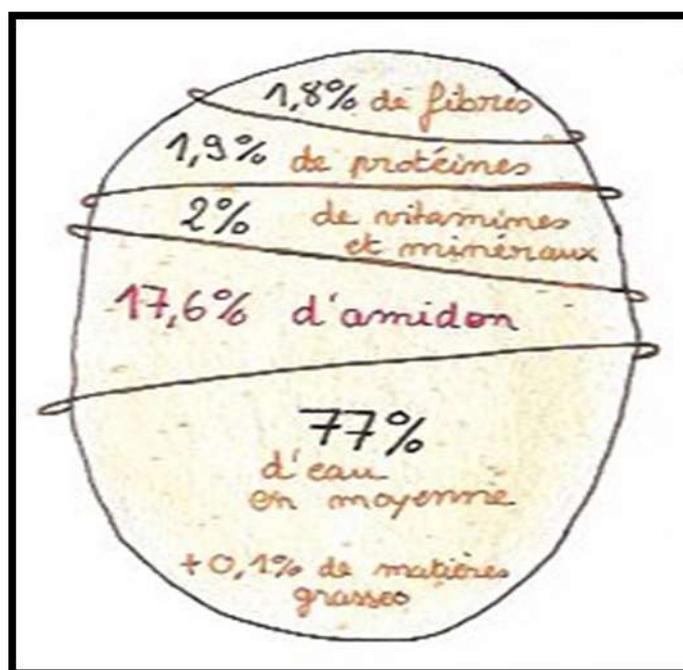


Figure 1 : Composition de la pomme de terre (Thrumteaks, 2018).

## Chapitre 01 Synthèse bibliographique sur la pomme de terre

Elle contient également des vitamines telles que la vitamine B6 à raison de 0,34 mg /100g, et la vitamine B9 à raison de 31,10 µg /100g, Pour les macroéléments le Potassium est présent à raison de 363mg /100g (Aprifel, 2014).

### 3. La systématique de la pomme de terre

Selon ITIS, 2021.

Règne : Plantae

Phylum : Tracheophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Solanales

Famille : Solanaceae

Genre : *Solanum*

Espèce : *Solanum tuberosum L*

### 4. Description morphologique

La pomme de terre est une plante herbacée, tubéreuse à feuilles caduques (elle perd ses feuilles et ses tiges aériennes dans la saison froide), à port dressé, qui peut atteindre 1 m de hauteur c'est une vivace grâce à ses tubercules (figure 02), à condition que le climat leur permette de survivre à la saison froide (Milan, 2001).

Du point de vue botanique elle n'est pas un légume racine mais un légume tige car les tubercules sont des tiges souterraines transformées.

## Chapitre 01 Synthèse bibliographique sur la pomme de terre

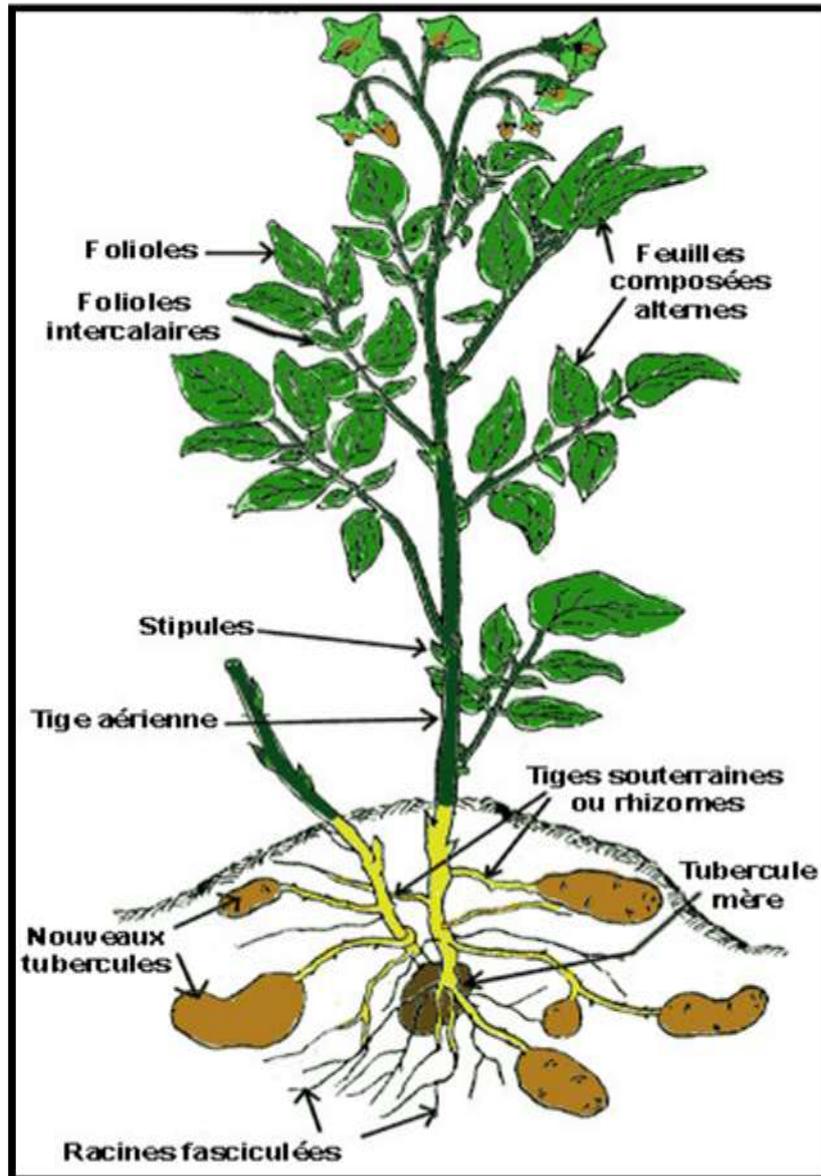


Figure 2 : Différentes parties de la pomme de terre (Soltner, 2005).

### 5. Appareil végétatif

En effet la pomme de terre présente deux systèmes : un système aérien et un système souterrain. Le système aérien est composé de tige, feuilles, fleurs, fruits et graines. Le système souterrain est composé de racine, stolons, tubercules et germes.

#### A. Système aérien

##### A. La tige

Les plantes germant à partir des graines ont une seule tige principale, tandis que celles germant à partir des tubercules peuvent en produire plusieurs. Les tiges sont en section ronde, anguleuse, portent les feuilles et les bourgeons axillaires qui se développent et forme des tiges

## Chapitre 01 Synthèse bibliographique sur la pomme de terre

latérales et des stolons (figure 03), Les tiges peuvent être pleines ou partiellement creuses dans le cas d'une destruction des cellules de la moelle (Faiguenbaum et Zunino, 2000).

Les tiges sont herbacées, succulentes et peuvent atteindre de 0,6 à 1,0 m de long, généralement de couleur verte mais il arrive qu'elle présente une coloration rouge brune ou pourpre. La tige s'incline progressivement vers le sol à mesure qu'avance la maturité de la plante, dans la phase finale de leur développement, les tiges aériennes peuvent devenir relativement ligneuses (Milan, 2001).



Figure 3 : Tige de la pomme de terre (originale).

Les ailes sont des crêtes longitudinales sur les tiges, le fait qu'elles soient droites ou sinueuses est souvent utile pour confirmer l'identité d'une variété (figure 4), les entre-nœuds sont creux chez la plupart des variétés, Les caractères des ailes sont peu modifiés par l'environnement (ACIA, 2013).

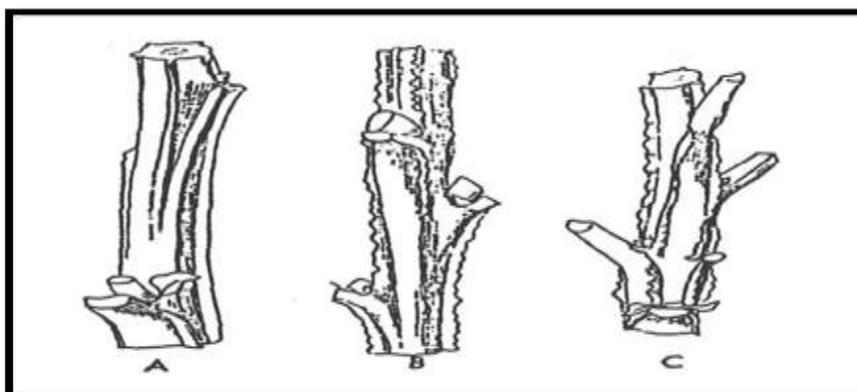


Figure 4 : Trois tiges de pomme de terre qui schématisent trois types d'ailes (ACIA, 2013).

## Chapitre 01 Synthèse bibliographique sur la pomme de terre

### B. Les feuilles

Les feuilles de la pomme de terre sont caduques et alternes, font de 10 à 20 cm de long, elles sont insérées sur la tige, elles sont composées. Les folioles sont de forme lancéolée (la forme d'une lance) et de tailles variées, elles peuvent être rattachées directement sur le rachis (sont sessiles) ou par des petits pétioles, et on trouve des folioles primaires disposées le long d'un rachis se terminant par une foliole terminale (figure 5), entre ces folioles primaires on peut observer de plus petites folioles dites secondaires. Le pétiole est la partie de la rachi située sous la première paire de folioles primaires, à la base du pétiole (ACIA, 2013)

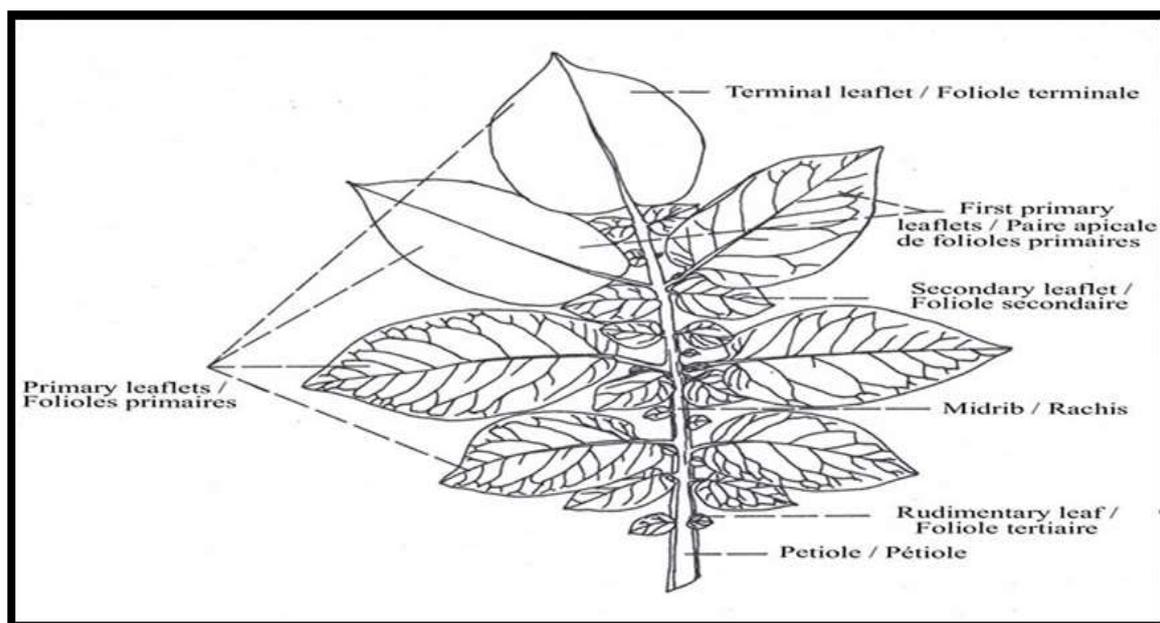


Figure 5 : les différentes composantes d'une feuille de pomme de terre (ACIA, 2013).

### C. L'inflorescence et les fleurs de la pomme de terre

#### L'inflorescence

L'inflorescence est une cyme (est une inflorescence simple dans laquelle l'axe principal est terminé par une fleur) qui naît à l'extrémité de la tige. Elle compte généralement entre 7 et 15 fleurs, le nombre d'inflorescences varie fortement selon les cultivars. Les pédicelles, les boutons floraux et le pédoncule font partie de l'inflorescence (figure 6).

Le pédoncule de l'inflorescence est normalement divisé en deux ramifications, par la suite chaque ramification se divise généralement en deux autres ramifications, ainsi elles forment une inflorescence en cyme (ACIA, 2013).

## Chapitre 01 Synthèse bibliographique sur la pomme de terre

Approximativement au moment où s'ouvre la première fleur, une nouvelle tige, qui donnera naissance à une nouvelle inflorescence, se développe à l'aisselle de la feuille proximale. En général 2 à 3 fleurs s'ouvrent chaque jour. Elles restent ouvertes de 2 à 4 jours si bien que chaque inflorescence présente de 5 à 10 fleurs ouvertes en même temps pendant le pic de la floraison.

### Les fleurs

Les fleurs de pomme de terre ont un diamètre de 3 à 4 cm, sont régulières avec une symétrie pentamère typique de la famille des Solanacées et de couleur qui varie entre blanche, violette et bleu pâle (figure 6), (ACIA, 2013).



Figure 6 : Inflorescence, fleur et diagramme floral de la fleur de pomme de terre (ACIA, 2013 ; Visoflora, 2010 ; Spedona, 2010).

Les fleurs de pomme de terre sont hermaphrodites (bisexuées), elles possèdent les quatre parties essentielles d'une fleur : le calice, la corolle, les organes mâles (androcée = étamines) et les organes femelles (gynécée = pistil) (figure6). La fleur de pomme de terre est constitué de 5sépales(S), 5 pétales (P), 5 étamines (Et) et un ovaire supère (Ov).

### Les fruits et graines

Le fruit de la pomme de terre est une baie contenant des grains qui ressemble à une petite tomate pas comestible, et qui ne sont utilisées qu'en amélioration génétique, afin d'obtenir de nouvelles variétés (Roger et Michel, 1980), sa forme est généralement sphérique ou ovoïde, son diamètre varie généralement de 1 à 3 cm et sa couleur peut aller du vert au jaunâtre, ou de marron rougeâtre à violet. Les baies présentent deux loges et peuvent contenir approximativement de 200 à 400 graines. Elles sont groupées en grappes terminales (figure 7)

## Chapitre 01 Synthèse bibliographique sur la pomme de terre

Les graines sont ovales et plates ou réniformes et de couleur blanche, jaune ou marron jaunâtre, ils sont de petites taille, avec un petit hile qui indique leur point d'attache sur l'ovaire dans ce cas-ci on parle de semences vraies ou botaniques, on compte de 1 000 à 1 500 graines pour un gramme. Elles sont albuminées et l'embryon est enroulé (figure7), (Pierre et Gallouin, 2007).



Figure 7 : fruits et grains de la pomme de terre (Caron, 2012).

### B. Le système souterrain

- **Les stolons**

Les stolons de la pomme de terre sont des tiges latérales qui se développent horizontalement à partir des bourgeons de la partie souterraine des tiges. Les stolons peuvent éventuellement produire des tubercules suite au renflement de leurs extrémités, cependant tous les stolons ne forment pas de tubercules, si un stolon n'est pas recouvert de terre, il croît verticalement comme une tige normale avec son feuillage (ACIA, 2013).

- **Les tubercules**

Du point de vue morphologique, les tubercules sont des tiges modifiées ils représentent l'organe principal de réserve de la plante de pomme de terre. Un tubercule a deux extrémités. Le talon est rattaché au stolon, et à l'opposé se trouve l'extrémité apicale (distale ou couronne), à leur surface on peut observer des yeux, alignés sur cinq génératrices et disposés selon une courbe hélicoïdale qui court depuis la cicatrice basale (point d'attache du tubercule sur le rhizome), jusqu'à l'apex, à l'extrémité opposée, où ils sont les plus nombreux. Ces yeux

## Chapitre 01 Synthèse bibliographique sur la pomme de terre

comportent normalement trois germes. Observables également à la surface, les lenticelles sont des orifices circulaires qui permettent la respiration, leur nombre varie en fonction de la superficie, de la taille du tubercule et des conditions du milieu (figure 08), (Jean-Marie, 2006 ; Pierre et Gallouin, 2007).

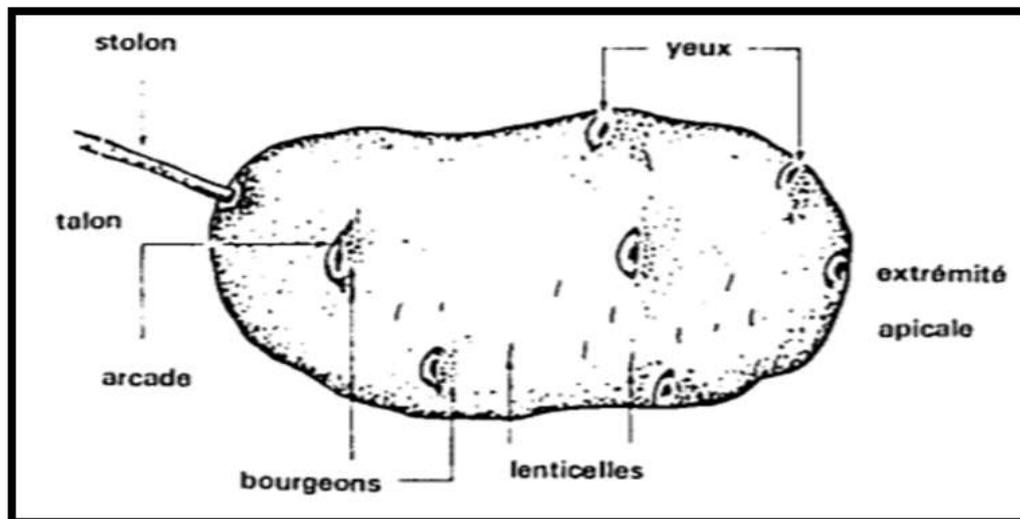


Figure 8 : Principaux organe extérieurs d'un tubercule de la pomme de terre (ACIA, 2013).

Ils sont de taille et de forme variable selon les variétés, leur forme étant classée en quatre grands types : claviformes, oblongs, arrondis souvent bosselés, cylindriques et allongés plus ou moins bosselés. Leur peau est généralement jaune, mais peut être rouge, noire, ou rosée, mais la chair est blanche, jaune plus ou moins foncé, rose ou violette selon les variétés (ACIA, 2013).

- **Les germes**

Les germes se développent à partir des bourgeons situés au niveau des yeux du tubercule. Les germes pouvant être blancs partiellement, colorés à la base ou à l'apex, ou presque totalement colorés. La base du germe forme normalement la partie souterraine de la tige et est caractérisée par la présence de lenticelles, après la plantation, cette partie produit rapidement des racines et ensuite des stolons ou tiges latérales (figure 9). Les germes se développent après une période de dormance plus ou moins longue, les premiers à se développer sont ceux situés à l'apex (ACIA, 2013).

## Chapitre 01 Synthèse bibliographique sur la pomme de terre

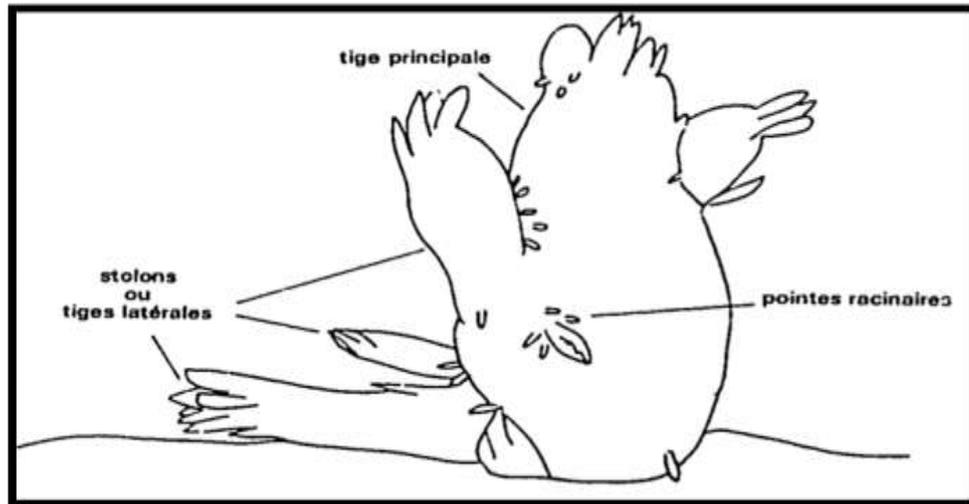


Figure 9 : les parties principales d'un germe du tubercule de la pomme de terre (ACIA, 2013).

- **Les racines**

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, les racines connaissent une croissance rapide depuis les premiers stades de développement jusqu'au moment où commence la formation des tubercules en comparaison avec d'autres cultures le système racinaire de la pomme de terre est chétif (ACIA, 2013).

Les pommes de terre peuvent se développer à partir de graines ou de tubercules, lorsqu'elles se développent à partir de graines elles forment une racine pivotante mince avec des racines latérales. Les plantes germant à partir des tubercules forment des racines adventives à la base de chaque germe (figure 10).



Figure 10 : système racinaire de la pomme de terre, (A) germant à partir d'un tubercule, (B) germant à partir grains (Caron, 2012).

## **Chapitre 01 Synthèse bibliographique sur la pomme de terre**

### **6. Physiologie et cycle de reproduction de la pomme de terre**

On peut multiplier la pomme de terre par graines, par boutures ou par tubercules. Le semis (avec graines) ne se pratique que dans le but d'obtenir de nouvelles variétés, la multiplication par boutures se pratique lorsqu'on ne dispose que de quelques tubercules de variétés méritantes et qu'on désire obtenir, la même année, un grand nombre de nouveaux tubercules, la multiplication la plus courante se fait par tubercules (Vreugdenhil et al. 2007).

#### **A. Cycle sexué**

La pomme de terre est très peu reproduite par graine dans la pratique agricole, elle est l'outil de la création variétale, la germination est épigée et les cotylédons sont portés au-dessus du sol par le développement de l'hypocotyle. En conditions favorables, quand la jeune plante a seulement quelques centimètres de hauteur, les stolons commencent à se développer d'abord au niveau des cotylédons puis aux aisselles situées au-dessus et s'enfoncent dans le sol pour donner des tubercules fils (Bernhards, 1998).

#### **B. Cycle végétatif**

Selon Soltner (1990), le cycle végétatif de pomme de terre comprend quatre phases principales :

- **Repos végétatif (dormance) :**

Après la récolte, la plupart des variétés de pommes de terre traversent une période où le tubercule ne germe pas, quelles que soient les conditions de température, d'éclairage et d'humidité. Il s'agit de la période de dormance, et sa durée dépend beaucoup de la variété et des conditions d'entreposage, et surtout de la température. Pour hâter la germination, on peut traiter chimiquement les tubercules de semence ou les exposer alternativement à des températures élevées et basses (Anonyme, 2003).

- **Croissance des germes :**

La germination se traduit par la levée de dormance. Le tubercule, après évolution physiologique interne, devient capable d'émettre à partir des yeux, des bourgeons qui constituent les futures tiges aériennes (Rousselé et al. 1996). D'après Peron (2006), l'incubation du germe est le temps qui s'écoulera entre le départ de la végétation et la formation des ébauches de tubercule à la base du germe.

## **Chapitre 01 Synthèse bibliographique sur la pomme de terre**

- **Croissance et développement végétative :**

Quand le tubercule est planté, ses germes se transforment et croissent au-dessus du sol en tige feuillées. Les bourgeons axillaires aériens donnent des rameaux et les bourgeons souterrains donnent des stolons (Grison, 1991). Le sommet du stolon commence à renfler et forme un tubercule et le système aérien se développe suivant un schéma régulier (tige, feuilles et bourgeons floraux), constituant un premier niveau de feuille, puis des tiges latérales apparaissent formant un deuxième niveau de feuilles (Vanloon, 1987).

- **Tubérisation :**

La tubérisation est l'accumulation des produits de la photosynthèse qui à lieu une hyperplasie souvent spectaculaire (Martin et al. 1982). Environ quinze jours après la tubérisation, les tubercules commencent à croître rapidement, donc dès ce moment-là plus grande partie de la matière sèche produite est acheminée vers les tubercules et que la croissance des fanes et des racines est ralentie (Vander Zaag, 1980).

Les différentes étapes du cycle de développement de la pomme de terre sont illustrées dans la figure 11.

## Chapitre 01 Synthèse bibliographique sur la pomme de terre

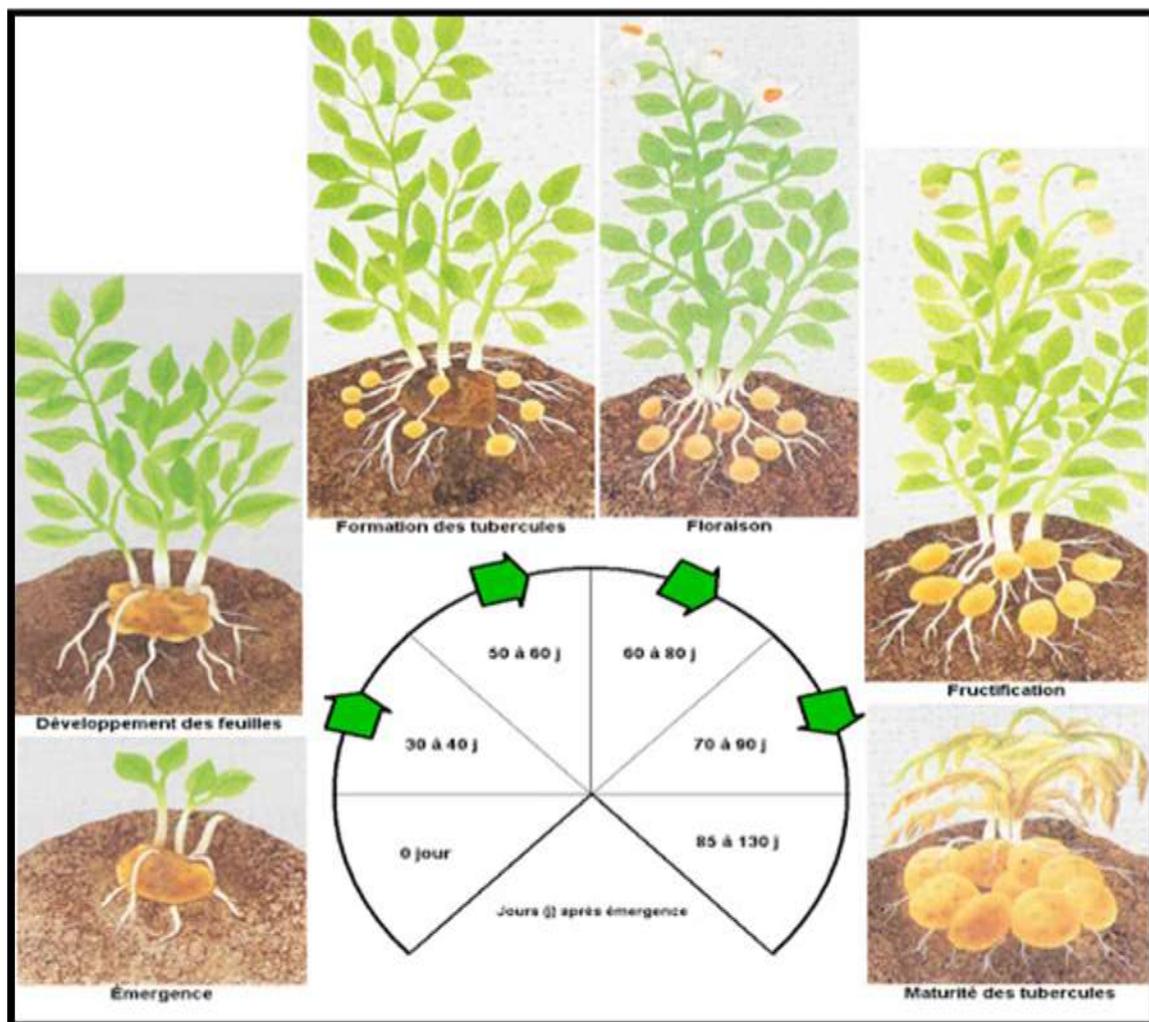


Figure 11 : Stades de développement de la Pomme de Terre (Soltner, 2005).

### 7. Exigences écologiques de la pomme de terre

#### A. Exigences climatiques

La croissance végétative de la pomme de terre est favorisée par la longueur élevée du jour. Une photopériode inférieure à 12 h favorise la tubérisation l'effet du jour long peut être atténué par les basses températures (Anonyme, 1999).

Les températures optimales de croissance des tubercules se situent aux alentours de 18°C le jour et 12°C la nuit. La température du sol supérieure à 25°C est défavorable à la tubérisation.

#### B. Exigence édaphique

La pomme de terre est une plante de terrains meubles et légèrement acides. Elle apprécie les sols légers à mi-lourds, profonds, au pH compris entre 6 et 7 (voire légèrement plus acides, jusqu'à un pH de 5,5), (Jobbé-Duval, 2007).

## Chapitre 01 Synthèse bibliographique sur la pomme de terre

### 8. Techniques culturales pour la pomme de terre

#### A. Travail du sol

La plupart du temps un labour est effectué suivi de plusieurs désherbages suivie d'un buttage pour la tubérisation (la pomme de terre a besoin d'obscurité) (Deschamp, 2013).

#### B. La fertilisation

La pomme de terre est une plante exigeante en éléments minéraux, principalement en potasse, l'azote, le phosphore, le magnésium, le calcium et le soufre (Tableau 01).

Tableau 1 : Les exportations moyennes pour un rendement de 40 t /ha (Deschamp, 2013).

Eléments minéraux	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mg	Ca	S	N
Les exportations kg /ha	240	64	12	16	12	120 – 150

La fertilisation fait appel à des engrais organiques (fumier, compost, engrais vert), avant l'hiver précédant à la culture pour permettre leur minéralisation. Potasse et phosphore sont généralement apportés en engrais de fond en automne ou hiver. L'apport azoté peut être fractionné, une partie sous forme ammoniacale à la plantation et une partie au buttage sous forme nitrique ou uréique, cette dernière forme pouvant être pulvérisée et combinée avec un traitement fongicide (Chambenoit et al. 2002).

### 9. Culture de la pomme de terre dans le monde

La pomme de terre constitue la culture non céréalière la plus importante à l'échelle mondiale où elle occupe le quatrième rang après le blé, le riz et le maïs (Bowen, 2003). Le secteur de la pomme de terre est en pleine évolution, pour sa grande importance diététique et économique, la pomme de terre est cultivée à travers les cinq continents du globe où sa culture est pratiquée dans plus de 150 pays (Chemak et al.2014).

Les superficies, les productions et les rendements réservés à cette culture des dix premiers pays producteurs de pomme de terre durant l'année 2017 sont indiqués dans le tableau 02.

## Chapitre 01 Synthèse bibliographique sur la pomme de terre

Tableau 2 : Superficies, production et rendements des 10 premiers pays producteurs de pomme de terre durant l'année 2017 (<http://faostat.org>).

Pays	Superficies (ha)	Production (t)	Rendements (q/ha)
1. Chine	5 767 481	99 205580	172,00
2. Inde	2 179 000	48 605 000	223,06
3. Russie	1 889 208	29 589 876	156,62
4. Ukraine	1 323 200	22 208 220	167,83
5. Etats Unis d'Amérique	415 010	20 017 350	482,33
6. Allemagne	250 500	11 720 000	467,86
7. Bangladesh	499 725	10 215 957	204,43
8. Pologne	329 323	9 171 733	278,50
9. Pays-Bas	160 791	7 391 881	459,72
10. France	173 486	7 342 203	423,21

### 10. Culture de la pomme de terre en Algérie

En 2019, l'Algérie a occupé la deuxième place, après l'Égypte, dans la production de la pomme de terre en Afrique, et la 16ème place à l'échelle mondiale (FAOSTAT, 2021). De par les superficies qui lui sont actuellement consacrées, la pomme de terre occupe en Algérie la deuxième place après les céréales. Par contre, elle se place au premier rang des cultures maraichères du point de vue de la superficie et de la production. Celle-ci est passée de 3 300 312 en 2010 à 5 020 249 tonnes en 2019 (FAOSTAT, 2021). La superficie réservée à cette culture a augmenté de 79 339 ha en 2007 à 157 864 ha en 2019 alors que le rendement est passé de 189,927qx/ha en 2007 à 318 ,011qx/ha en 2019 (FAOSTAT, 2021). L'évolution des superficies, de la production et des rendements de la pomme de terre en Algérie durant la période 2007-2019 sont indiqués dans le tableau 03. La culture de la pomme de terre qui est présente à travers toutes les zones climatiques algériennes est cultivée toute l'année selon trois modes de culture :

- **La culture de primeur** : Celle-ci est pratiquée surtout sur le littoral et dans certaines régions du sud (El Oued, Adrar). En 2014, ce type de culture a occupé une superficie de 5050 ha et a donné une production de 116 652 tonnes (MADRP, 2014).
- **La culture de saison** : Ce type de culture se pratique dans toutes les wilayas productrices de pomme de terre : Mascara, Tlemcen, Tiaret, Mostaganem, Chlef, Ain Defla, Tipaza, Alger, Boumerdes, Bouira, Tizi-Ouzou, Skikda, Guelma, Sétif, Mila, Batna et El Oued. En 2014, ce type de culture a occupé une superficie de 83 905 ha et a donné une production de

## Chapitre 01 Synthèse bibliographique sur la pomme de terre

2 689 029 tonnes (MADRP, 2014). Les rendements les plus élevés sont obtenus durant les cultures de saison.

- **La culture d'arrière-saison** : Ce type de culture se pratique dans des zones à forte potentialité d'irrigation. En 2014, ce type de culture a occupé une superficie de 98 731 ha et a donné une production de 1 864 692 tonnes (MADRP, 2014).

Tableau 3 : Evolution des superficies, de la production et des rendements de la pomme de terre en Algérie durant la période 2007-2019 (<http://faostat.org>).

Années	Superficies (ha)	Production (t)	Rendements (q/ha)
2007	79 339	1 506 859	189,92
2008	91 841	2 171 058	236,39
2009	105 121	2 636 057	250,76
2010	121 996	3 300 312	270,52
2011	131 903	3 862 194	292,80
2012	138 666	4 219 476	304,29
2013	140 000	4 400 000	314,28
2014	156 176	4 673 516	299,24
2015	153 313	4 539 577	296,09
2016	156 296	4 758 137	304,43
2017	148 692	4 606 403	309,79
2018	149665	4 653322	310,92
2019	157864	5 020249	318,01

### 11. La culture de pomme de terre dans la région de Bouira

La wilaya de Bouira est classée parmi les premières wilayas en matière de production de pomme de terre. La région d'El-Asnam ainsi que Ain-Bessem sont devenue ces dernières années un filon ou de nombreux agriculteurs activent dans d'immenses plains de pomme de terre.

La production de la pomme de terre a connu l'un des succès les plus notables de l'agriculture au cours des dernières années à la région de Bouira. Le tableau 04 présente la production et rendement ainsi que la superficie cultivée de la pomme de terre de saison (2017-2018) et d'arrière-saison (2018-2019) :

## Chapitre 01 Synthèse bibliographique sur la pomme de terre

Tableau 4 : Production de PDT dans la wilaya de Bouira (DSA de Bouira, 2019).

<b>Périodes</b>	<b>Programme</b>	<b>Superficie plantée (ha)</b>	<b>Production obtenue (Qx)</b>	<b>Rendement (Qx/ha)</b>
<b>Saison</b>	Consommation	163	47270	290
	Multiplication	56	12320	220
<b>Arrière-saison</b>	Consommation	126	39442	313
	Multiplication	23,5	6240	266

## Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur l'alternariose de de la pomme de terre

### II. Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur l'alternariose de de la pomme de terre

Au cours de ces dernières années, l'alternariose, une maladie cryptogamique causée par des champignons du genre *Alternaria*, est devenue dans de nombreuses régions du globe une maladie préoccupante pour les producteurs de pomme de terre ainsi que d'autres Solanacées (tomate, aubergine, poivron, piment, etc.). Les dommages causés par l'alternariose sont le plus souvent attribués à deux agents : *A. solani* et *A. linariae* (anciennement *A. tomatophila*) qui peuvent entraîner des réductions sur le rendement de 20 à 80 % pour la pomme de terre (Horsfield et al. 2010).

Bien que ce soit en 1817 que l'alternariose fut mentionnée pour la première fois, elle reste nettement moins étudiée que le mildiou (Amine Metahni, 2012). La maladie apparaît sur le feuillage et parfois aussi sur les tubercules. Les attaques au feuillage causent des réductions de rendement, on observe aussi des importantes pertes pendant le stockage causé par des tubercules affectées par les lésions de l'alternariose. Les symptômes de cette maladie peuvent parfois être cachés par l'incidence des autres maladies telles que la verticilliose (Vernier et al. 2018).

#### 1. Historique du genre *Alternaria*

Le genre *Alternaria* est un hyphomycète dont les espèces produisent des phaeodictyospores (dématiacée). Ce genre a été initialement mal décrit, en effet, il a été originellement établi par Nees avec comme espèce type *A. tenuis* (Nees von Esenbeck, 1817).

En 1832 Fries ne reconnaît pas ce genre dans son "Systema mycologicum" et cite l'espèce *A. tenuis* comme synonyme de *Torula alternata*, de plus il a érigé un nouveau genre *Macrosporium*, compliquant ainsi la taxonomie du genre *Alternaria*.

Par la suite, deux autres genres *Stemphylium* (Wallroth, 1833) et *Ulocladium* (Preuss, 1851) qui sont des hyphomycètes phaeodictyospores ont été décrits ce qui a compliqué encore plus la résolution taxonomique des *Alternaria*. En raison des ambiguïtés dans la description d'*A. Tenuis* établie par Nees, Von Keissler a synonymisées les trois espèces *A. tenuis* et *T. alternata* et *A. alternata*, qui est maintenant reconnue comme l'espèce type de ce genre (Von Keissler, 1912).

Par la suite Elliot en 1917 dans son étude comparative des genres *Alternaria* et *Macrosporium* a proposé six groupes morphologiques d'*Alternaria* avec une espèce

## Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur l'alternariose de de la pomme de terre

représentative caractérisant chaque groupe (Elliot, 1917). Mais en 1933 Wiltshire a considéré que le genre *Macrosporium* devrait être placé sur la liste des nomina ambigua (Un nom qui a perdu la capacité d'identifier clairement une espèce parce qu'il a été régulièrement utilisé par différents auteurs pour identifier différentes espèces), et a proposé sa suppression en faveur du genre *Alternaria* (Wiltshire, 1933).

Plus tard des systèmes de classification ont été proposés par Neergaard en 1945 qui se basant sur la longueur des chaînes de conidies, a regroupé les espèces en 3 sections (*longicatenatae*, *Brevicatenatae* et *Noncatenatae*) (Neergaard, 1945), et en 1964 Joly les a également classées en trois sections (*Claro-seminae*, *Brunneo-seminae* et *Rigidae*) sur la base de la couleur, de la rigidité ou de la symétrie latérale des conidies (Joly, 1964).

Ces classifications qui n'étaient pas en conformité avec les règles du Code international de nomenclature botanique de l'époque n'ont pas été adoptées (Lawrence et al. 2016). La classification morphologique du genre *Alternaria* a atteint finalement son apogée avec les travaux de Simmons qui a défini les caractères distinctifs de chaque espèce (Simmons et al. 2007).

### 2. Classification et biologie des *Alternaria*

Les membres du genre *Alternaria* possèdent des conidies septées avec cloisons transversales et longitudinales, les cellules sont multi nucléées (pluricellulaires) de couleur foncée généralement piriformes ou ovoïdes de tailles variables selon les espèces (Rotem, 1994), Elles possèdent un pigment de type mélanine qui leur servent de protection contre des conditions environnementales défavorables, y compris la résistance aux microbes et enzymes hydrolytiques (Rotem, 1994). Les champignons du genre *Alternaria* sont des Deutéromycètes (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, par conidies. Certaines espèces 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).

Tous les téléomorphes connus des taxons d'*Alternaria* ne sont pas membres du genre d'Ascomycète selon *Lewia* Barr et Simmons. *Lewia* est une ségrégation d'un groupe hétérogène d'espèces à ascoma « ou ascocarpe » relativement restreint historiquement accumulée dans *Pleospora* Rabh. (Sensu Wehmeyer, 1961). La relation des taxons d'*Alternaria* du groupe d'espèces *A. infectoria* avec ceux des espèces *Lewia* est maintenant

## Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur l'alternariose de de la pomme de terre

mieux établie à travers les nombreuses études sur les ascospores-à-conidies et les conidies-à-ascoma en cultures axéniques (Simmons, 2007). Les *Alternaria* sont classés dans l'ordre des Pleosporales, ayant des conidiophores peu différenciés, libres, disséminés sur le substrat et à croissance sympodiale et des conidies qui se forment hors d'un concept spécial (figure 12). La coloration foncée de leur mycélium et de leurs conidies les classe dans la famille des Pleosporaceae (Agrios, 2005).

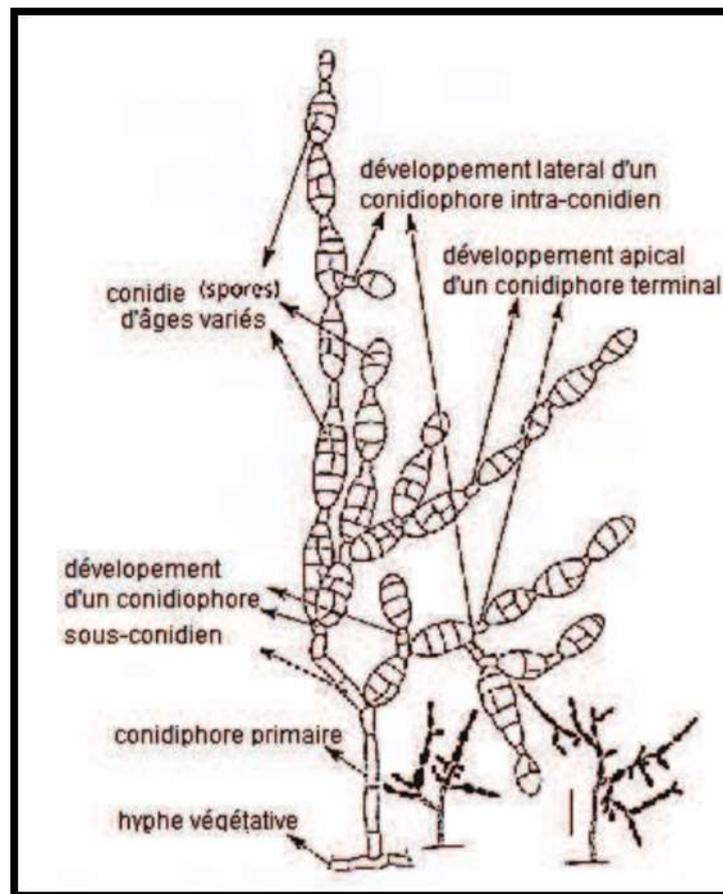


Figure 12 : Différents stades de développement des spores et conidiophores *d'Alternaria alternata* (Taralova et al. 2011).

### 3. Les *Alternaria spp.* Inféodées à la pomme de terre dans le monde

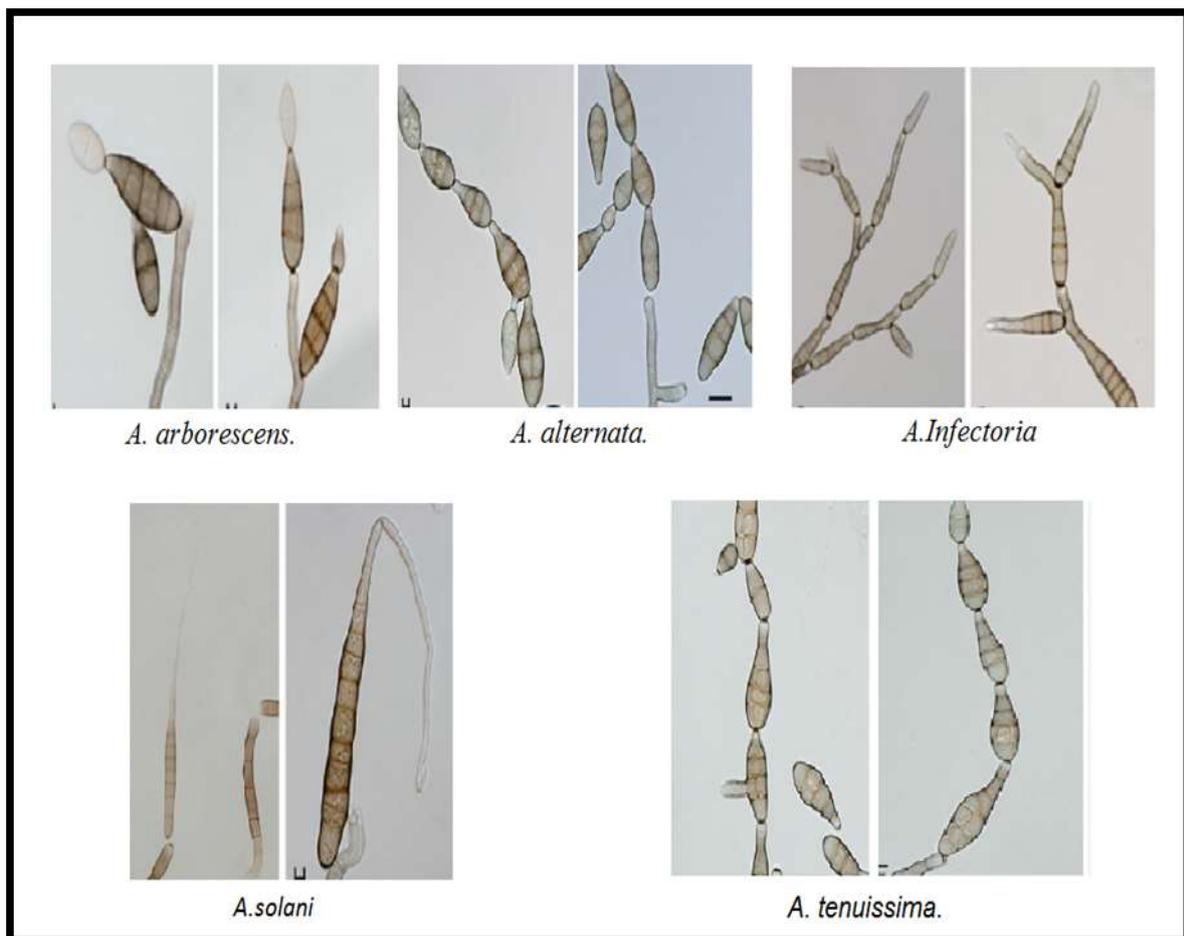
Les espèces appartenant au genre *Alternaria* sont extrêmement répandues dans divers habitats (Simmons, 1992), on reconnaît dans ce genre 276 espèces. Un certain nombre de ces espèces qui possèdent de grandes conidies provoquent des maladies importantes sur la pomme de terre comme : *A. solani*, *A. grandis*, *S. tuberosum*, *A. linariae*, *A. subtropica*, *A. elegans* et *S. lycopersicum* (Woudenberg et al. 2014). A ces dernières, il faut ajouter d'autres espèces à

## Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur l'alternariose de de la pomme de terre

petites conidies comme : *A. alternata*, *A. arborescens*, *A. infectoria* et *A. tenuissima* qui ont été également signalées sur tomate et sur pomme de terre (Kokaeva et al. 2018).

### 4. Taxonomie des espèces d'*Alternaria* inféodées à la pomme de terre

Les sections *Alternaria Porri* comportent certaines espèces rencontrées communément sur les Solanacées cultivées (Figure 13). Les sections *Alternaria* renferment des espèces ayant de petites conidies caténulées dont certaines comme *A. Alternata*, *A. arborescens*, *A. tenuissima* et *A. infectoria* ont été impliquées dans le complexe des pathogènes causant l'alternariose « early blight » et « brown spot » sur pomme de terre (Orina et al. 2010 ; Elansky et al. 2012 ; Bessadat et al. 2014, 2017 ; Kokaeva et al. 2018, Ayad, 2019). La section *Porri* contient la plupart des espèces ayant de grandes conidies pourvues d'un long bec, certaines de ces espèces sont des pathogènes importants de la pomme de terre et de la tomate comme *A. solani* et *A. tomatophila* qui sont responsables de l'alternariose « early blight » de ces deux cultures (Ayad, 2019) (Figure 14).



## **Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur l'alternariose de de la pomme de terre**

Figure 13 : Les espèces d'Alternaria inféodées à la pomme de terre

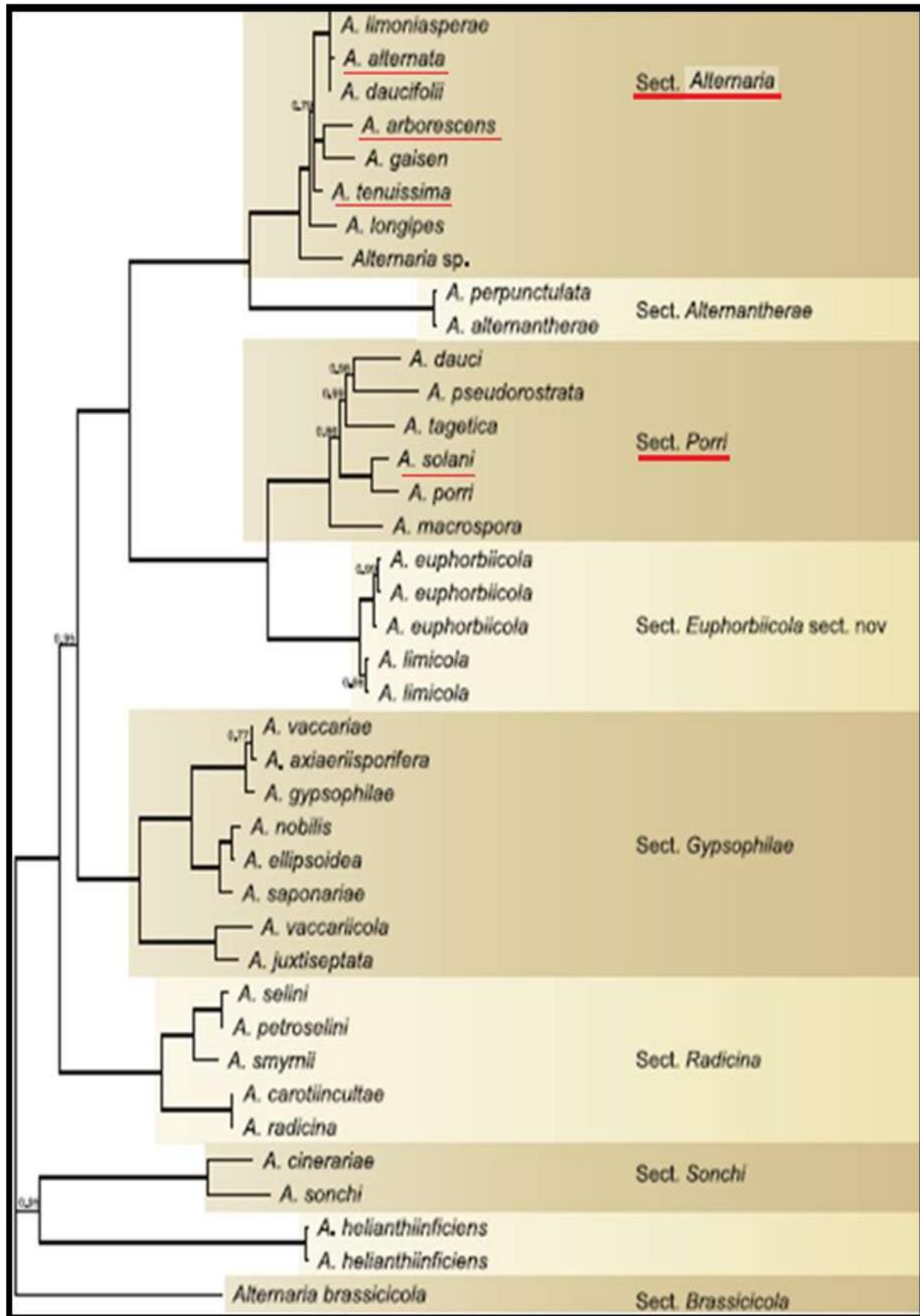


Figure 14 : Phylogénie des sections des *Alternaria* spp basée sur les séquences des gènes GAPDH, RPB2 et TEF1 (D'après Woudenberget et al. 2014).

## Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur l'alternariose de de la pomme de terre

### 5. Classification de l'alternariose

Règne : Fungi.

Division : Ascomycota.

Sous-division : Pezizomycotina.

Classe : Dothideomycetes.

Ordre : Pleosporales.

Famille : Pleosporaceae.

Genre : *Alternaria*.

### 6. Données épidémiologiques de l'alternariose de la pomme de terre

L'alternariose de la pomme de terre est une maladie polycyclique caractérisée par des cycles répétitifs courts qui sont à l'origine des épidémies (Jones et al. 2014). Ces dernières surviennent habituellement vers la fin de la saison lorsque les plantes deviennent plus sensibles. En effet, l'alternariose qui est principalement une maladie des organes vieillissants apparaît d'abord sur les feuilles matures des étages inférieurs puis progresse vers le haut au fur et à mesure de la maturité de la plante (Agrios, 2005).

La gravité des épidémies varie avec le lieu et les conditions météorologiques (Van Der Waals et al. 2001). L'humidité joue un rôle important dans l'initiation et la progression de la maladie, l'eau libre ainsi que la durée d'humectation des feuilles sont essentielles pour le développement de la maladie (Tsedaley, 2014).

Une longue période humide est nécessaire pour la sporulation qui peut également se réaliser sous des conditions d'alternance de périodes humides et sèches. Les lésions apparaissent généralement rapidement dans des conditions chaudes et humides sur un feuillage âgé et sont généralement visibles dans les 5 à 7 jours qui suivent l'infection (Kemmitt, 2002). Les facteurs comme la maturité rapide du feuillage, le forte charge en fruits, les plantations touffues, les précipitations supérieures à la moyenne et la rosée favorisent le développement précoce de l'alternariose.

### 7. Symptomatologie

Les symptômes de la brûlure foliaire provoqués par les *Alternaria* pathogènes à grosses et à petites spores sont souvent très similaires, plusieurs de ces espèces peuvent être présentes sur le même hôte dans des conditions favorables à leur développement, les attaques débutent à partir des feuilles basses âgées et déjà séniles. Il est rare de les voir s'installer directement sur un organe sain, leur implantation exige un affaiblissement physiologique, une simple blessure sur un organe vigoureux est souvent suffisante pour permettre l'infection directe (Messiaen et al. 1991).

- **Au niveau des feuilles**

Les premiers symptômes de la maladie dans les champs sont précoces et se traduisent par l'apparition de petites lésions ovales et circulaires noires de 1 mm de diamètre sur les tiges et les feuilles. Par la suite, elles s'étendent progressivement et s'auréolent d'un halo jaune souvent bien marqué. Atteignant plusieurs millimètres, elles révèlent souvent de discrets anneaux concentriques d'un brun plus foncé (Blancard et al. 2012).

Les lésions deviennent parfois irrégulières car elles se développent et se fusionnent entre elles, dans les conditions favorables, les infections graves peuvent éventuellement entraîner la mort des feuilles voir la plante (figure 15). Les lésions sont d'abord superficielles et deviennent déprimés au fur et à mesure qu'elles se développent. Les feuilles atteintes jaunissent et au final toute la surface du limbe se dessèche. En plus des taches foliaires, une chlorose suivie de la mort des feuilles est observée quand une lésion de la tige se trouve à l'aisselle de la feuille (Lopes et al. 1994).



Figure 15 : Symptômes d'*A. Solani* sur les feuilles de la pomme de terre (Denis Gaucher, Arvalis. 2020).

## Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur l'alternariose de de la pomme de terre

- **Au niveau des tiges et collets**

Le pathogène peut aussi provoquer de graves lésions sur tiges qui peuvent atteindre jusqu'à 5 cm de longueur, dans des conditions météorologiques favorables, les lésions se développent sur les tiges et les pétioles (Verma et Verma, 2010). Le dépérissement des extrémités du collet est un autre symptôme associé à la maladie (Patterson, 1991) (figure 16 A), les lésions ne parviennent pas ceinturer les tiges en particulier avec les variétés qui ont des tiges plus épaisses (Lopes et al. 1994). Ce symptôme est rare en temps de pluie, sauf sur les variétés avec des tiges et des pétioles plus minces. Le dépérissement est généralement commun par temps sec, les lésions sur les tiges blanchissent et se fissurent (Osiru, 2008). Ces lésions ou chancres progressent lentement sur la tige, une fois celle-ci est ceinturées la plante meurt. Des petites lésions brunes apparaissent ensuite entre les plus grandes lésions (figure 16 B). Les tissus sous les chancres présentent une pourriture sèche brune en particulier au niveau du xylème, celui-ci est décoloré d'une façon discontinue à brun et peut se développer dans les tissus adjacents au xylème primaire d'environ 4 à 7 mm au-dessus et en dessous des chancres (Grogan et al. 1975).

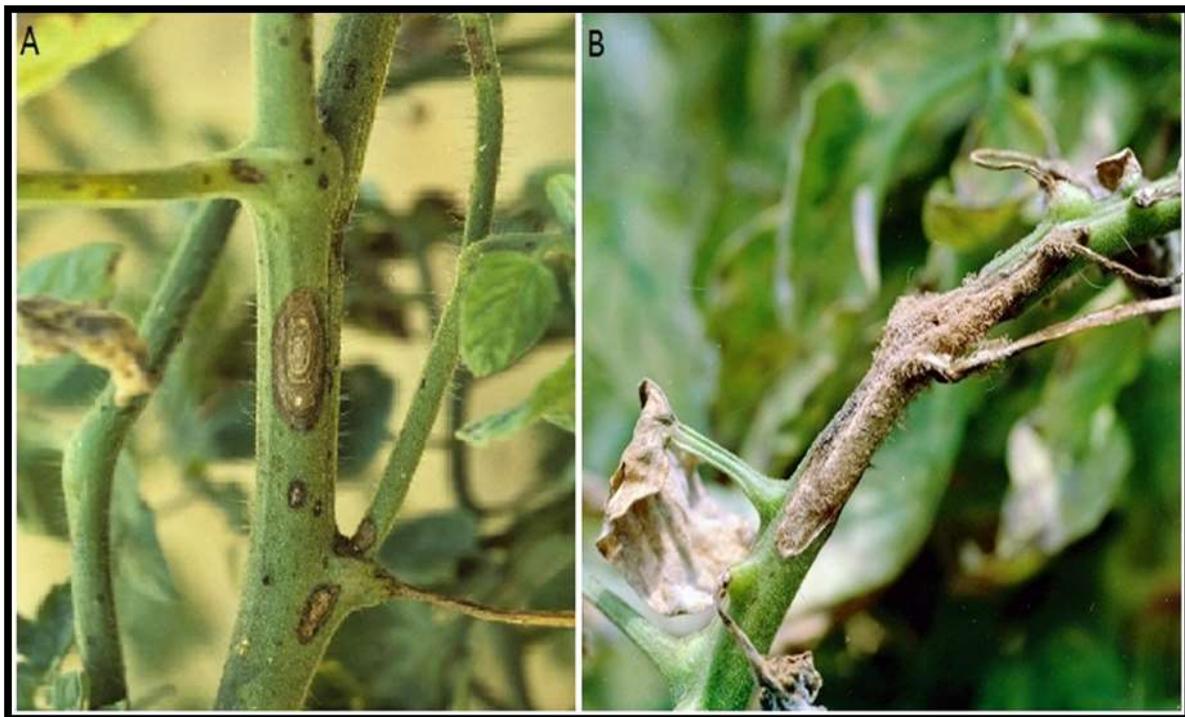


Figure 16 : Symptômes d'*A. Solani* sur la tige de la pomme de terre (Blancard, 2013).

### Au niveau des tubercules

L'infection est caractérisée par des lésions irrégulières et encaissées aux bords relevés. Elles se répartissent de façon irrégulière à la surface du tubercule. Leur couleur varie du gris au brun ou du pourpre au noir. Sous les lésions, le tissu est brun foncé, solide et sec et il s'étend depuis quelques millimètres jusqu'à 2 à 3 cm vers l'intérieur du tubercule (figure 17), il est souvent entouré d'une zone étroite et imbibée d'eau (Blancard, 2013).



Figure 17 : Symptômes d'A. Solani sur les tubercules de la pomme de terre (Blancard, 2013).

### 8. Conditions favorables à son développement

Cette alternariose est favorisée par des hygrométries élevées et des températures comprises entre 18°C et 30°C. Les rosées, de faibles précipitations continues (5 mm) ou des irrigations par aspersion suffisent à son extension, mais elles doivent être répétées pour que la maladie évolue rapidement. La plupart des travaux en aeromycology démontrent que le rapport des spores d'*Alternaria* dans des échantillons d'air dans les climats tempérés et humides, diffère de quelques-uns à plusieurs dizaines de pour cent (Maya-Manzano et al. 2012). Les plantes stressées, mal fumées ou très chargées en fruits seraient plus sensibles. La maladie ne prend jamais un caractère explosif mais s'accroît progressivement avec le temps, au fur et à mesure du vieillissement des plantes, et devient grave en fin de saison (Blancard et al. 2012).

### 9. Cycle d'infection

Le processus infectieux mis en place par les champignons du genre *Alternaria* pour infecter leur plante hôte peut se diviser en plusieurs stades : la conservation, la pénétration et l'invasion (protection vis-à-vis des défenses de l'hôte et production de facteurs nécro-gènes), la sporulation puis la dissémination (figure 18).

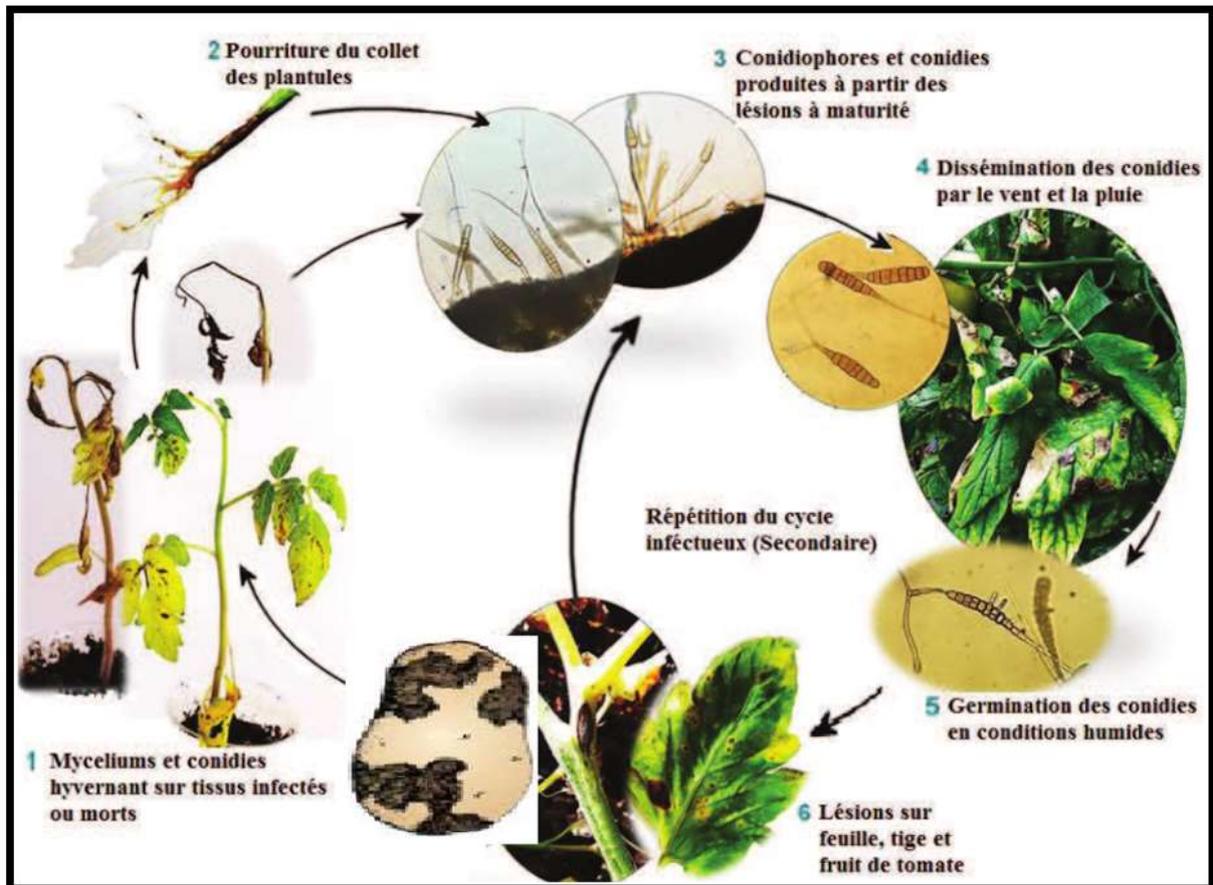


Figure 18 : Cycle infectieux de l'Alternariose de la pomme de terre (Agris, 2005).

- **Conservation et sources d'inoculum**

*Alternaria* peut se conserver durant plusieurs années à la surface des graines de la pomme de terre, dans le sol et sur les débris végétaux, grâce à son mycélium mélanisé et ses conidies (Linás et al. 1998). Les spores peuvent également servir de structures de survie. Par conséquent, le cycle de vie du pathogène comprend le sol et semences ainsi que les étapes atmosphériques, ce qui rend l'agent pathogène difficile à contrôler par des moyens de rotation et de l'assainissement. Dans certaines régions du monde, il serait aussi capable de se maintenir

## Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur l'alternariose de de la pomme de terre

d'une saison à l'autre sur d'autres Solanacées comme la tomate, l'aubergine, le poivron (Blancard et al. 2012).

- **Pénétration et invasion**

Une fois que les spores entrent en contact avec les cellules végétales, leur germination peut se produire en 2 heures quand l'air est saturé en humidité à une large gamme de températures (de 8 °C à 32 °C) (Evans et al. 1992). L'hydrophobicité de la cuticule est indispensable pour l'adhésion des conidies. Ces dernières germent et produisent un ou plusieurs tubes germinatifs en formant un mucilage fibreux de polysaccharides (mannose et rhamnose) ou de glycoprotéines qui permettent l'adhésion à la plante hôte (Hatzipapas et al. 2002). La pénétration dans les tissus végétaux à travers les cellules de l'épiderme se fait directement à l'aide d'appressoria non mélanisées (Cramer et Lawrence, 2003), qui entrent à travers les stomates ou blessures en fonction de la croissance fongique (Agrios, 2005). La pénétration peut se produire à des températures entre 10 ° et 25°C, la stratégie de pénétration enzymatique chez les *Alternaria* est la plus évidente, la colonisation de l'hôte est facilitée par des enzymes (cellulases, la pectine galacturonase). Le rôle crucial des lipases de type sérine estérase dans la dégradation de la cuticule semble clairement établi chez *A. brassicicola* (Berto et al. 1997). L'addition d'anticorps anti- lipases, à une suspension de conidies, a pour effet de supprimer presque totalement l'apparition des symptômes (Berto et al. 1999). Différentes cutinases induites, par la présence de monomères de cutines en surface du végétal, semblent également impliquées dans la pénétration du champignon dans sa plante hôte (Yao et KÖller, 1995).

*A. citri* semble dépendant de la présence d'endopolygalacturonases pour pénétrer son hôte, puisque le mutant déficient en cette enzyme est altéré dans sa capacité à établir une infection (Isshiki et al. 2001). Ces métabolites dégradent la paroi cellulaire de l'hôte et par un certain nombre de toxines qui tuent les cellules de l'hôte et l'agent pathogène permettent de dériver des nutriments à partir des cellules mortes (Rotem, 1994). Le champignon envahit rapidement les tissus, les lésions deviennent visibles 2 à 3 jours après l'infection, et la production de spores se produit 3 à 5 jours plus tard (Blancard et al. 2012).

- **Sporulation et dissémination**

Pour se protéger des phytoalexines et phytoanticipines synthétisées par la plante hôte, les espèces d'*Alternaria* mettent en place différents mécanismes de détoxification (enzymatique, par conjugaison, système d'efflux). *A. solani* possède des enzymes à activités tomatinase qui protègent de la tomatine (phytoanticipine), une saponine synthétisée par la tomate (Sandrock

## Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur l'alternariose de de la pomme de terre

et vanetten. 1998). Sur les tissus colonisés, quand les conditions climatiques sont humides, *Alternaria* ne tarde pas à produire de courts conidiophores. Les spores sont disséminées par le vent, mais aussi par la pluie et à la suite d'arrosages par aspersion. La présence d'eau est nécessaire pour que la sporulation ait lieu (Messiaen et al. 1991). Les travailleurs, notamment via leurs outils, contribuent également à la dissémination de l'alternariose. Les conidies produites assurent des contaminations secondaires et par la suite plusieurs cycles parasites pourront avoir lieu dans la culture (Blancard et al. 2012).

### 10. L'alternariose de la pomme de terre en Algérie

Selon les résultats d'Ayad (2019) qui sont cohérents avec ceux obtenus par Bessadat (2014), l'incidence de l'alternariose est de 79,63% (prévalence) uniquement sur la région de l'ouest l'Algérie. Les prospections réalisées entre 2012 et 2015 ont montré la présence des *Alternaria spp* en particulier les espèces avec les grandes conidies contrairement aux espèces avec petites conidies, qui sont isolées sur l'ensemble des champs du pays.

Les espèces d'*Alternaria* à grandes conidies associées à l'alternariose de la pomme de terre en Algérie sont : *A. solani*, *A. linariae*, *A. grandis* et *A. protenta*, néanmoins les travaux d'Ayad précise que les deux espèces *A. solani* et *A. linariae* sont les plus communes dans toute les zones de culture de pomme de terre en Algérie. La différenciation entre ces espèces a été étudiée par une caractérisation morphologique et confirmée par des marqueurs moléculaires spécifiques et séquençage de deux loci : les gènes calmoduline et RPB2

## Chapitre 3 : Synthèse bibliographique sur le mildiou de la pomme de terre

### III. Chapitre 3 : Synthèse bibliographique sur le mildiou de la pomme de terre.

Le mildiou est l'une des maladies fongiques des plus graves de la pomme de terre, il est très répandu dans la majorité des zones de culture de la pomme de terre, L'origine de *Phytophthora infestans*, l'agent causal du mildiou se situe vraisemblablement dans les hauts plateaux du Mexique là où la diversité des populations de *Phytophthora infestans* est maximale (Niederhauser, 1991) dû à la grande diversité génétique des variétés de pomme de terre présentes au Mexique.

Alors que la pomme de terre a été introduite en Europe depuis l'altiplano andin à la fin du XVIème siècle, le mildiou est resté inconnu en Europe jusqu'au milieu du XIXème siècle (Andrivon, 1996). Peu après que la pomme de terre soit devenue une culture vivrière importante en Europe, la maladie a atteint des proportions désastreuses.

La première épidémie en Europe remonte à 1845, L'épidémie débute en Belgique puis se propagea via la Suisse, la France et pour finir en Irlande où elle provoqua la famine de 1845 en Irlande qui entraîna la mort d'un million de personnes et l'immigration de 1.2 millions d'irlandais. Dans beaucoup d'endroits, la maladie est restée un facteur limitant important pour la production de la pomme de terre. Ce fascicule donne une information sur la nature, la prévention et la lutte contre la maladie (Hampton, 1992). En Afrique la maladie a été détectée pour la première fois en 1941 (Sadiki et al. 1997 in Beninal, 2010).

Ce qui confère au mildiou le nom d'une maladie redoutable, c'est son pouvoir à toucher tous les organes de la plante : jeunes pousses, les feuilles et pétioles, bouquets terminaux, tiges et tubercules, Les pertes de rendement peuvent atteindre de 80% à 100 %, en moins de trois semaines toute une culture de pomme de terre peut être entièrement détruite (Gaucher et al. 1998).

A noter que les attaques précoces de *Phytophthora infestans* causent beaucoup plus une diminution de la photosynthèse, alors que les attaques tardives conduisent à une baisse en qualité des tubercules (Radtke et Rieckman, 1991).

#### 1. Le genre *Phytophthora*

Montagne en 1845, a donné pour la première fois le nom de *Botrytis infestans* (Mont.) comme l'agent pathogène responsable de la maladie du mildiou, puis Anton De Bary en 1863, la transférée au genre *Peronospora* d'où le nom de *Peronospora infestans* (Mont). Et ce n'est que vers 1876, qu'Anton De Bary le transféra au genre *Phytophthora*, caractérisant ainsi

### Chapitre 3 : Synthèse bibliographique sur le mildiou de la pomme de terre

l'agent pathogène qui cause la maladie du mildiou de la pomme de terre. Le terme *Phytophthora* (Mulder et Turkensteen, 2005).

Le genre *phytophthora* appartient à la classe des Oomycètes, à l'ordre des Péronosporales et à la famille des Peronosporaceae (Nasraoui, 2015). Le mot *phytophthora* est composé de deux parties, *Phyto* qui veut dire plante, *Phthora* qui signifie destruction donc les *Phytophthora* sont des destructeurs de végétaux (Blackwell, 1949), plus de 100 espèces de *Phytophthora* ont été décrites (Zentryner, 1983). Le tableau ci-dessous représente les espèces les plus connues, et qui causent un grand nombre de maladie sur de nombreuses espèces végétales incluant les grandes cultures, les espèces forestières, tropicales et ornementales.

Tableau 5 : Les 64 morpho-espèces de *Phytophthora* présentés par (Erwin et Ribeiro, 1996).

<i>P. arecae</i> (1913)	<i>P. insolita</i> (1980)	<i>P. megasperma</i> (1931)
<i>P. boehmeriae</i> (1927)	<i>P. fragariae</i> v. <i>rubi</i> (1993)	<i>P. melonis</i> (1976)
<i>P. botryose</i> (1969)	<i>P. gonapodyides</i> (1927)	<i>P. Mexicana</i> (1923)
<i>P. cactorum</i> (1886)	<i>P. heveae</i> (1929)	<i>P. mirabilis</i> (1985)
<i>P. cajani</i> (1978)	<i>P. hibernalis</i> (1925)	<i>P. nicotianae</i> (1896)
<i>P. cambivora</i> (1927)	<i>P. humicola</i> (1985)	<i>P. palmivora</i> v. <i>palmivora</i> (1919)
<i>P. fragariae</i> v. <i>fragariae</i> (1940)	<i>P. cinnamomi</i> v. <i>parvispora</i> (1993)	<i>P. palmivora</i> v. <i>heterocysta</i> (1983)
<i>P. cinnamomi</i> (1922)	<i>P. ilicis</i> (1957)	<i>P. phaseoli</i> (1889)
<i>P. idaei</i> (1995)	<i>P. infestans</i> (1876)	<i>P. porri</i> (1931)
<i>P. citricola</i> (1927)	<i>P. inflata</i> (1949)	<i>P. primulae</i> (1952)
<i>P. citrophthora</i> (1925)	<i>P. fragariae</i> v. <i>oryzobladis</i> (1978)	<i>P. pseudotsugae</i> (1983)
<i>P. clandestina</i> (1985)	<i>P. iranica</i> (1971)	<i>P. quininea</i> (1947)
<i>P. colocasiae</i> (1900)	<i>P. italic</i> (1996)	<i>P. richardiae</i> (1927)
<i>P. cryptogea</i> (1919)	<i>P. japonica</i> (1974)	<i>P. sinensis</i> (1982)
<i>P. cyperi</i> (1935)	<i>P. katsurae</i> (1979)	<i>P. sojae</i> (1958)
<i>P. cyperibulbosi</i> (1953)	<i>P. lateralis</i> (1942)	<i>P. syringae</i> (1909)
<i>P. drechleri</i> (1931)	<i>P. lepironiae</i> (1919)	<i>P. tentaculata</i> (1993)
<i>P. eriugena</i> (1977)	<i>P. macrochlamydospora</i> (1991)	<i>P. trifolii</i> (1991)
<i>P. erythroseptica</i> v. <i>erythroseptica</i> (1913)	<i>P. meadii</i> (1918)	<i>P. erythroseptica</i> v. <i>pisi</i> (1959)
<i>P. undulate</i> (1989)	<i>P. medicaginis</i> (1991)	<i>P. verrucosa</i> (1940)
<i>P. capsici</i> (1922)	<i>P. megakary</i> (1979)	<i>P. vignae</i> (1957)

## Chapitre 3 : Synthèse bibliographique sur le mildiou de la pomme de terre

### 2. Classification du mildiou de la pomme de terre

Selon Nasraoui (2015), la classification de l'agent causal du mildiou de la pomme de terre est la suivante :

Règne : Chromista.

Phylum : Oomycota.

Classe : Oomycetes.

Ordre : Peronosporales.

Famille : Peronosporaceae.

Genre : *Phytophthora*.

Espèce : *Phytophthora infestans*.

### 3. Description morphologique

*Phytophthora infestans* possède un mycélium coenocytique hyalin et à développement endogène. Le mycélium se développe entre les cellules des tissus infectés, dans lesquelles il forme des suçoirs (Lepoivre, 2003). Les sporangiophores émergent souvent à travers les stomates. Le caractère morphologique principal de ce pathogène est la présence de renflement ou de gonflement au niveau des sites de ramification en particulier aux points de la formation des sporocystes (Thurston et Schltz, 1981) (figure 19). Ces derniers en position terminale ont une forme et une taille qui varie selon les isolats. Les sporanges sont citrifformes ou limoniformes et possèdent une papille apicale.

Les sporanges de *P. infestans* sont de forme ovoïde, à elliptique effilé à la base, est renferment des cellules mobiles appelées zoospores qui assurent la reproduction asexuée (figure 20). Ces zoospores se déplacent grâce à deux flagelles dissemblables, le flagelle orienté postérieurement est lisse et le flagelle orienté antérieurement est couvert de poils particulières ou mastigonemes, tubulaires et tripartites, d'où le nom d'hétérocontes (Bouchet et al. 2000).

Les oospores sont pour la plupart de forme aplerotic avec un diamètre moyen d'environ 30  $\mu\text{m}$  (Gallegly et Hong, 2008) (figure 21), ces derniers en germent produisent des sporanges. Et les oogones sont globuleuses, d'un diamètre de 37  $\mu\text{m}$ , alors que les anthéridies sont amphigynes et généralement de forme allongée (Gallegly et Hong, 2008).



Figure 19 : Sporangies et sporangiophores de *Phytophthora infestans* (Fry, 2008).

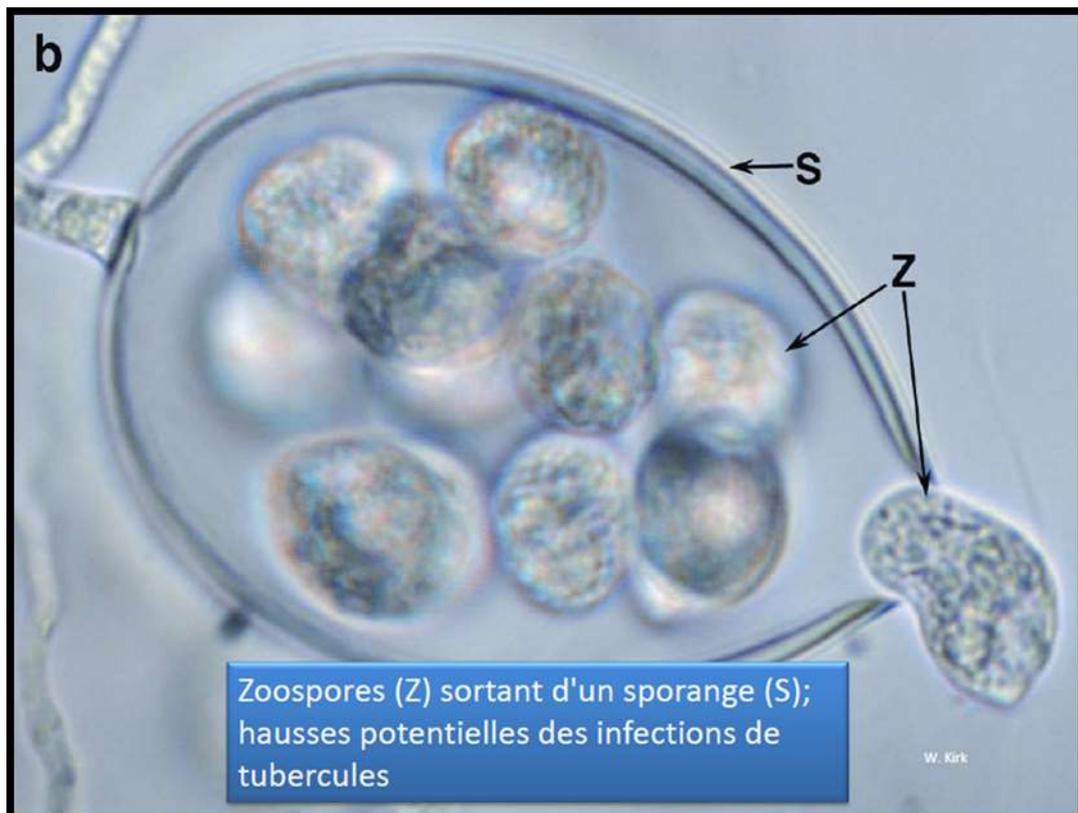


Figure 20 : Zoospores à l'intérieur d'un sporange (W.Kirk, 2010).



Figure 21 : Oospores de *Phytophthora infestans* (Grossissement X 100).

#### 4. Conditions de développement de la maladie

L'installation et l'évolution de la maladie sont très largement déterminées par les conditions climatiques, notamment l'humidité et la température (Harrison, 1992). Dans les conditions optimales de développement de l'agent pathogène, la durée totale du cycle infectieux est de 3 à 5 jours. Les conditions environnementales nécessaires à l'installation de l'agent pathogène sont : une température de 16°C à 22°C et l'humidité relative supérieure à 90 %, la brièveté du cycle infectieux (3 à 5 jours) et la quantité importante d'inoculum secondaire produite (quantité de spores multipliée par 100 à chaque génération) expliquent le développement très rapide de la maladie (Lebreton et al. 1998).

#### 5. Symptômes

Ils peuvent être observés sur l'ensemble des organes de la pomme de terre, les jeunes pousses, feuilles et pétioles (à tous les stades), bouquets terminaux, les tiges et les tubercules.

La répartition des nécroses sur la plante est variable sauf pour les toutes premières, difficiles à déceler, les taches apparaissent rarement de façon isolée. Par temps chaud et humide, elles gagnent rapidement la surface entière des folioles touchées en quelques jours, la totalité du feuillage peut être ainsi détruit. Les folioles se désarticulent, retombent le long des fanes ou se détachent complètement (Blancard, 2013).

### Chapitre 3 : Synthèse bibliographique sur le mildiou de la pomme de terre

Au niveau de la parcelle, la maladie se développe en général à partir de foyers bien marqués, qui s'agrandissent. Toutefois certaines années on observe au début de l'épidémie des taches sur feuilles et surtout sur bouquets terminaux, affectant un grand nombre de plantes réparties de manière homogène dans la parcelle.

- **Au niveau des feuilles**

Les symptômes sont régulièrement observés en premier lieu sur feuillage. Des taches aux contours irréguliers et de couleur vert pâle apparaissent sur les folioles, souvent aux extrémités et/ou en bordure. Ces lésions prennent un aspect huileux ou humide et s'étendent rapidement. Leur centre devient ensuite plus foncé et les taches se transforment en lésions nécrotiques brunes à noir-violet, souvent cernées d'une fine zone verdâtre à jaunâtre (figure 22 gauche). Ces symptômes sont habituellement plus importants où l'humidité est plus importante (Platt, 2008).

En conditions humides, un mycélium blanc et duveteux croît sur 3 à 5 mm de hauteur en bordure des lésions (figure 22 milieu). Il se développe préférentiellement à la surface abaxiale des feuilles, mais on l'observe également à la surface supérieure des feuilles ou sur les tiges. Les fructifications sont des sporangiophores ramifiés qui produisent des spores caractéristiques en forme de citron à leurs extrémités qui présentent une boursouffure également caractéristique de l'oomycète (figure 22 droites). Ce mycélium permet de distinguer le mildiou d'autres maladies foliaires de la pomme de terre (Agrios 2010). Ce symptôme ne peut pas être évident de jour. La maladie peut se répandre à partir des premières folioles infectées de quelques plantes à la plupart des plantes d'un champ en moins d'une semaine.



Figure 22 : Symptômes du mildiou sur les feuilles de la pomme de terre. A gauche et une nécrose foliaire cernée d'une zone verdâtre (Corder, 2017), le milieu et un mycélium en

### Chapitre 3 : Synthèse bibliographique sur le mildiou de la pomme de terre

bordure de tache nécrotique (Corder, 2017), à droite c'est des sporanges et sporangiophores (Fry, 2008).

- **Au niveau des tiges**

Le symptôme est une nécrose brune violacée, s'étend sur 2 à 10 cm à partir d'un nœud, cette nécrose couverte d'une pulvérulence reste souvent rigide mais la tige se casse très facilement (figure 23). Les lésions peuvent se développer en surface ou à l'intérieur des pétioles et des tiges à partir des feuilles, les lésions se répandent longitudinalement sur la tige. Les tiges infectées sont affaiblies et peuvent entraîner le flétrissement de la plante entière (Hooker, 2001).



Figure 23 : Symptômes du mildiou observés au niveau de la tige de la pomme de terre.

- **Au niveau des tubercules**

Les symptômes sur tubercules se manifestent à leur surface par des zones de dépression de taille variable et de forme non régulière, la peau prend une couleur brun-violet en ces endroits. L'infection peut pénétrer la chair qui se colore de brun-rougeâtre et développe une pourriture granuleuse sèche visible lorsque l'on coupe le tubercule infecté (figure 24). Un mycélium blanc peut apparaître lors de conditions fraîches (entre 15° et 25°C) et humides (humidité relative HR  $\pm$  100%) (Tsedaley, 2014). Après récolte lors du stockage, le mildiou peut continuer sa croissance au sein de la chair des tubercules infectés, des infections secondaires fongiques ou bactériennes peuvent faire leur apparition dans les cas les plus sévères et provoquer une pourriture aqueuse (Platt, 2008 ; Cornell University, 2018).



Figure 24 : Symptômes du mildiou au niveau des tubercules de la pomme de terre

(<http://plantdepommeeterre.org/index/mildiou>).

### 6. Les modes de reproduction de *P. infestans*

*P. infestans* est hétérothallique. Il existe donc deux mating type (types sexuels en français), A1 et A2, qui permettent une reproduction sexuée. Lorsqu'un seul des types est présent le pathogène se reproduit de façon asexuée (Bengtsson, 2013).

Après sa dispersion à travers le monde et en Europe en particulier, le mildiou de la pomme de terre s'est reproduit de manière asexuée durant de nombreuses années car seul le type A1 était présent (Boddy, 2016). Le Mexique était le seul endroit où coexistaient les deux mating type jusqu'aux années 1980, où le type A2 s'est répandu à travers le reste du monde. La reproduction de manière sexuelle a alors été rendue possible, ce qui a donné lieu à l'apparition de nouvelles souches et une augmentation de la diversité génétique mondiale (Boddy, 2016 ; Platt, 2008).

Le cycle de reproduction de *P. infestans* peut donc être divisé en une phase sexuée et une phase asexuée. Cette dernière est réalisée plusieurs fois au cours de la saison de culture et permet au pathogène de se disperser de façon rapide. Au sein du mycélium, des hyphes se spécialisent en sporangiophores ramifiés sur lesquels se développent des sporanges qui contiennent des zoospores biflagellées (Bengtsson, 2013).

La reproduction sexuée quant à elle permet la conservation de la diversité génétique, ainsi que la survie de *P. infestans* dans le sol (Bengtsson 2013). Elle a lieu lors de la rencontre entre les deux mating type A1 et A2 : un hyphes femelle croît à travers l'organe reproductif mâle (antheridium) et se transforme en organe reproducteur femelle (oogonium) (Tsedaley2014). La fertilisation entre ces deux organes aboutit à la formation d'une oospore. Ces spores issues

### **Chapitre 3 : Synthèse bibliographique sur le mildiou de la pomme de terre**

de la reproduction sexuées se rencontrent plus fréquemment sur les tiges que sur les feuilles. Ces dernières étant détruites plus rapidement que les tiges par le mildiou, la probabilité de les rencontrer sur une feuille est plus faible. La paroi des oospores est épaisse et résistante, elles peuvent donc subsister dans le sol durant plusieurs années. Ces structures peuvent survivre à basses températures mais ne résistent pas à des températures élevées (2h à 46°C ou 12h à 40°C les tue). Lorsqu'une oospore germe, un tube germinatif se forme et produit un sporange (ou zoosporange) contenant des zoospores, les étapes suivantes sont les mêmes qu'en phase asexuée (Bengtsson, 2013 ; Fry, 2008).

#### **7. Le type sexuel de *P. infestans* qui existe en Algérie**

Cet agent pathogène se présente sous deux types de compatibilité sexuels (mating types) A1 et A2. D'après les travaux de Beninal (2011) qui a collecté dix-neuf isolats de *Phytophthora infestans* à partir de cultures de pomme de terre dans les régions du centre et de l'ouest de l'Algérie durant les campagnes agricoles 2006-2007 et 2007-2008, les isolats algériens sont du type de compatibilité sexuel A2. Ce résultat a été confirmé après confortation directe des isolats obtenus avec des isolats de référence A1 et A2 de provenance de France.

#### **8. Cycle épidémiologique**

L'origine de l'inoculum primaire est dans la plupart des cas d'origine asexuée. Les sources peuvent être des sporanges issus des feuilles tombées au sol, du mycélium qui subsiste sur les débris végétaux et des sporanges et du mycélium provenant de tubercules infectés. Ces derniers peuvent être des plants de semence, des tubercules de réforme entassés en bordure du champ ou des tubercules qui sont omis lors de la récolte et subsistent dans le sol jusqu'à l'année suivante. Ce sont ces tubercules infectés qui représentent la source principale d'inoculum primaire asexué de *P. infestans* (Andrivon, 1995). L'inoculum primaire peut également provenir d'oospores situées dans le sol (Lehtinen et Hannukkala, 2004). Cependant, les caractéristiques épidémiologiques de ce type d'inoculum ne sont pas clairement connues (Lehtinen et al. 2002).

La température et l'humidité jouent un rôle indispensable au développement du pathogène (Fry 2008). Les conditions favorables se présentent généralement au printemps (figure 25). Lorsque l'humidité relative est supérieure à 90%, la production de sporanges est stimulée. Ceux-ci ont une durée de vie allant de quelques heures à quelques jours quand ils sont hors d'un tissu hôte. Ce temps de survie relativement court leur laisse tout de même le temps de se

### Chapitre 3 : Synthèse bibliographique sur le mildiou de la pomme de terre

dispenser par voie aérienne sur plusieurs kilomètres, ou d'être transportés par des éclaboussures d'eau qui atteignent les plants voisins (Platt 2008).

Un sporange qui entre en contact avec une feuille ou une tige peut germer et produire un tube germinatif lorsque les températures sont élevées (20° - 25°C), ce phénomène étant appelé germination directe (Fry, 2008). Cependant, lorsque les températures sont plus faibles (12° - 15°C), le sporange va libérer 3 à 8 zoospores biflagellées (Boddy, 2016). Elles sont mobiles pour une durée souvent inférieure à 1 heure et forment également un tube germinatif après avoir été enkystées sur la surface du tissu hôte, on parle ici de germination indirecte. Une germination, directe ou indirecte, ne peut avoir lieu que si la surface à infecter présente une forte humidité (HR 100%) durant au moins une courte période de temps (Fry, 2008 ; Boddy, 2016).

Le tube germinatif pénètre au sein du tissu hôte au travers d'un stomate, ou directement au travers de la paroi épidermique via la formation d'un appressorium (Platt, 2008). Cette structure infectieuse permet au pathogène d'adhérer à l'épiderme de l'hôte grâce à la pression de turgescence développée au sein de l'appressorium (Bechinger, 1999). Le mycélium issu du tube germinatif va croître et s'étendre au sein des espaces intercellulaires, puis pénétrer au sein de cellules en formant des haustoria courbés (Boddy, 2016). Ces organes (haustorium) sont considérés comme des hyphes spécialisés dans l'échange de substances entre l'hôte et le pathogène (Bushnell, 1972). Aucun symptôme macroscopique n'est visible à ce stade car *P. infestans* est un pathogène hémibiotrophe (W. Fry, 2008). C'est à-dire que les premiers stades de l'infection ont lieu de façon biotrophe (au sein de tissus vivants), alors que la dernière phase de colonisation est nécrotrophe (au sein des tissus hôtes morts) (Shibata et al. 2010 ; Delaye et al. 2013). Il faut attendre 2 jours au minimum pour que de petites nécroses fassent leur apparition, ce qui correspond à la mort de cellules infectées et une plus grande étendue du mycélium au sein des tissus. Les nécroses continuent de s'étendre et après environ 4 jours à haute HR et température modérée, des sporangiophores portant de nombreux sporanges (jusqu'à 300 000/ nécrose) sont formés (W. Fry, 2008). Ces sporanges nouvellement formés forment l'inoculum secondaire qui va se disperser (par voie aérienne et par l'eau) et infecter d'autres feuilles, et plants. Ces derniers finissent par être fortement nécrosés et le rendement en tubercules diminue (Boddy, 2016).

Un cycle asexué peut se répéter de nombreuses fois car le pathogène est polycyclique, lorsque les conditions sont optimales, une nouvelle génération de sporanges issus d'une infection initiale peut être formée en l'espace de seulement 4 jours (Boddy, 2016).

## Chapitre 3 : Synthèse bibliographique sur le mildiou de la pomme de terre

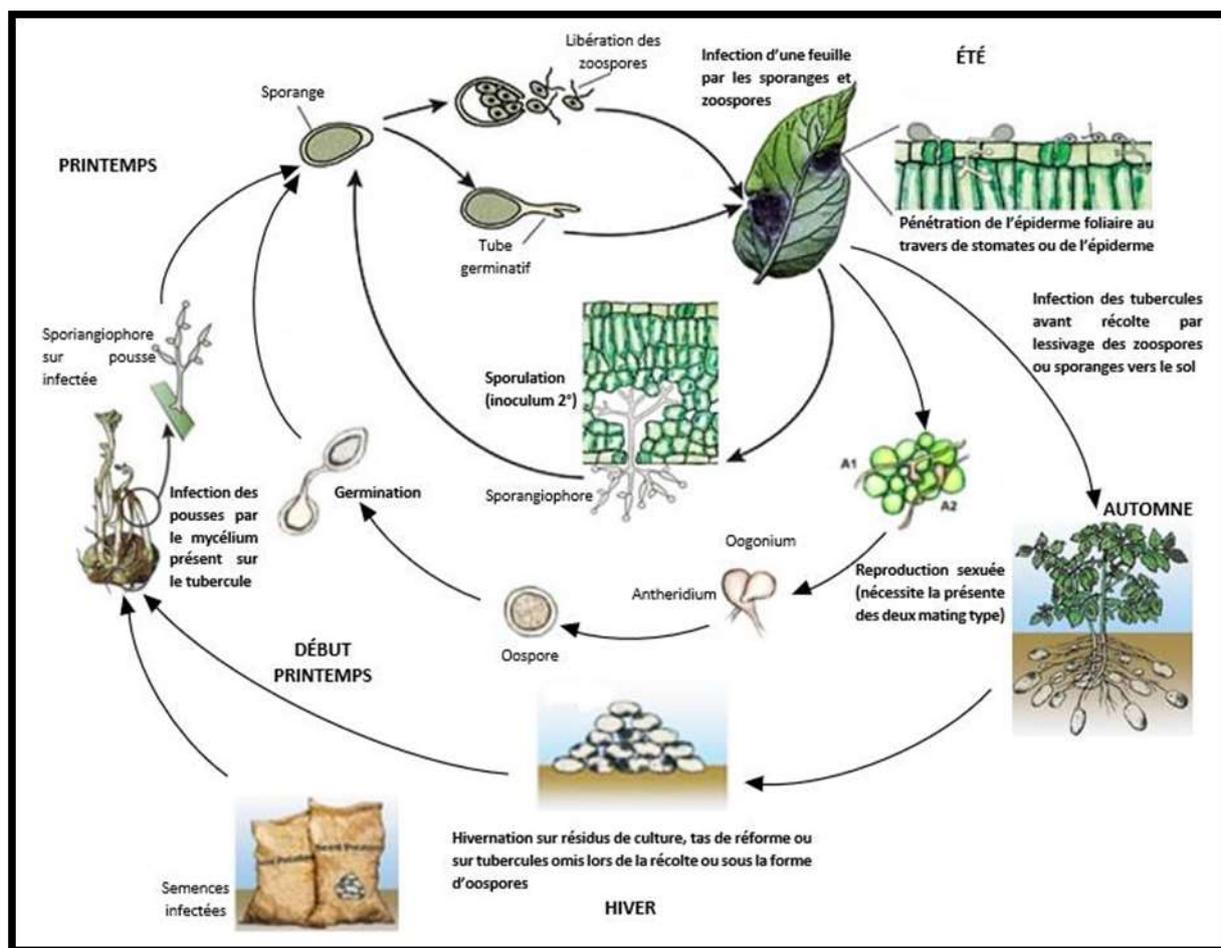


Figure 25 : Cycle épidémiologique de *P. infestans* (Wharton et Havmalm, 2012).

L'évolution des épidémies se réalise par succession de cycle de multiplication du mildiou (Haine et Verlainne, 2006) (figure 26) qu'on peut résumer comme suit :

- Contamination : dispersion des spores, germination et pénétration dans les tissus de la plante.
- Incubation : évolution du *Phytophthora* dans les tissus de la plante, sans manifestation extérieure.
- Sporulation : éclosion et fructification.

Chapitre 3 : Synthèse bibliographique sur le mildiou de la pomme de terre

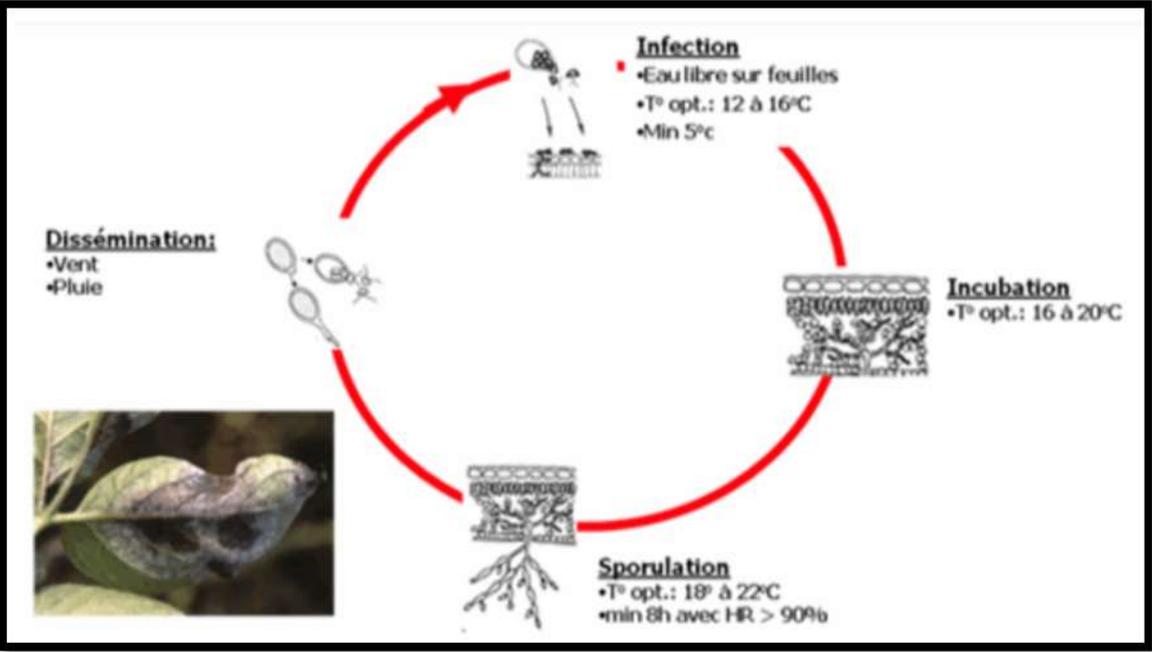


Figure 26 : Cycle de multiplication du mildiou (Haine et Verlaine, 2006)

## Chapitre 04 : Etude comparative entre l'alternariose et le mildiou de la pomme de terre.

### IV. Chapitre 04 : Etude comparative entre l'alternariose et le mildiou de la pomme de terre.

Généralement l'alternariose est plus commune dans les champs que le mildiou, mais on peut les trouver dans la même parcelle, c'est pour ça qu'il ne faut pas confondre entre le mildiou et l'alternariose.

#### 1. Comparaison entre l'alternariose et le mildiou sur le plan biologique de l'agent causal et sur le plan de Pathogénicité

##### A. L'alternariose

L'alternariose ou brûlure alternarienne, c'est une maladie cryptogamique polycyclique due à diverses espèces du genre *Alternaria*, la plupart du temps l'agent causal de l'alternariose de la pomme de terre en Algérie sont les espèces avec les grandes conidies *A. solani*, *A. linariae*. La forme de reproduction est généralement asexuée par conidies, mais certaines espèces d'*Alternaria* ont une reproduction sexuée (Ayad, 2019).

Les espèces de genre *Alternaria* sont des nécrotrophes (parasite non obligatoire de type saprophyte facultatif). Le cycle d'infection de l'*Alternaria* comporte les stades suivants : la conservation, la pénétration et l'invasion, la sporulation et la dissémination, le pathogène étant nécrotrophe, passe l'hiver dans des résidus culturaux infectés, dans le sol, dans les tubercules et des mauvaises herbes de la famille des solanacées. Le matériel infecté produit des spores, qui sont ensuite transportées par le vent. L'infection peut également se produire lorsque les feuilles entrent en contact avec le sol infesté ou directement par les stomates, les feuilles plus vieilles sont plus vulnérables. La maladie peut survenir en tout temps de l'année, l'alternariose se propage rapidement lorsqu'il y a une alternance de temps secs et humides car le temps sec favorise la dispersion des spores par le vent.

Les plants carencés en azote et en phosphore sont plus vulnérables à la maladie.

##### B. Le mildiou

Le mildiou de la pomme de terre est une maladie cryptogamique polycyclique, l'agent causal du mildiou de la pomme de terre en Algérie est *Phytophthora infestans* c'est un parasite obligatoire hémibiotrophe. Le mildiou de la pomme de terre est hétérothallique, donc il existe deux mating types A1 et A2 qui permettent une reproduction sexuée, et lorsqu'un seul des types est présent c'est une reproduction asexuée, en Algérie tous les types sexuels de *P. infestans* sont du type de compatibilité sexuel A2 (Beninal, 2010).

## **Chapitre 04 : Etude comparative entre l'alternariose et le mildiou de la pomme de terre.**

Etant hémibiotrophe, le cycle d'infection de *P. infestans* se caractérise par la survie d'une saison à l'autre sous forme de mycélium dans des parties vivantes de la plantes : les tubercules infectés dans les entreposés et les tubercules oubliés dans les champs récoltés, ce sont ces tubercules infectés qui représentent la source principale d'inoculum primaire asexué de *P. infestans* en Algérie. La maladie est propagée par des plants infectés, grâce à la reproduction asexuée et la production des sporanges, les sporanges qui sont produits dans les tissus infectés sont propagés par le vent et la pluie, qui va causer une infection des tubercules en saison et à la récolte lorsqu'ils entrent en contact avec des spores présentes dans le sol.

### **2. Comparaison entre les conditions favorables au développement de l'Alternariose et du mildiou**

L'alternariose préfère une hygrométrie élevée et des températures comprises entre 18°C et 30°C. De faibles précipitations continues (5 mm) ou des irrigations par aspersion suffisent à son extension, à condition qu'elle soit répétée pour que la maladie évolue (Escuredo et al. 2019).

Le mildiou nécessite un taux d'humidité relative supérieur à 90 % et une température comprise entre 3 et 26°C (optimum à 21 °C) pour que la sporulation ait lieu, et une température optimale de 24°C pour une germination directe et une température de 12 °C pour une germination indirecte, et une température de 21°C pour sa pénétration (Goutam et al. 2018).

### **3. Comparaison entre les symptômes cause par l'alternariose et le mildiou**

Les symptômes provoqués par les *Alternaria* sont souvent très similaires à ces causes par *P. infestans*, et ils peuvent être présents sur le même champ.

#### **A. Au niveau des feuilles**

- **L'alternariose**

L'apparition de petites lésions ovales et circulaires noires de 1 mm de diamètre, puis elle deviennent irrégulières car elles se développent et se fusionnent entre elles. Par la suite elles s'étendent progressivement et s'auréolent d'un halo jaune souvent bien marqué, et atteignant plusieurs millimètres, elles révèlent souvent des anneaux concentriques d'un brun plus foncé. Les feuilles atteintes jaunissent et au final et toute la surface du limbe se dessèche (Nottensteiner et al. 2019).

## **Chapitre 04 : Etude comparative entre l'alternariose et le mildiou de la pomme de terre.**

- **Le mildiou**

Des lésions aux contours irréguliers et de couleur vert pâle apparaissent sur les folioles, souvent aux extrémités et en bordure, ces lésions prennent un aspect huileux ou humide et s'étendent rapidement, et leur centre devient ensuite plus foncé et les taches se transforment en lésions nécrotiques brunes à noir-violet, souvent cernées d'une fine zone verdâtre à jaunâtre. Un mycélium blanc et duveteux croît sur 3 à 5 mm de hauteur en bordure des lésions qui va donner l'aspect blanchâtre aux feuilles (Adolf et al. 2020).

Ce mycélium permet de distinguer le mildiou d'autres maladies foliaires de la pomme de terre.

### **B. Au niveau des tiges**

- **L'alternariose**

Provoquer de graves lésions sur tiges qui peuvent atteindre jusqu'à 5 cm de longueur, les lésions sur les tiges jaunissent et se fissurent ensuite des petites lésions brunes apparaissent entre les plus grandes lésions. Ces lésions ou chancres progressent lentement sur la tige, elles présentent une pourriture sèche brune en particulier au niveau du xylème d'environ 4 à 7 mm au-dessus et en dessous des chancres, une fois celle-ci est ceinturée la plante meurt.

- **Le mildiou**

Le symptôme est une nécrose couvée d'une pulvérulence, de coloration brune violacée qui s'étend sur 2 à 10 cm à partir d'un nœud. Les lésions peuvent se développer en surface ou à l'intérieur des tiges, les lésions se répandent longitudinalement sur la tige (Adolf et al. 2020).

Les tiges infectées sont affaiblies et peuvent entraîner le flétrissement de la plante entière.

### **C. Au niveau des tubercules**

- **L'alternariose**

L'infection est une lésion irrégulière et encaissée aux bords qui se répartit à la surface, leur coloration varie du gris au brun ou du pourpre au noir. Sous les lésions le tissu est brun foncé, solide et sec et il s'étend depuis quelques millimètres jusqu'à 2 à 3 cm vers l'intérieur du tubercule, il est souvent entouré d'une zone étroite et imbibée d'eau (Nottensteiner et al. 2019).

- **Le mildiou**

## **Chapitre 04 : Etude comparative entre l'alternariose et le mildiou de la pomme de terre.**

Les lésions se manifestent à la surface par des zones de dépression de taille variable et de forme non régulière, la peau prend une couleur brun-violet en ces endroits. L'infection peut pénétrer la chair qui se colore de brun-rougeâtre et développe une pourriture granuleuse sèche visible lorsque l'on coupe le tubercule infecté, un mycélium blanc peut apparaître lors de conditions fraîches (Adolf et al. 2020).

### **4. Comparaison entre les impacts économiques cause par l'alternariose et le mildiou**

#### **A. Les dégâts de l'alternariose sur pomme de terre**

Ce qui confère à l'alternariose sa virulence est le pouvoir à faire des cycles répétitifs courts généralement à la fin de la saison ou les plantes sont plus sensibles, et attaque précisément les feuilles matures du coup la plante ne pourra pas subvenir à ses besoins en nutriments due la destruction des feuilles ou se déroule la photosynthèse. Juste après son installation sur son hôte et dès sa première sporulation, l'alternariose de la pomme de terre infecte les feuilles, par la suite la tige et le collet et cause de graves lésions qui blanchissent et fissures lentement tout en induisant au dépérissement de la plante.

Une fois le tubercule atteint par l'alternariose, on constate que l'infection est caractérisée par des lésions irrégulières et encaissées aux bords relevés. Elles se répartissent de façon irrégulière à la surface du tubercule, et qui s'étendent depuis quelques millimètres jusqu' à 2 à 3 cm vers l'intérieur du tubercule, ce qui conduit tout comme le mildiou à la détérioration de sa qualité et sa non commercialisation.

- **Enjeux relatifs à l'alternariose**

On ne peut chiffrer les incidences de l'alternariose sur la production. Les modèles de prédiction de la maladie et les données climatiques sont insuffisants actuellement, il faut un meilleur système de prédiction de la maladie pour générer des données faciliteraient les applications des fongicides en temps plus opportun.

Il faudrait avoir plus de données pour pouvoir établir des seuils de nuisibilité économique de la maladie. L'agent pathogène a développé une résistance à de nombreux fongicides actuellement disponibles, donc il faut surveiller les populations résistantes et mettre en œuvre de meilleures stratégies de gestion de la résistance.

#### **B. Les dégâts du mildiou sur pomme de terre**

Le mildiou de la pomme de terre n'a pas eu le surnom de maladie dévastatrice pour rien, car une fois installée sur l'hôte, on aura une propagation intense sur le champ. Dès sa

## **Chapitre 04 : Etude comparative entre l'alternariose et le mildiou de la pomme de terre.**

première sporulation le mildiou se manifeste en premier lieu sur le feuillage sous forme de lésions nécrotiques qui sont visibles sur la partie ventrale et dorsale de la feuille. Par conséquent on aura des troubles de la photosynthèse (diminution de la photosynthèse) ce qui engendre flétrissement de la plante, qui affectera par la suite la phase de la tubérisation donc un manque de nutriments au niveau des tubercules.

Lorsque les symptômes apparaissent sur les tiges on déduit que le *P. infestans* a affecté les vaisseaux conducteurs de la sève brute (Xylème) et la sève élaborée (phloème), qui induit à un dépérissement de la plante.

Quand les tubercules sont infestés par le mildiou, on observe l'apparition de zones de dépression de tailles variables sur la surface du tubercule mais l'infection peut pénétrer la chair, puis se développe en pourriture granuleuse qui engendra la détérioration de la qualité des tubercules, donc ils ne seront pas commercialisés.

- **Enjeux relatifs au mildiou**

Les semences actuellement disponibles ne sont pas résistants à toutes les souches de mildiou.

La résistance au Métalaxyl a entraîné la perte du seul fongicide vraiment systémique qui pouvait combattre les infections de mildiou, les producteurs doivent maintenant se tourner vers un programme plus exigeant d'applications répétées de fongicides à action préventive (Goutam et al. 2018).

Le marché accepte mal les cultivars de pommes de terre génétiquement modifiés qui ont été développés, dont certains sont résistants au mildiou. On manque de données pour pouvoir élaborer une stratégie de lutte efficace contre la transmission du mildiou par la semence. On recommande souvent de traiter les semences au Mancozebe et de faire une application foliaire de Cymoxanil à 80% de levée, mais il existe peu de données à l'appui de cette approche. On a besoin d'un meilleur système de prédiction de la maladie et il faut augmenter le nombre de stations météorologiques afin de générer des données, afin de faciliter l'application des fongicides en temps plus opportun.

### **5. Les méthodes de lutte contre l'alternariose et le mildiou**

La connaissance de la biologie et des symptômes de ces maladies, permettent de mettre en place des mesures préventives pour assurer un bon rendement, c'est vrai que l'alternariose et

## Chapitre 04 : Etude comparative entre l'alternariose et le mildiou de la pomme de terre.

plus commune dans les champs que le mildiou, mais la priorité de la lutte est contre le mildiou.

### A. La lutte contre l'Alternariose

À ce jour, il n'existe aucune lutte curative pour contrôler le développement et l'extension de cette maladie. L'ensemble de la lutte sera donc basée sur de la prophylaxie accompagnée de traitements phytosanitaires en préventifs (<https://www.syngenta.fr/>).

#### 1) Les méthodes préventives les mesures consistent à :

- Espacer les plants permet de ralentir la propagation des spores : l'air circule librement et le climat est moins humide.
- La rotation des cultures est un moyen très efficace pour rompre le cycle de développement des maladies.
- Destruction des parties atteintes (ne surtout pas les mettre au compost) afin de ne pas abriter de spores entre 2 cultures.
- Évitez tout excès d'azote qui rend les Solanacées plus sensibles aux attaques d'*Alternaria spp.*
- Eviter le prélèvement de graines sur des plants contaminés, l'achat des graines, doit être certifié à fin de s'assurer que les plantes d'origines étaient saines.
- Eviter l'installation des plantes de la même famille (solanacées) les unes à côté des autres.
- Éviter tout stress : sécheresse, stress hydrique, froid, attaque de nuisibles, carences nutritionnelles qui peuvent entraîner une faiblesse des plants, ce qui favorise l'installation de l'alternariose.
- Un paillage du sol est un moyen mécanique relativement efficace pour bloquer les contaminations. Lors de pluies violentes, il évite également que les gouttes n'éclaboussent le feuillage.
- Choix de variétés résistantes aux maladies cryptogamiques (<https://www.gammvert.fr/>).

#### 2) Lutte génétique

## Chapitre 04 : Etude comparative entre l'alternariose et le mildiou de la pomme de terre.

*Lycopersicon hirsutum* et *L. pimpinellifolium* sont des espèces sauvages dont les chercheurs ont trouvé qu'elles sont résistantes à l'alternariose, donc ils ont créé un programme d'amélioration qui a permis d'obtenir des lignées et des cultivars disposant d'une résistance polygénique à l'alternariose, ayant aussi une maturité tardive.

### 3) Lutte biologique

Elle vise à contrôler les agents pathogènes par des agents de lutte biologique, ainsi que les produits qu'ils en dérivent (Lepoivre, 2003). Plusieurs antagonistes ont été enregistrés. On a les bactéries *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus spp* et *Bacillus subtilis* qui ont prouvées leurs efficacité vis-à-vis l'alternariose de la pomme de terre. Quant aux champignons *Trichoderma polysporum* et *Chaetomium globosum* leurs performances ne semblent toutefois pas importantes comme celle des bactéries, mais ce qui les rends très utile et efficace c'est leurs adaptation écologique très large et la capacité de croitre sur des substrats très peu couteux. Néanmoins ils restent un moyen de lutte biologique efficace dans les cas là ou l'infestation n'est pas assez importante dans les parcelles cultivées (Blancard et al. 2012).

*Bacillus subtilis* et utilise en prévention sur de nombreuses cultures, il constitue une barrière physique empêchant les spores d'*Alternaria spp* de s'installer sur les végétaux traités. De plus cette bactérie sécrète des molécules qui inhibent la germination des spores et tout le développement du champignon. Elle joue également un rôle dans le renforcement des résistances des végétaux (<https://www.gammvert.fr/>).

### 4) Lutte chimique

Les traitements chimiques sont largement utilisés pour combattre les maladies fongiques. Un fongicide exerce une activité selon l'action exercée au niveau du cycle biologique du parasite.

Les produits fongicides actuellement homologués pour le contrôle *Alternaria spp*, dans les pommes de terre contiennent de l'azoxystrobine, de la pyraclostrobine, du boscalid et du difénoconazole...ect (Nottensteiner et al. 2019).

## B. La lutte contre le mildiou

## **Chapitre 04 : Etude comparative entre l'alternariose et le mildiou de la pomme de terre.**

### **1) Prophylaxie**

Consiste à limiter au maximum les sources d'inoculum primaire par rotations culturales et élimination des tas de déchets, issus de la récolte précédente. Les rotations culturales sont nécessaires pour éviter les infections par l'inoculum produit sur les repousses de tubercules laissés aux champs et par les oospores.

La destruction des fanes avant la récolte par des traitements thermiques, mécaniques ou chimiques permet de diminuer les risques de contamination des tubercules au moment de la récolte. Enfin, le buttage permet également de réduire les risques de contamination des tubercules. L'utilisation de variétés de pomme de terre génétiquement résistantes est la meilleure alternative que l'utilisation des fongicides, la sélection de variétés ayant une bonne valeur agronomique et une résistance durable au mildiou (Montarry, 2007). Actuellement, onze de ces gènes (R1 à R11) ont été identifiés et introduits chez *S. tuberosum* à partir de *S. demissum* (Vleeshouwers et al. 2011).

### **2) Défanage**

C'est une opération culturale qui consiste à détruire partiellement ou totalement les tiges et les feuilles des pommes de terre avant de procéder à la récolte, se fait généralement 15 jours avant la date de la récolte. Cette opération peut se faire de manière physique (manuellement) ou à l'aide des machines (mécanique) ou par brulage (défanage thermique) ou bien à l'aide des herbicides (chimique). Cette méthode a deux intérêts de un c'est de faciliter la récolte, de deux elle améliore la qualité des tubercules en éliminant les agents pathogènes qui était présent à la surface des feuilles.

### **3) Lutte par fongicides**

Une lutte efficace au moyen de fongicide nécessite une bonne couverture du feuillage, des doses convenables et un calendrier d'application adéquat. Les fongicides de contact demeurent à la surface du plant où ils sont appliqués et ne font que protéger le plant où ils sont déposés.

Les fongicides translaminaires sont absorbées par les feuilles et présentent une redistribution limitée de la surface supérieure vaporisée à la surface inférieure non vaporisée. Ils sont généralement plus résistants au lavage par la pluie que les fongicides de contact.

Les fongicides systémiques sont absorbées dans le tissu végétal et peuvent offrir une certaine activité post-infection. Très peu de fongicides sont réellement systémiques (c'est-à-dire se déplacent librement à l'intérieur de la plante).

## **Chapitre 04 : Etude comparative entre l'alternariose et le mildiou de la pomme de terre.**

### **4) Lutte biologique par le bicarbonate**

Le bicarbonate est excellent traitement contre le mildiou. Cette méthode se réalise en diluant une cuillère à soupe de bicarbonate dans 1 litre d'eau (de préférence une eau pauvre en calcaire). Puis pulvériser cette solution sur toutes les feuilles en prenant soin de bien atteindre le dessus et le dessous des feuilles (<https://www.jardiner-malin.fr>).

La bouillie bordelaise est un moyen de lutte biologique qui a montré son efficacité dans la lutte contre le mildiou, mais elle reste toujours un moyen de lutte préventif car une fois notre culture est touchée la bouillie n'a aucune efficacité.

### **6. La lutte contre le mildiou et l'alternariose de la pomme de terre sans pesticides**

- Respectez une rotation des cultures de 4 à 5 ans sans solanacées (aubergine, piment, poivron, pomme de terre, tomates).
- Utilisez des semences et des plants sains.
- Ne semez pas trop tôt pour éviter de fragiliser les plants, la levée doit être rapide (6 à 8 jours entre 20 et 25° Celsius). Puis, conservez les plantules de 15 à 18° Celsius le jour et de 11 à 12° Celsius la nuit.
- Semez à la densité prescrite et repiquez des plants trapus, bien durcis, en bannissant les étioles.
- Employez des couches de semis neuves et du terreau sain pour confectionner les mottes.
- Ne plantez jamais à une température de sol inférieure à 15° Celsius.
- Distancez les plants tous les 45 à 50 centimètres sur la ligne, en laissant au moins 60 centimètres entre-rangs pour limiter le confinement de végétation et l'humidité.
- Supprimez les feuilles basses à mesure de l'élongation de la tige, en laissant un étage foliaire au-dessous du premier bouquet floral.
- Proscrivez l'irrigation par aspersion, surtout en fin de journée, à la faveur d'un paillage et d'arrosages localisés au pied.

## Chapitre 04 : Etude comparative entre l'alternariose et le mildiou de la pomme de terre.

- Associez à la pomme de terre, ail, asperge, carotte, tétragone, basilic, céleri, chou, cresson, haricot à rames, oignon, persil, etc.
- Fertilisez surtout en potasse.
- Respectez les doses d'engrais azotés, même organiques. La pomme de terre exporte pour 1 000 kilogrammes de fruits : de 2 à 3 kilogrammes d'azote, 1 à 2 kilogrammes d'acide phosphorique, de 4 à 6 kilogrammes de potasse, de 0,5 à 1 kilogrammes de magnésie.
- Désinfectez les piquets d'une année sur l'autre avec de l'alcool à brûler ou du vinaigre blanc (50 millilitres par litre d'eau) avant tuteurage.
- Sous tunnel, évitez la condensation en aérant la journée, notamment à partir de 20° Celsius.
- Supprimez les repousses de pomme de terre et de tomate dans votre potager et à côté du tas de compost, car ce sont des hôtes primaires du mildiou et de l'alternariose.

# Conclusion

## Conclusion

La pomme de terre est une plante herbacée, vivace cultivée comme plante annuelle, qui réussit dans la plupart des sols, c'est le principal légume le plus populaire en Algérie grâce à son importance économique et alimentaire, à cause de son tubercule qui est riche en élément nutritive. Toutes ces propriétés ont conduit au développement de cette culture en Algérie, qui a vu une augmentation de la production et des superficies de pomme de terre de consommation, qui sont passées respectivement de 1 506 859t à 4 606 403t et de 79 339 à 148 692 ha de 2007 à 2017.

L'intensification de cette culture en Algérie la rendue soumise aux attaques de plusieurs ravageurs et maladies dont deux maladies cryptogamiques, le mildiou et l'alternariose.

Afin de déterminer la différence entre le mildiou et l'alternariose de la pomme de terre, on a opté pour une bonne recherche bibliographique sur l'alternariose et le mildiou sur le plan biologie de l'agent causal, la pathogénicité et l'impact économique

Le mildiou de la pomme de terre est causé par *Phytophthora infestans* qui est un oomycète hemibiotrophe nécessitant des parties vivantes de pomme de terre pour se conserver. Le mildiou est une maladie cryptogamique polycyclique, avec deux modes de reproduction sexuée et asexuée cela grâce à l'existence de deux mating type A1 et A2. L'union de ces deux types permet la reproduction sexuée, et lorsqu'un seul des types est présent c'est une reproduction asexuée. En Algérie, le mildiou se propage par reproduction asexuée par production des sporanges dans les tissus infectés puis par dissémination par le vent et la pluie, qui vont causer l'infection tard des tubercules en saison et à la récolte. Tous les types sexuels de *P. infestans* existant en Algérie sont du type de compatibilité sexuel A2.

Les fongicides restent la tactique la plus courante pour la gestion du mildiou, mais les considérations environnementales augmentent la pression pour utiliser la résistance de l'hôte, l'assainissement et d'autres mesures. Les nouvelles solutions développées pour gérer le mildiou comprennent, entre autres, des systèmes d'aide à la décision basés sur des téléphones intelligents liés à des kits de diagnostic portables qui peuvent diffuser rapidement des informations sur la maladie à un grand nombre d'agriculteurs.

Quant à l'alternariose, c'est une maladie cryptogamique polycyclique due à diverses espèces du genre *Alternaria*, en Algérie c'est les espèces à grandes conidies qui sont les plus

## Conclusion

communes dans toutes les zones de culture de pomme de terre comme *A.solani* et *A.linariae*, la reproduction est généralement asexuée par conidies, mais certaines espèces ont une reproduction sexuée.

Le cycle d'infection de *l'Alternaria* comporte les stades suivants, la conservation, la pénétration et l'invasion, la sporulation et la dissémination. L'agent pathogène passe l'hiver dans des résidus cultureux infectés et dans le sol. Et au moment des conditions favorables ou une partie de la plante entrent en contact avec le sol infesté, Le matériel infecté produit des spores grâce à une multiplication asexuée qui sont ensuite transportées par le vent.

La gestion intégrée pour lutter contre l'alternariose nécessite la mise en œuvre de plusieurs approches. La maladie est principalement contrôlée par l'utilisation de pratiques culturales (pour réduire l'inoculum provenant du sol), des cultivars moins sensibles et l'utilisation de pesticides. Mais il y a une perte de sensibilité envers deux groupes de fongicides décrits. La perte de sensibilité vis-à-vis des fongicides inhibiteurs de la succinate déshydrogénase (SDHI) et des inhibiteurs externes de quinone (QoI) causée par différentes mutations ponctuelles. Par conséquent, le contrôle de l'alternariose sera un défi considérable à l'avenir.

# Références bibliographiques

## Références bibliographiques :

ACIA, 2013. Agence canadienne d'inspection des aliments. 2013. <https://inspection.canada.ca/varietes-vegetales/pommes-de-terre/documents-d-orientation/pi-005/chapitre-3/fra/1381190037846/1381190038643> Consulté en juin 2021

Adolf, B. Andrade-Piedra, JL. Molina, F. Przetakiewicz, J. Hausladen, H. Kromann, P. Lees, AK. Lindqvist-Kreuze, H. Perez, W. Secor, G.A. (2020). Fungal, Oomycete, and Plasmodiophorid Diseases of Potato. In, Campos H, Ortiz O. (eds) The Potato Crop. Springer, Cham. Pp.307-350.

Agrios G N, 2010. Plant Pathology. Fifth edition, Elsevier Academic Press. 922p.

Agrios. 2005. G. N. Plant Pathology. San Diego, Academic Press. USA. 8th ed, Pp .635.

Andrison, 1995. The origin of *Phytophthora infestans* populations present in Europe in the 1840s: a critical review of historical and scientific evidence. Plant pathology, Aberystwyth University, vol. 44, no 5, p. 1027-1035.

Andrison, D. 1996. The origin of *Phytophthora infestans* populations present in Europe in the 1840s: a critical review of historical and scientific evidence. Plant Pathology.

Anonyme, 2003. Age physiologique et préparation des semences. Ministère de l'Agriculture, des Pêches et de l'Aquaculture. [www.gnb.ca](http://www.gnb.ca). Consulté en mai 2021.

Anonyme., 1999. Transfer de technologie en agriculture, Fiches techniques la production de la pomme de terre, n°52

Aprifel. 2014. Phenolic\_Compounds in the Potato and Its Byproducts. Pp. 17-22.

Ayad D, Aribi D, Hamon B, Kedad A, Bouznad Z, Simoneau P. 2019. Distribution of largespored *Alternaria* species associated with potato and tomato early blight according to hosts and bioclimatic regions of Algeria. *Phytopathologia Mediterranea*. Pp. 139-149.

Bechinger, C. 1999. « Optical Measurements of Invasive Forces Exerted by Appressoria of a Plant Pathogenic Fungus ». *Science* 285 (5435): 1896-99. <https://doi.org/10.1126/science.285.5435.1896>

## Références bibliographiques

Bengtsson, Thérèse. 2013. « Boosting Potato Defence Against Late Blight : A study from Field to Molecule ». Alnarp: Swedish University of Agricultural Sciences.

Beninal, L., Corbière, R., Kedad, A., Andrivon, D. et Bouznad, Z. 2011. A2 mating type, metalaxyl resistance and complex virulence profiles: common features in some *Phytophthora infestans* isolates from Algeria. Proceeding of the Eleventh Euroblight Workshop, 28-31 Octobre 2008, Hamar, Norway. In PPO Special Report 13 : 237-241 pp.

Bernhards, U 1998. La pomme de terre *Solanum tuberosum* L. Monographie. Institut National Agronomique Paris – Grignon.

Berto, P, Belingheri, L. Dehoeter, B. 1997. Production and purification of a novel extracellular lipase from *Alternaria brassicicola*. *Biotechnology Letters*. Pp. 533- 536.

Bessadat 2014. Isolement, identification et caractérisation des *alternaria* spp. Responsables de la détérioration des plantes maraichères par des systèmes enzymatiques et moléculaires. Mémoire doctorat. Université d'Oran.

Blackwell, 1949, Terminology in phytophthora. *Mycological papers (C.M)* P23-30.

Blancard, D. Laterrot, H. Marchoux, G. Candresse, T.2013. A colour handbook *Tomato Diseases : identification, biology and control*. Manson Publishing Ltd. 688 pp

Blancard, D., Laterrot, H., Marchoux, G. & Candresse, T. 2012. A colour Handbook - *Tomato potato Diseases : identification, biology and control*. Manson Publishing Ltd. London, UK. Pp. 688.

Boddy, Lynne. 2016. « Pathogens of Autotrophs ». In *The Fungi*, 279-88. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382034-1.00008-6>.

Bouchet et al. 2000) Bouchet, P., Guignard, J. L., Pouchus, Y. F. et Villard, J., 2000. Les champignons. *Mycologie fondamentale et appliquée. Abrégés. Biochimie végétale*. 2 © édition Masson : 274 p.

Bowen W. T. 2003. Water productivity and potato cultivation. In *Water Productivity in Agriculture : Limits and Opportunities for Improvement*. Ed. J. W. Kinje, R. Baker and D. Molden. CAB international. Pp. 229-238.

## Références bibliographiques

- Bushnell, W R. 1972. « Physiology of Fungal Haustoria ». Annual Review of Phytopathology 10 (1): 151-76. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.10.090172.001055>
- C. chambenoit, Machet, J. M., Laurent, F. Scheurer, O. 2002. Fertilisation azotée de la pomme de terre Guide pratique. Alternatch, ITCF, & ITPT, Eds. 2002nd ed. Quae. Retrieved from. <https://books.google.fr/books?id=bk0xIKa72HoC>.
- Chemak F., Boussemart J.P., Jacquet F., 2014. Farming system performance and water use efficiency in the Tunisian semi-arid region Data Envelopment Analysis Approach. Journal of International Transactions in Operational Research (ITOR). Pp.381-396.
- Cramer, RA. Lawrence, CB. 2003. Cloning of a gene encoding an A/t a J isoallergen differentially expressed by the necrotrophic fungus *Alternaria brassicicola*. Appl. Environ. Microbiol. Ed 69. Pp. 2361-2364.
- Delaye, Luis, Graciela García-Guzmán, et Martin Heil. 2013. « Endophytes versus Biotrophic and Necrotrophic Pathogens—Are Fungal Lifestyles Evolutionarily Stable Traits? » Fungal Diversity 60 (1): 125-35. <https://doi.org/10.1007/s13225-013-0240-y>.
- Dimitri Milan, 2013. Description de plantas cultivas, t. 1, Buenos Aires, ACME S.A.C.I, 2013.
- Elliot, C. G. 1917. Physiology of sexual reproduction in *Phytophthora*. In *Phytophthora, its biology, taxonomy, ecology and pathology*. American Phytopathology society:71-80 pp.
- Ellis, MB. 1971. *Dematiaceou chytridiomycetes*. Kew. 608pp.
- Erikson, O E. Hawksworth, DJ. 1991. Outline of the ascomycetes. Syst. Ascomycet. 9: 39-271.
- Escuredo, O. Seijo-Rodríguez, A. Meno, L. Rodríguez-Flores, M. Shantal, Seijo, M. Carmen. 2019. Seasonal Dynamics of *Alternaria* during the Potato Growing Cycle and the Influence of Weather on the Early Blight Disease in North-West Spain. American journal of potato research, 96. Pp.532-540.
- Evans, KJ. Nyquist, WE. Latin, RX. 1992. A model based on temperature and leaf wetness duration for establishment of *Alternaria* leaf blight of muskmelon. Phytopathology. 82: 890-895.

## Références bibliographiques

FAOSTAT, 2017. statistiques de la FAO

FAOSTAT, 2021. statistiques de la FAO.

Gallegly, M. E. et Hong, C. 2008. *Phytophthora: Identifying species by morphology and DNA Fingerprints*. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota USA. 157 p.

Gaucher, D., Duvauchelle, S. and Andrivon, D. 1998. Mildiou de la pomme de terre – le champignon évolue, la lutte aussi! Perspectives agricoles. 1-20

Goutam U, Thakur K, Salaria N, Kukreja S. (2018). Recent Approaches for Late Blight Disease Management of Potato Caused by *Phytophthora infestans*. In, Gehlot P, Singh J. (eds) *Fungi and their Role in Sustainable Development Current Perspectives*. Springer, Singapore. Pp. 311-325.

Grison, 1991. La pomme de terre, caractéristiques et qualités alimentaires. Association pour la promotion d'industrie agriculture. Pp. 292.

Grogan, RG. Kimble, KA. Misaghi, I. 1975. A stem canker disease of tomato caused by *Alternaria alternata* f.sp. *lycopersici*. *Phytopathology*. 65: 880-886.

H. Faiguenbaum M et P. Zunino. 2000. *Biología de Cultivos Anuales Tubérculo*. Pp. 25-36.

Haine, D. et Verlaine, A. 2006. Asbl Pameseb : Un réseau de stations météorologiques automatiques télémétrées. Direction Générale de l'Agriculture de la région Wallonne: 42 p.

Hampton, M. C. 1992. Some thoughts on demography of the great potato famine. *Plant Diseases*. 76: 1284-1286 pp.

Harrison. J. G. 1992. Effects of the aerial environment on late blight of potato foliage. *Plant Pathology*. 41:384-416.

Hatzipapas, P. Kalosaka, K. Dara, A. Christias, C. 2002. Spore germination and appressorium formation in the entomophagic *Alternaria alternata*. *Mycological research*. 106: 1349-1359.

Horsfield, A., Wicks, T., Davies, K., Wilson, D. & Paton, S. 2010. Effect of fungicides use strategies on the control of early blight (*Alternaria solani*) and potato yield. *Australasian Plant Pathology* 39 : 368-375.

## Références bibliographiques

Isshiki, A. Akimitsu, K. Yamamoto, M. Yamamoto, H. 2001. Endopolygalacturonase in essential for citrus Black Rot caused by *Alternaria citri* but not brown spot caused by *Alternaria alternata*. The American Phytopathological society. 14: 749-757.

ITIS, 2021. Integrated Taxonomic Information System. <https://www.itis.gov/> Consulté en juillet 2021.

Joly, 1964. Compendium of Tomato Diseases and Pests, Second Edition. The American Phytopathological Society. St. Paul, MN, U.S.A., 168 pp.

Jones, J. B., Zitter, T. A., Momol, T. M. & Miller, S. A. 2014. Compendium of Tomato Diseases and Pests, Second Edition. The American Phytopathological Society. St. Paul, MN, U.S.A., 168 pp.

Kemmitt, G. 2002. Early blight of potato and tomato. In :The Plant Health Instructor. The American Phytopathological Society (APS). St. Paul, MN, USA. DOI: 10.1094/PHI-I-2002-0809-01.

Kokaeva, L. Y., Belosokhov, A. F., Skolotneva, E. C., Doeva, L. Y., Skolotneva, E. S. & Elansky, S. N. 2018. Distribution of *Alternaria* species on blighted potato and tomato leaves in Russia. Journal of Plant Diseases and Protection 125 : 205-212.

Kumar G.N.M. & Knowles N.R., 1993a. Age of potato seed-tubers influences protein synthesis during sprouting. *Physiol. Plant.*, 89(2), 262-270

Lawrence, D. P., Rotondo, F. & Gannibal, P. B. 2016. Biodiversity and taxonomy of the pleomorphic genus *Alternaria*. *Mycological Progress* 15 : 1-22.

Lebreton, L., Laurent, C. et Andrivon, D. 1998. Evolution of *Phytophthora infestans* populations in the two most important potato production areas of France during 1992-96. *Plant Pathology* 47: 427-439 pp.

Lehtinen, A., A. Hannukkala, et T. Rantanen. 2002. « Infection potential and variation of soil borne *Phytophthora infestans* ». PPO - Special Report 8: 73-76

Lehtinen, Ari, et Asko Hannukkala. 2004. « Oospores of *Phytophthora infestans* in soil provide an important new source of primary inoculum in Finland ». *Agricultural and food science* 13: 399-410.

## Références bibliographiques

Lepoivre, 2003. Phytopathologie: Bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte. De Boeck U., Bruxelles. 432p

Linaz, MD. Morassin, P. Recco. 1998. Actualités sur *Alternaria*: écologie, Revue Française allergologie. 349- 355.

Lopes, CA. Boiteux, LS. 1994. Leaf spot and stem blight of sweet potato caused by *Alternaria bataticola*, a new record to South America. Plant disease. 78: 1107-1109.

M.Jobbé-Duval, 2007. Bulletin de l'Association de Géographes Français Année 2009 86-2 pp. 228-241

MADRP, 2014 Statistiques du Ministère de l'Agriculture et du développement rural

Marie-pierre Arvy, François Gallouin. 2006. Légumes d'hier et d'aujourd'hui. Editions Belin.Pp. 24-27..

Maya-Manzano, JM. Fernandez-Rodriguez, S. Hernandez-Trejo, F. Diaz-Perez, G. Gonzalo-Garijo, A. Si Iva-Palacios, I. Muiioz- Rodriguez, AF. Tormo —Molina, R. 2012. Seasonal Mediterranean patterns for airborne spores of *Alternaria*. Aerobiologia. 28 (4): 515-526.

Messiaen, C. M., 1981. Les variétés résistantes, méthode de lutte contre les ennemis des plantes. .N.R.A, Paris. 131-137 pp.

Messiaen, C. M., 1991. Les variétés résistantes, méthode de lutte contre les ennemis des plantes. .N.R.A, Paris. 131-137 pp.

Michellon Roger et Rassaby Michel. 1980. Observations sur le comportement variétal de pommes de terre. Saint-Denis. GERDAT-IRAT. Pp 4-6.

Mulder, A. et turkensteen, L. J. (Eds.) 2005. Potato diseases, Diseases, pests and defects. NIVAP : 280 p.

N. Deschamp, 2013. MAJ le 20/11/2013 ... Fertilisation les exportations pour un rendement de 40 t /ha. N. P2O5. K2O. Mg. Ca. S.

Nasraoui, B. 2015. Les champignons parasites des plantes cultivées. Centre de publication universitaire, Tunisie. 456: 41.

## Références bibliographiques

Neergaard, P. 1945. Danish Species of *Alternaria* and *Stemphylium*. Oxford University Press, London. 560 pp.

Nees von Esenbeck, 1817. L'histoire de champignons phytopathogènes, research in Germany.

Niederhauser, J.S. 1991. *Phytophthora infestans* the Mexican connection. In *Phytophthora*. Cambridge University Press, Cambridge. 25-45.

Nottensteiner, M. Absmeier, C. Zellner, M. 2019. QoI Fungicide Resistance Mutations in *Alternaria solani* and *Alternaria alternata* are Fully Established in Potato Growing Areas in Bavaria and Dual Resistance against SDHI Fungicides is Upcoming. *Gesunde Pflanzen* 71. Pp. 155–164.

Orina et al. 2010 ; Elansky et al. 2012 ; Bessadat et al. 2014, 2017 ; Kokaeva et al. 2018, Ayad, 2019).

Osiru, M. 2008. Distribution, variability and pathogenicity of *Alternaria* leaf petiole and stem blight disease of sweetpotato in Uganda. PhD. Thesis. Makerere University, Kampala. 33-61.

Patterson, C. L. 1991. Importance of chlamydospores as primary inoculum for *Alternaria solani*, incitant of collar rot and early blight of tomato. *Plant Disease*. 75: 274-278.

Platt, 2008 ; Cornell University, 2018).

Platt, B. 2008. Maladies de la pomme de terre causées par des oomycètes. *Cahiers Agricultures* 17(4) :361-367.

Platt, B. 2008. Maladies de la pomme de terre causées par des oomycètes. *Cahiers Agricultures* 17(4) :361-367.

Preuss, C. G. T. 1851. Übersicht untersuchter Pilze, besonders aus der Umgegend von Hoyerswerda. *Linnaea* 24 : 99-153.

Radtke, W. et Rieckmann, W. 1991. Maladies et Ravageurs de la Pomme de Terre. Th. Mann, Gelsenkirchen-Bue, Canada, 120 p.

Rotem, J. 1994. The genus *Alternaria*, biology and pathogenicity. APS Press, St. Paul, Minnesota. 326pp.

## Références bibliographiques

- Rotem, J. 1994. The genus *Alternaria* : biology, epidemiology and pathogenicity. APS Press, St Paul, Minnesota. 326 pp.
- Rousselle P, Rousselle-Bourgeois, Ellisseche D, Gallais A. 1996. La pomme de terre en amélioration des espèces végétales cultivées. Pp. 50-53.
- Sadiki et al. 1997 in Beninal, 2010).
- Sandrock, RW. Vanetten, HD. 1998. Fungal sensitivity to and enzymatic degradation of the phytoanticipin alpha-tomatine. *Phytopathology*. 88: 137-143.
- Shibata, Yusuke, Kazuhito Kawakita, et Daigo Takemoto. 2010. « Age-Related Resistance of *Nicotiana Benthamiana* Against Hemibiotrophic Pathogen *Phytophthora Infestans* Requires Both Ethylene- and Salicylic Acid-Mediated Signaling Pathways ». *Molecular Plant-Microbe Interactions*.
- Simmons, E. G, 1967. Typification of *Alternaria*, *Stemphylium*, and *Ulocladium*. *Mycologia* 59 : 67-92.
- Simmons, E. G. 1986. *Macrospora* Fuckel (Pleosporales) and related anamorphs. *Sydowia* 41 : 314-329.
- Simmons, EG, 2007. *Alternaria*. An Identification Manual. : CBS Biodiversity Series No. 6. CBS Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, the Netherlands 775
- Soltner D. 1990. Les grandes productions végétales. Collection Scientifique des Technologies Agricoles. 17ème édition. Pp. 125.
- Stevenson W.R, Loria R, Franc G.D et Weingartner D.P. 2001. Compendium of potato diseases, second edition. Pp. 14-15.
- Thurston, H. D. et Schitz, O. 1981. Late blight in compendium in potato disease. Hooker editions. APS Press Michigan. USA. 40-42 pp.
- Tsedaley, B. 2014. Review on early blight (*Alternaria* spp.) of potato disease and its management options. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 4 : 2224-3208.
- Tsedaley, Binyam. 2014. « Late Blight of Potato (*Phytophthora infestans*) Biology, Economic Importance and its Management Approaches ». *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* Vol. 4 (No. 25): 215-25

## Références bibliographiques

Van der Waals, J. E., Pitsi, B. E., Marais, C., Wairuri, C. K., 2011. First report of *Alternaria alternata* causing leaf blight of potatoes in South Africa. *Plant Disease* 95 : 363.

Vander Zaag, 1980. Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. 5. Review of literature and integration of some experimental results. *Potato Res.*, 30(3), 451-472.

Vanloon, 1987. C.D.1987. Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars and influence of storage period and storage temperature on growth and yield in the field of Potato Research. Pp. 41-50.

Verma, N. Verma, S. 2010. *Alternaria* diseases of Vegetable Crops and New Approaches for its Control. *Asian Journal of Experimental Biological Sciences*. 1: 681-692.

Vernier, J. P., Pommereau, J. P., Garnier, A., Pelon, J., Larsen, N., Nielsen, J., Christensen, T., Cairo, F., Thomason, L. W., Leblanc, T., and McDermid, I. S, 2018. Tropical layer from CALIPSO lidar observations, potato diseases. *J. Geophys. Res.*, 114, D00H10, <https://doi.org/10.1029/2009JD011946>, 2009

Von Keissler, K. 1912. Zur Kenntnis der Pilzflora Krains. Beihefte zum Botanischen Zentralblatt 29 : 434.

Vreugdenhil, Dick, John Bradshaw, Christiane Gebhardt, Francine Govers, Donald K.L. Mackerron, Mark A. Taylor, et Heather A. Ross. 2007. *Potato biology and Biotechnology - Advances and Perspectives*. Elsevier.

W. Fry, E., Apple, A. E., and Bruhn, J. A. 2008. Evaluation of potato late blight forecast modified to incorporate host resistance and fungicide weathering. *Phytopathology*. P 1054-1059.

Wallroth, C. F. W. 1833. *Flora cryptogamica Germaniae sectio 2*. J. L. Schrag, Nürnberg, Germany.

Wehmeyer, L E. 1961. A world monograph of the genus *pleospora* and its segregates. University of Michigan Press. Ann Arbor. 451pp.

William Jackson Hooker, 2001. In Watch out for late blight on potatoes. *Hortideas*. August.95p.

## Références bibliographiques

Wiltshire, S. 1933. The foundation species of *Alternaria* and *Macrosporium*. Transactions of the British Mycological Society 18 : 135-160.

Woudenberg, J. H. C., Truter, M., Groenewald, J. Z., & Crous, P. W. 2014. Large spore *Alternaria* pathogens in section *Porri* disentangled. Studies in Mycology 79 : 1-47.

Yao, C. Koller, W. 1995 Diversity of cutinases from plant pathogenic fungi: different cutinases are expressed during saprophytic stages of *Alternaria brassicicola*. Physiological and molecular Plant pathology. 8: 122-130.

Zentmyer, G.A. 1983. The world of *Phytophthora* tiré de *Phytophthora* : its Biology, Taxonomy, Ecology and Pathology, chap 1. D. C. Emin, S. Bartnicki-Garcia, P. H. Tsao, eds. APS Press. USA. pp 1-8.

## Résumé

L'alternariose causé par un complexe d'espèces de genre *Alternaria* et le mildiou causé par oomycète *Phytophthora infestans* sont les deux maladies fongiques les plus répandues des *Solanacées* cultivées en Algérie et plus précisément sur la pomme de terre. Bien que les deux agents phytopathogènes appartiennent à deux règnes différents et possèdent deux modes de parasitisme distincts. Ils ont en commun la faculté de causer de graves problèmes et des pertes de rendement considérables aux agriculteurs. Notre recherche bibliographique se base sur la détermination des conditions favorables pour le développement, et les modes de reproductions de ses deux champignons et leurs symptômes exprimés sur la plante ainsi que la différence sur le plan biologique de l'agent causal, la pathogénicité et les pertes économiques engendrées par ses maladies et les méthodes de lutte adéquates pour chacune d'elles.

**Mots clés :** L'alternariose, le mildiou, pomme de terre, maladie, symptômes, méthodes de lutte

## ملخص

تعتبر كل من اللفحة المبكرة والبياض الزغبي من أكثر الأمراض الفطرية شيوعاً في الباذنجانيات المزروعة في الجزائر وبالتحديد على البطاطس، على الرغم من أن هذين العاملين المرضيين ينتميان إلى مملكتين مختلفتين ويظهران نمطين متميزين من التطفل، يتشاركون في القدرة على إحداث مشاكل خطيرة وخسائر كبيرة للمزارعين. يعتمد بحثنا البيليوغرافي على تحديد الظروف المواتية للتطور، وأنماط تكاثر هذين الفطرين وأعراضهما المعبر عنها على النبات وكذلك الاختلاف البيولوجي للعامل المسبب، والإمراضية، والخسائر الاقتصادية. الناتجة عن أمراضه وطرق التحكم المناسبة لكل منها.

**الكلمات المفتاحية:** اللفحة المبكرة، اللفحة المتأخرة، البطاطس، المرض، الأعراض، طرق مكافحة.

## Abstract

Early blight caused by a complex of species of the genus *Alternaria* and late blight caused by oomycete *Phytophthora infestans* are the two most common fungal diseases of solanaceae cultivated in Algeria, more precisely on potatoes. Although the two phytopathogenic agents belong to two different kingdoms and have two distinct modes of parasitism. They have in common the ability to cause serious problems and considerable yield losses for farmers. Our bibliographic research it is based on the determination of the favorable conditions for the development and the modes of reproduction of those two fungi and their symptoms expressed on the plant as well as the difference on the biological level of the causal agent, the pathogenicity and the economic losses effects caused by those diseases. Besides to the appropriate control methods for each of them.

**Key words:** *Alternaria*, late blight, potato, disease, symptoms, control methods.