

Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach, Alger
Ecole Doctorale de Biotechnologies Végétales
Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister en **Biotechnologies Végétales**
Option : Biotechnologies Végétales

Evaluation de la résistance de la pomme de terre à l'égard du *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary agent du mildiou.

Mlle Belkhiter Sihem
Directeur de Thèse : M. Bouznad Z. Prof.
15-01-2013

Soutenu à l'ENSA, le : 15 / 01 / 2013 devant le jury composé de Président :M. Khelifi L. Prof.
Examineurs: Mme Louanchi M. MCA. M. Kedad A. M. A.A.

Table des matières

Dédicace . . .	6
Remerciements . . .	7
Résumé . . .	8
Abstract . . .	9
ص غ ل م ل ا . . .	10
Liste des abréviations . . .	11
Introduction . . .	12
1- Synthèse bibliographique . . .	14
1-1- La culture de la pomme de terre . . .	14
1-1-1- Origine de la pomme de terre . . .	14
1-1-2- Position Taxonomique . . .	14
1-1-3- La pomme de terre dans le monde . . .	15
1-1-4- La pomme de terre en Algérie . . .	15
1-1-5- Exigence de la culture . . .	16
1-1-6- Cycle biologique de la plante . . .	16
1-1-7- Principales maladies et ravageurs de la pomme de terre . . .	16
1-2- Le mildiou de la pomme de terre . . .	17
1-2-1- Origine de l'agent pathogène . . .	17
1-2-2- Apparition de la maladie . . .	18
1-2-3- Migration des populations de <i>Phytophthora infestans</i> . . .	18
1-2-4- Une nouvelle migration de <i>P. infestans</i> . . .	19
1-2-5- Symptomatologie . . .	19
1-2-6- Facteurs climatiques favorables au développement du <i>P. infestans</i> . . .	20
1-2-7- Conditions favorisant la survie du <i>P. infestans</i> . . .	21
1-2-8- Description morphologique . . .	21
1-2-9- Position taxonomique . . .	21
1-2-10- Cycle de reproduction . . .	22
1-2-11- Cycle de développement de la maladie . . .	23
1-2-12- Compatibilité sexuelle de <i>P. infestans</i> . . .	24
1-2-13- Gamme d'hôte . . .	24
1-2-14- Pouvoir pathogène « virulence » et « agressivité » . . .	25
1-3- Méthodes de lutte contre le mildiou de la pomme de terre . . .	25
1-3-1- Mesures prophylactiques . . .	26
1-3-2- Lutte chimique . . .	26
1-3-3- Amélioration génétique et choix variétal . . .	26
1-3-4- Lutte biologique . . .	27
1-4- Résistance variétale . . .	27
1-4-1- Définition de la résistance . . .	27
1-4-2- Modalités de résistance . . .	27
1-4-3- Résistance spécifique . . .	27

1-4-4- Résistance non spécifique . . .	28
1-4-5- Résistance non hôte . . .	29
1-4-6- Interaction <i>Phytophthora infestans</i> /Pomme de terre . . .	29
1-4-7- Contournement des résistances . . .	30
2- Matériels et Méthodes . . .	31
2-1- Matériel végétal . . .	31
2-1-1- Obtention des folioles . . .	31
2-2- Matériel fongique . . .	32
2-2-1- Isolats utilisés . . .	32
2-2-2- Préparation du milieu de culture . . .	33
2-3- Inoculation artificielle des feuilles détachées . . .	33
2-3-1- Préparation des folioles . . .	33
2-3-2- Préparation des boîtes de Pétri avec folioles . . .	33
2-3-3- Préparation de l'inoculum . . .	34
2-3-4- Inoculation et incubation des folioles . . .	34
2-3-5- Critères d'évaluation de l'agressivité du pathogène . . .	35
2-4- Inoculation artificielle des tubercules . . .	35
2-4-1- Désinfection des tubercules . . .	36
2-4-2- Préparation de l'inoculum . . .	36
2-4-3- Inoculation des tubercules . . .	36
2-4-4- Lecture (notation de la maladie) . . .	37
2-4-5- Calcul de l'AUDPC (Relative Area Under the Disease Progress Curve)	37
. . .	37
2-5- Outil statistique . . .	38
3- Résultats et discussions . . .	39
3-1- Evaluation <i>in vitro</i> du comportement des variétés de pomme de terre à l'égard	
des isolats de <i>P. infestans</i> sur feuilles détachées. . .	39
3-1-1- Comportement selon le temps d'incubation . . .	39
3-1-2- Comportement selon le temps de latence . . .	42
3-1-3- Comportement selon la surface des lésions . . .	45
3-1-4- Comportement selon l'intensité de sporulation . . .	50
3-1-5- Discussion des résultats du comportement <i>in vitro</i> des feuilles	
détachées . . .	53
3-2- Evaluation <i>in vitro</i> sur tubercules du comportement des variétés de pomme de	
terre à l'égard des isolats de <i>P. infestans</i> . . .	56
3-2-1- Evaluation du pourcentage de surface nécrosée des tubercules . . .	56
3-2-2- Evaluation de l'AUDPC pour le pourcentage de la surface attaquée sur	
tubercules . . .	64
3-2-3- Discussion du comportement <i>in vitro</i> des tubercules . . .	67
3-3- Discussion générale . . .	68
CONCLUSION . . .	70
Références bibliographiques . . .	71
Annexes . . .	78
Annexe 1 : Temps d'incubation. . .	78

Annexe 2 : Temps de latence. . .	78
Annexe 3 : Taille des lésions. . .	78
Annexe 4 : Intensité de sporulation. . .	78
Annexe 5 : Proportions des nécroses au niveau des tubercules. . .	79
Annexe 6 : Valeur de l’AUDPC de la proportion des nécroses au niveau des tubercules. . . .	79

Dédicace

Je dédie cette thèse A ma très chère mère Madame Bouadjenek Zined Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur. A mon très cher père Monsieur Belkhiter Rachid Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi papa. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consenti pour mon éducation et ma formation A mes deux frères Lotfi et Amine, En témoignage de l'affection et l'amour que je porte pour vous, je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de santé, de bonheur et de réussite. A mes deux grands-mères Fatima et Halima. En témoignage de l'affection, le respect et l'amour que j'ai pour vous, je vous dédie ce travail en souhaitant que le bon dieu tout puissant vous accorde une longue vie pleine de santé et de bonheur car vous êtes le pilier de la famille. A tous les membres de ma famille, petits et grands Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection. A mes amies Kahina et Latifa. Et A mes camarades de l'école Doctorale Biotechnologie végétale : Warda, Katia, Nawel, Miyassa ,Lamia, Amina , Khadidja et Mourad. En témoignage de l'amitié qui nous unie, des souvenirs et de tous les moments que nous avons passé ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de réussite.

Remerciements

Je remercie tout d'abord le bon « Dieu » tout puissant qui m'a donné la force et la volonté afin de finaliser ce travail.

Je tiens à remercier sincèrement Monsieur « Bouznad .Z» qui en tant que Directeur de thèse, était toujours à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur « Khelifi .L » qui en tant que Directeur d'étude de l'école Doctorale Biotechnologie m'a donné la chance de faire partie de cette grande famille de chercheurs d'étudiants et d'enseignants, je le remercie également d'avoir accepté de présider le jury.

Mes remerciements les plus sincères vont à Monsieur « Kedad .A » qui a accepté d'examiner cette thèse, je le remercie également d'avoir suivi de près ce travail durant tout le long de l'expérimentation.

Je remercie également Madame « Louanchi.M », quelle trouve ici ma profonde reconnaissance pour avoir accepté d'examiner ce travail et faire partie du jury.

Je remercie le Directeur général du CNCC Monsieur « Kheddami.M » et Monsieur « Boulemnakher » de m'avoir ouvert les portes du laboratoire de mycologie et mettre en ma possession tout le matériel nécessaire.

Je remercie très profondément Monsieur « Beninal.l » pour ses précieux conseils pour son aide et pour m'avoir fourni le matériel fongique, qu'il trouve ici ma profonde reconnaissance.

Je remercie aussi l'équipe du laboratoire de mycologie du CNCC pour m'avoir bien accueilli et pour leur sympathie.

Mes remerciements les plus sincères vont à madame « Corbière.R » ingénieur au laboratoire UMR BIO3P –INRA- Le Rheu- Renne- France pour ses précieux conseils et pour nous avoir aidé à interpréter les résultats de ce mémoire.

Je tiens à remercier mon camarade Monsieur « Lattati .M » pour son aide durant l'expérimentation, pour sa disponibilité et sa patience.

Je remercie les techniciens du laboratoire du département Botanique Madame « Fatima » et Monsieur « Mohamed » pour leur aide et leur gentillesse.

Je remercie les étudiants du laboratoire de mycologie du département Botanique ainsi que les enseignants pour leur Sympathie et leur aide.

Je n'oublierai jamais mes enseignants de l'école Doctorale .Un remerciement particulier et sincère pour tous leurs efforts fournis. Vous avez toujours été présents. Que ce travail soit un témoignage de ma gratitude et mon profond respect.

A toute personne qui a participé de près ou de loin à la finalisation de ce travail qu'elle trouve ici l'expression de mes reconnaissances les plus sincères.

Résumé

Le mildiou de la pomme de terre est causé par l'oomycète *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. Cette maladie cause des dégâts considérables au niveau des cultures de la pomme de terre et de la tomate dans les régions à climat tempéré comme le cas de l'Algérie. Notre expérimentation a porté sur l'évaluation *in-vitro* de la résistance de quelques variétés de pomme de terre en étudiant différents paramètres de résistances au niveau des feuilles et des tubercules à l'égard de quelques isolats de *P. infestans*.

Les variétés utilisées ont montré un niveau différent de résistance, (Désirée et Spunta) sont des variétés très cultivées en Algérie, la variété Bintje cultivée en France et connue d'être sensible au mildiou, la variété Sarpo Mira est jugée être très résistante, nous voulons confirmer son niveau de résistance. Les résultats obtenus montrent des différences dans les niveaux de résistance selon les variétés et les isolats testés, il y a eu même des différences entre la résistance sur feuilles et sur tubercules.

Mots clés : Mildiou, Pomme de terre, *Phytophthora infestans*, résistance.

Abstract

Late blight of potato is caused by the oomycete *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. This disease causes considerable damage to the cultures of potato and tomato in temperate regions such as the case of Algeria. Our experiment was focused on the evaluation of the *in vitro* resistance of some cultivars of potato studied resistance parameters in leaves and tubers against some isolates of *P. infestans* .

The varieties used have a different level of resistance (Désiree and Spunta) varieties are widely grown in Algeria, the Bintje variety grown in France and is known to be sensitive to mildew, variety Sarpo Mira is found to be very resistant, we want to confirm the resistance level. The results show differences in resistance levels between varieties and isolates tested, there were even differences between resistance to leafs and tubers.

Keywords: Late blight, potato, *Phytophthora infestans* , resistance.

ص خل مل ا

مرض البياض الزغبي هو مرض يسببه ثبب الفطر *Phytophthora infestans*. هذا المرض يسبب خسائر فاحشة على مستوى المحاصيل الزراعية للبطاطا و الطماطم في المناطق المعتدلة و خاصة الجزائر. تركت دراستنا على التقييم المخبري للمقاومة على بعض أصناف البطاطا و ذلك بدراسة عدة أبعاد على مستوى الأوراق و درنات البطاطا باستعمال اصناف من البطاطا باستعمال عدة عزلات لثبب الفطر *Phytophthora infestans*.

الاصناف المستعملة من البطاطا لها عدة مستويات من المقاومة و هي كالتالي : (سبوتتا و ديزيري) صنفان معروفان و يزرعان في الجزائر. الصنف بينج يزرع في فرنسا و معروف عنه أنه صنف جد حساس لمرض البياض الزغبي و أخيرا الصنف (ساربو ميرا) المعروف عنه أنه جد مقاوم لهذا المرض و هذا ما نريد التأكد منه من خلال هذه الدراسة : اقتناج أفتت أن هناك فرق بين مستويات المقاومة على حسب الصنف و نوع ثبب الفطر المستعمل و أوضحت التجارب أيضا أن هناك فرق بين المقاومة على مستوى الأوراق و درنات البطاطا.

مفتاح الكلمات: البياض الزغبي 'المقاومة' *Phytophthora infestans*.

Liste des abréviations

- **A1** : Type de compatibilité sexuel A1
- **A2** : Type de compatibilité sexuel A2
- **AUDPC** : Relative Area Under the Disease Progress Curve.
- **CIP** : Centre international de la pomme de terre
- **CNCC** : Centre national de contrôle et de certification des semences et des plants
- **DDL** : Degré de liberté
- **ENSA** : Ecole nationale supérieure d'agronomie.
- **F** : F critique.
- **FAO** : Food agriculture organisation.
- **HS** : Hautement significatif.
- **MC** : Carré moyen.
- **N D** : Non déterminé.
- **NS** : Non significatif.
- **OGM** : Organismes génétiquement modifiés.
- **P** : Probabilité.
- **PAMP** : Pathogen Associated-Molecular Pattern.
- **PPA** : Petit pois gélose
- **QTL** : Quantitative trait loci.
- **R** : Gène de résistance.
- **RH** : Réaction d'hypersensibilité.
- **S** : Significatif.
- **SC** : Somme des carrés
- **SSR** : Single sequence repeat
- **THS** : Très hautement significatif.
- **VIB** : Vlaams Instituut voor Biotechnologie.

Introduction

Depuis sa découverte en Amérique latine précisément, au Pérou par les explorateurs au 14^{ème} siècle, la pomme de terre est devenue aujourd'hui l'une des cultures la plus populaire et la plus consommée au monde, surtout dans les pays à grande expansion démographique, comme la Chine et l'Inde, ces derniers pays participent avec 30 % de la production mondiale. En Afrique, l'Egypte, l'Algérie, le Maroc et l'Afrique du Sud fournissent 80% de la production totale de pomme de terre (Brabet et al., 1999).

Considérée comme la culture vivrière non céréalière la plus importante à l'échelle mondiale, cette culture est rentrée dans l'art culinaire de beaucoup de populations. Des variétés sont produites à des fins industrielles, d'autres sont orientées vers la consommation en frais.

La pomme de terre est attaquée par différents ravageurs et maladies, mais le mildiou reste le plus redoutable dans les régions de culture où le climat est tempéré. Le mildiou provoqué par l'oomycète, *Phytophthora infestans* est connu depuis la « Grande Famine » qui a sévi en Irlande vers 1845 où la maladie a ravagé les récoltes de pomme de terre pendant plusieurs années successives. À l'époque environ un million d'Irlandais sont morts de faim et autant ont émigré aux Etats-Unis pour y recommencer une nouvelle vie. L'agent du mildiou est toujours la cause de pertes considérables à la récolte dans de nombreuses régions du monde. Des études menées dans les champs, montrent que les épidémies en général causent des pertes de rendement entre 40% et 70%, selon la sensibilité variétale et les conditions environnementales. Si l'infection survient tôt dans la saison, toute la récolte peut être perdue (Hauslanden et München, 2006).

En Algérie, le mildiou est aussi une des principales contraintes biotiques à la production de la pomme de terre, où de grandes pertes ont été observées en 2007 à l'échelle nationale (Beninal et al., 2008). Des épidémies régionales sont annuellement signalées en Europe occidentale et au centre de l'Algérie sur les deux cultures de pomme de terre et de tomate. De graves épidémies de mildiou sont enregistrées fréquemment au cours du printemps et en automne dans notre pays (Corbière et al., 2010).

Phytophthora infestans a deux types de compatibilité sexuelle (A1 et A2), tous deux sont originaires du Mexique, cependant, seul le type sexuel A1 était présent dans les champs européens de pomme de terre jusqu'en 1984, où le type sexuel A2 a été signalé pour la première fois en Suisse (Hohl et Iselin, 1984).

Selon Beninal et al., (2008), Corbière et al., (2010), en Algérie dans les régions côtières et occidentales, le type sexuel A2 a été détecté à une fréquence très élevée dans les cultures de pomme de terre, bien que le type A1 existe aussi. En revanche sur culture de tomates, seul le type A1 a été détecté.

La présence des deux types semble augmenter fortement la résistance des races pathologiques à l'égard des fongicides cas métalaxyl, et la diversification génétique au sein des races pathologiques leur permet de contourner les gènes de résistance des variétés de pomme de terre jugées résistantes au *P. infestans*. Une possibilité, de recombinaison sexuelle des isolats algériens serait à l'origine de l'apparition de nouvelles races plus

virulentes qui peuvent poser de sérieux problèmes pour la culture de la pomme de terre en Algérie.

Les données récentes sur la diversité génétique des populations de l'agent pathogène reste encore peu connues en Algérie. Toutefois les premiers travaux ont montré une variabilité de comportement d'un certain nombre de variétés cultivées en Algérie.

Le but de notre expérimentation est donc d'étudier les composantes de la résistance, chez quatre variétés de pomme de terre vis-à-vis de cinq isolats de *P. infestans*. Nous voulons surtout vérifier la résistance de la variété Sarpo Mira jugée résistante au mildiou en confrontation avec des isolats et connaître le niveau de résistance de cette variété vis – à-vis de ces profils pathologiques. Les tests ont porté sur l'inoculation *in vitro* des feuilles détachées et des tubercules des quatre variétés : Désirée, Bintje, Spunta et Sarpo Mira.

1- Synthèse bibliographique

1-1- La culture de la pomme de terre

1-1-1- Origine de la pomme de terre

L'histoire de la pomme de terre a commencé avec des espèces sauvages très similaires à la pomme de terre cultivée aujourd'hui. Ces dernières sont largement distribuées dans les pays de l'Amérique du sud notamment au sud du Chili et les Etats-Unis mais les premières pommes de terre cultivées sans doute, ont été sélectionnées par les populations dans les Andes centrales du Pérou et quelque part dans la Bolivie, entre 6000 et 10.000 ans avant J.C. (Spooner et Hetterscheid, 2006).

Au moment même où la pomme de terre se répandait à travers l'Europe, elle pénétrait également en Amérique du Nord, en Afrique, en Asie et dans les îles du Pacifique, principalement par l'intermédiaire des missionnaires, des marchands et des colons qui arrivaient d'Europe (CIP, 2008).

Selon Rousselle et al., (1996), la pomme de terre est arrivée quelques années avant la fin du XVI^{ème} en Europe, et ceci par deux voies d'entrée différentes. La première, fut par l'Espagne vers 1570, la seconde via les Iles Britanniques entre 1588 et 1593.

En Algérie, la pomme de terre a probablement, été introduite une première fois au XVI^{ème} siècle par les Maures andalous qui ont propagé aussi d'autres cultures comme : la tomate, le poivron, le maïs et le tabac dans la région, puis elle est tombée dans l'oubli n'ayant pas suscité d'intérêt (Himour, 2010). Selon H. Isnard, les cultures maraîchères du littoral et la pomme de terre ont été introduites vers 1856 en Algérie (Amirouche, 2008).

Dans la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle, les colons vont la cultiver pour son usage, car les algériens y sont réticents malgré les disettes successives (Himour, 2010). L'essentiel de la production était expédiée en France. En 1962, lorsque le pays acquit son indépendance, il produisait 250 000 tonnes par an et exportait environ le tiers (Amirouche, 2008 ; FAO, 2008)

1-1-2- Position Taxonomique

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) a été décrite par Linné en 1753. Elle appartient à la famille des Solanacées avec des genres aussi variés que *Nicotiana* L., *Lycopersicon* Mill., *Petunia* Juss L., *Datura* L., *Mandragora* L., *Capsicum* L., *Physalis* L. (Rousselle et al., 1996). Selon Van DenBerg et Jacobs (2007), la pomme de terre cultivée, *Solanum tuberosum* L., est placée dans la série *Tuberosa*, un groupe assez important et variable comportant des espèces cultivées et sauvages.

La pomme de terre cultivée, est issue de *Solanum tuberosum*, qui a donc environ 190 espèces sauvages de tubercules portant des proches, formant un groupe phylogénétique

bien défini ; *Solanum* section ; *Petota* (Spooner et Salas, 2006). En résumé la position de l'espèce dans la classification est comme suit :

- Famille : Solanacea
- Genre : Solanum L.
- Sous genre : *Potatoe* G. Don (D'Arcyl).
- Section : *Petota* Dumort.
- Sous-section : *Petotae* G. Don.
- Série : *Tuberosa* (Rydb.) Hawkes.

Environ 70 % de ces espèces sauvages sont diploïdes à $2n = 2x = 24$, les autres espèces sont polyploïdes, principalement tétraploïde ($2n = 4x = 48$) ou hexaploïdes ($2n = 6x = 72$) (Spooner et al., 2007). La pomme de terre cultivée appartient à une espèce *S. tuberosum* L., qui est considérée comme autotétraploïde (Jacobsen et Rousselle, 1993). Elle dérive probablement des espèces diploïdes cultivées *S. stenotomum*, *S. phureja* et du diploïde sauvage *S. sparsipium* (Hawkes, 1978 in Jacobsen et Rousselle, 1993).

1-1-3- La pomme de terre dans le monde

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) était la quatrième culture vivrière du monde après le blé, le riz et le maïs (FAO, 1995 ; Grenot, 2006 ; Amirouche, 2008). Mais d'après les données du Centre international de la pomme de terre (CIP) cette culture constitue aujourd'hui la troisième production alimentaire végétale mondiale, et la première non céréalière, sa production augmente régulièrement, en particulier en zone intertropicale et dans les pays à forte démographie (Inde, Chine, Asie du Sud Est) (Andrivon, 2009).

La production mondiale de pomme de terre atteignait les trois cent millions de tonnes à la fin du XX^{ème} siècle, en occupant plus de dix-huit millions d'hectares. A la dissolution de l'Union Soviétique, la Chine s'est imposée comme le premier producteur mondial (Grenot, 2006).

Tableau 1 : Production de la pomme de terre dans quelque pays du monde, exprimée en tonnes (FAOSTAT, 2009).

Pays	Production exprimée en tonnes
Chine	732 818 90
Union européen	123755681
Inde	343915000
Russie	311 340 00
Ukraine	196 66100
Etat Unis	195 69100
Pologne	970 28 00
Belarus	712 49 80

1-1-4- La pomme de terre en Algérie

1-1-4-1- La superficie

100 000 ha sont réservées annuellement à la production de la pomme de terre, soit 27% de la superficie totale consacrée aux cultures maraîchères (Nouad, 2008). La superficie moyenne annuelle oscille à près de 84 000 hectares (Omari, 2008).

1-1-4-2- La production

La production de pomme de terre a augmenté de 54,57 % entre la moyenne annuelle de la période 2000/2007 et celle de la décennie 1991/2000. Le volume de production moyen annuel passe de 10,6 millions de quintaux pour la période de 1991/2000 à 16,4 millions de quintaux durant la dernière période (2000/2007) (Omari, 2008). En 2009, l'Algérie a enregistré une production d'environ 2 636 060 tonnes de pomme de terre (Faostat, 2009).

1-1-4-3- La consommation

La pomme de terre reste un produit de base pour le consommateur algérien avec près de 60 kg habitant/an (Nouad, 2008). Elle se situe après les céréales estimée à près de 180 kg/an.

1-1-5- Exigence de la culture

La pomme de terre pousse mieux dans les climats tempérés, où la saison sans gel est suffisamment longue. Sous les 10 °C et au-delà de 25 °C, la croissance du tubercule est freinée (VIB, 2008). D'après Reckhaus (1977) in Beninal (2011), l'optimum thermique de cette espèce est de 25°C, les parties vertes sont sensibles aux gelées nocturnes (jusqu'à -3,0 °C), les tubercules étant tués dans le sol à -4,0 °C.

Cette plante ne peut pas survivre dans de nombreuses zones à hivers relativement froids (Van Swaay et al., 1987 in Jacobsen et Rousselle, 1993). La pomme de terre vient dans presque tous les terrains ; ceux qui lui conviennent le mieux sont peu compacts, pas humides, médiocrement fumés et surtout assez profonds (Payen et Chevalier, 1826).

1-1-6- Cycle biologique de la plante

Un tubercule est un organe de stockage de l'amidon, qui perpétue la plante l'année suivante par des moyens non sexués, appelés aussi multiplication végétative. En revanche, les plantes peuvent être obtenues par multiplication sexuée à partir des semences issues de la fécondation des fleurs (Spooner et Salas, 2006).

1-1-7- Principales maladies et ravageurs de la pomme de terre

Outre le mildiou, la pomme de terre est menacée par des ravageurs et des maladies qui attaquent les feuilles, tiges et racines au cours de sa croissance et même les tubercules pendant la croissance et le stockage (tabl. 2). Le potentiel de production des tubercules de pomme de terre pourrait atteindre le niveau de 400 millions de tonnes dans le monde entier, si ces maladies pouvaient être efficacement contrôlées (Agrios, 1997). Jusqu'à présent, la lutte chimique, l'utilisation des engrais, l'irrigation et l'utilisation de semences certifiées sont le principal moyen d'obtenir un rendement élevé.

<i>Maladies bactériennes</i>
Flétrissement bactérien « Bacteria wilt » causée par <i>Ralstonia solanacearum</i> (Smith 1896) Yabuuchi et al. 1996.
Pourriture molle causée par <i>Pectobacterium chrysanthemi</i> (Burkholder, et al .1953) Brenner et al., 1973 amend. Hauben et al. 1998.
Flétrissement bactérien « Ring root » causé par <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>sepedonicus</i> . (Spieckermann and kotthoff 1914) Davis et al. 1984.
Galle commune « Commun scab » causée par <i>Streptomyces scabiei</i> Lambert et Lorai 1989.
<i>Maladies Fongiques</i>
Mildiou « Late Blight » causé par <i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary.
Alternariose « Early blight » causée par <i>Alternaria solani</i> Sorauer et <i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.
Gale poudreuse « Powdery scab » causée par <i>Spongospora subterranea</i> (Wallr.) Lagerh.
Dartrose « Black dot » causée par <i>Colletotrichum coccodes</i> (Wallr.) S. Hughes,
Gale verruqueuses « Wart disease » causée par <i>Synchytrium endobioticum</i> (Schilb.) Percival.
Alternariose « Early blight » causée par : <i>Alternaria solani</i> Sorauer. et <i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.
Verticilliose « Verticillium wilt » causée par <i>Verticillium</i> spp.
Pourriture sèche causée par <i>Fusarium</i> spp.
<i>Maladies provoquées pas des nématodes parasites</i>
Nématodes à kystes « Potato cyst » causé par <i>Globodera pallida</i> (Stone) Mulvey et Stone , <i>Globodera rostochiensis</i> (Wollenweber) Mulvey et Stone.
<i>Nématodes à galle</i> « Root knot nematode » causée par <i>Meloidogyne</i> spp.
<i>Maladies virales</i>
Virus Y de la pomme de terre, PVY causé par le genre <i>Potyvirus</i>
Virus X de la pomme de terre, PVX causé par le genre <i>Potexvirus</i> .
Virus de l'enroulement causé par PLRV Potato Leafroll Virus, genre <i>Luteovirus</i> .
Virus S de la pomme de terre, PVS causé par le genre <i>Potyvirus</i>
Virus A de la pomme de terre, PVA causé par le genre <i>Potyvirus</i>
<i>Insectes parasites</i>
Doryphore <i>Leptinotarva decemlineata</i> (Say, 1824).
Teigne de la pomme de terre <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller).

Tableau 2 : Principaux agents pathogènes et ravageurs de la pommes de terre (Golas ,2010).

1-2- Le mildiou de la pomme de terre

1-2-1- Origine de l'agent pathogène

Le centre du Mexique a été proposé comme le centre d'origine puisque, jusqu'à présent, c'est la seule région où les deux types sexués (A1 et A2) ont été trouvés dans un ratio 50:50. En outre, la population de l'agent pathogène du mildiou a une très grande variabilité génotypique et phénotypique. Il y a aussi une relation gène-pour-gène entre certaines espèces sauvages de pommes de terre résistantes mexicaines et le *Phytophthora infestans* (Niederhauser, 1991 ; Goodwin et Drenth, 1997 ; Grünwald et al., 2001).

Il est maintenant évident que le Mexique est le centre d'origine, non seulement de l'agent responsable du mildiou de la pomme de terre le *P. infestans* mais aussi de plusieurs espèces de *Phytophthora* similaires, y compris *P. mirabilis*, *P. ipomoeae* et éventuellement, *P. phaseoli* (Grünwald et Flier, 2005). Écouter Lire phonétiquement.

1-2-2- Apparition de la maladie

La pandémie du mildiou (initialement appelée la peste de la pomme de terre ou la gangrène humide) a confirmé ses premières origines, sur la côte Est Américaine en 1843 (Griffith, 2007). En Europe, cette maladie n'a pas cessé de faire couler beaucoup d'encre depuis son apparition dramatique en Irlande en 1845-46 en provoquant une grande famine (Fry et Goodwin, 1997), et a entraîné la mort de plus d'un million d'habitants ainsi que la migration de plus d'un million et demi de personnes (Andriveau, 1996 ; Erwin et Ribeiro, 1996 ; Strange, 2003).

Selon Semal (1995), le mildiou a suscité dans le passé de nombreux travaux de recherches sur la nature et l'origine du mal. Il a fallu quinze années de controverse et les travaux de de Bary pour que soit établie la cause de l'oomyète *P. infestans* dans cette affection (Andriveau et Lebreton, 1997).

Notre compréhension de la biologie fondamentale de *P. infestans* a radicalement changé durant la dernière partie du 20^{ème} siècle. L'organisme a d'abord été décrit comme *Botrytis infestans* par Jean Montagne dans le milieu du 19^{ème} siècle. Depuis, notre compréhension des relations phylogénétiques de *P. infestans* a changé (Mizubuti et Fry, 2006). En 1861, Anton de Bary a publié ses travaux de recherche sur le cycle biologique de l'agent pathogène, pour finalement le renommer *P. infestans* en 1876, ce nom est resté stable depuis plus d'un siècle (Griffith, 2007).

1-2-3- Migration des populations de *Phytophthora infestans*

Jusqu'au début du XX^{ème} siècle, *P. infestans* était considéré comme un organisme asexué car seul le type A1 était connu. Des prélèvements systématiques dans différents pays d'Europe, d'Asie, d'Amérique du Sud et du Nord montraient en effet, que les populations étaient globalement similaires, appartenant majoritairement à une seule lignée clonale US-1 de type sexuel A1 (les lignées clonales étaient définies sur la base de profils, de séquences nucléotidiques répétées).

La présence de cette lignée dans plusieurs régions du monde peut s'expliquer par le fait que *P. infestans* peut survivre dans les tubercules infectés qui sont exportés sous forme de tubercules. Selon une hypothèse cette lignée originaire des Etats-Unis aurait été dispersée d'abord en Europe suite à son exportation, puis dans le reste du monde (Afrique, Asie et L'Amérique du sud) (Goodwin, 1997).

Mais selon l'hypothèse d'Andriveau (1996), et qui semble mieux en accord avec les données actuellement disponibles, la migration du mildiou a été faite en plusieurs temps. D'abord du Mexique central vers l'Amérique du sud il y a de cela plusieurs siècles, puis de l'Amérique du Sud vers les USA entre 1841 -1842 et enfin une migration vers l'Europe soit à travers l'Amérique du sud ou les USA.

1-2-4- Une nouvelle migration de *P. infestans*

Suite à la sécheresse qui a sévi en 1976 en Europe, celle-ci a nécessité l'importation de 25.000 tonnes de pommes de terre en provenance du Mexique, centre de diversification du *P. infestans*. Peu après, on observa la présence d'oospores sexuées de l'oomycète, inexistantes jusque là en Europe. Le type A2 aurait migré à partir du Mexique via des tubercules infectés. Simultanément, on observa la diminution des anciennes souches A1 et leur remplacement progressif par de nouvelles souches A2 caractérisées par leurs marqueurs biochimiques (Lepoivre, 2003).

1-2-5- Symptomatologie

Les conditions fraîches et humides favorisent l'apparition, la propagation et la nuisibilité du mildiou. Dans les régions maritimes, le mildiou apparaît chaque année, tandis que dans les régions plus sèches, il est moins fréquent ou cause moins de dégâts (fig.2) (Platt, 2008). Ce pathogène est en effet capable d'infecter tous les organes de la pomme de terre (feuillage, tiges, tubercules, et même les racines) et développer un mode de vie quasi strictement biotrophe *in natura* (Andriveau, 1995). Des tâches aqueuses ou des lésions apparaissent d'abord sur les feuilles par temps frais et pluvieux.

Des tâches de couleur vert- clair apparaissent en premier lieu et brunissent ensuite ; des lésions peuvent avoir aussi une marge ou un halo vert-jaunâtre (Avery, 1983). En peu de temps, l'infection peut gagner des folioles entières, le pétiole, la tige, et la plante finit par mourir (Platt, 2008). L'infection des tubercules réduit considérablement la qualité de la récolte et si une grande proportion de tubercules est touchée, ceci peut entraîner la perte totale des récoltes.

Un autre aspect très important est que les tubercules infectés peuvent fonctionner comme des sources d'inoculum pour les épidémies du mildiou au cours de la saison suivante (Björn, 2007). Les tubercules infectés pendant la saison de croissance peuvent pourrir pendant le stockage dû à des infections secondaires causées par le mildiou et par d'autres organismes de pourritures (Widmark, 2010).

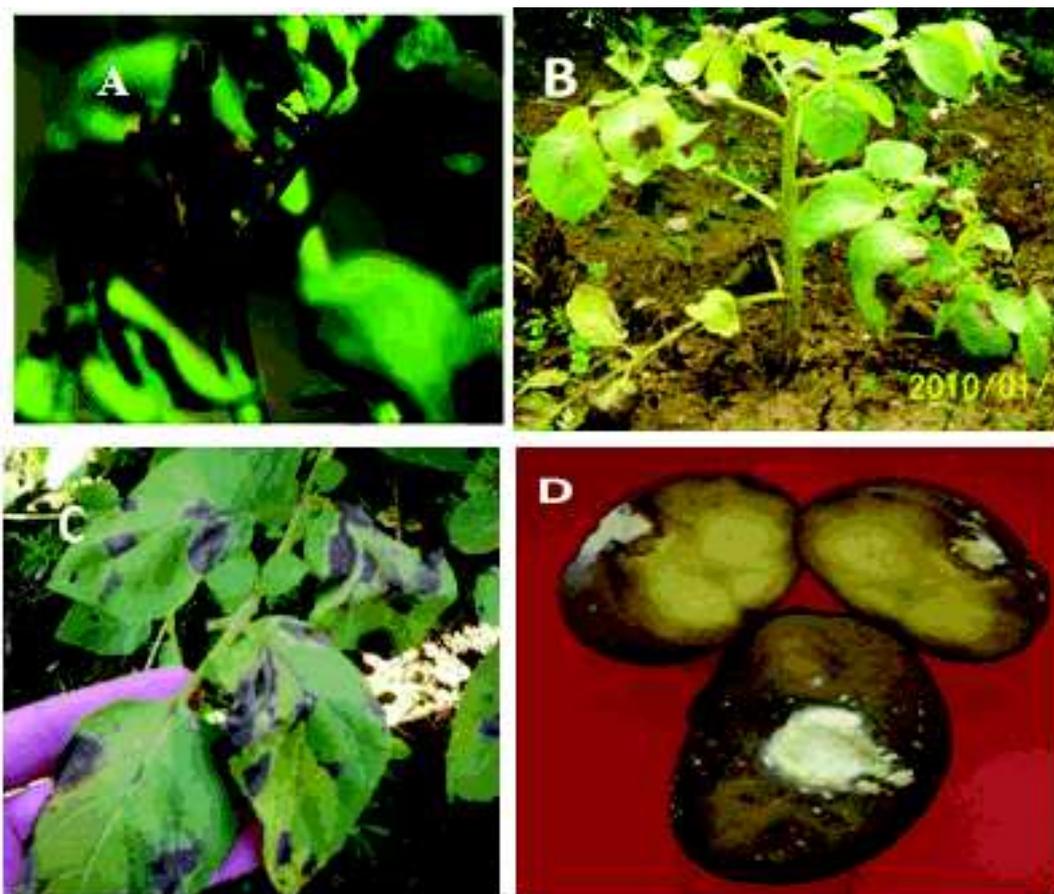


Figure 1 : Symptômes du mildiou sur les différents organes de la pomme de terre. A : Au niveau de la tige d'après Bohl et al., (2003).

B et C : Au niveau des feuilles, un halo vert-jaunâtre autour de la nécrose (Belkhiter, 2011). C : Au niveau des tubercules, aspect molle et apparition de pourritures (Belkhiter, 2011).

1-2-6- Facteurs climatiques favorables au développement du *P. infestans*

La température et l'humidité semblent être les deux facteurs les plus importants, une formation abondante des sporanges prend place dans les cultures, entre 9°C et 22°C, mais la plage optimale de température est de 18°C à 22°C. A cette gamme de température, les sporanges sont produits en abondance dans les 14 heures qui suivent, alors qu'une température inférieure entre (9-15°C) pendant 48 heures est nécessaire (Alexopoulos et al., 1996).

A des températures voisines de 20°C ou plus, les sporanges détachés germent en formant un hyphes en croissance, tandis qu'à des températures de 12°C ou moins, les sporanges subissent un clivage cytoplasmique pour produire des zoospores motiles (Deacon, 2006). La température optimale pour la croissance du mycélium est d'environ 21°C, même si une certaine croissance peut avoir lieu entre 2 et 30°C. Toutefois, si les températures restent à environ 26°C, les hyphes du pathogène meurent généralement en une

semaine (Alexopoulos et al., 1996). Quant à l'humidité relative optimale, elle est de 100% et, un minimum de 9% pour la production des sporanges (Alexopoulos et al., 1996).

1-2-7- Conditions favorisant la survie du *P. infestans*

Les organes asexués (sporangies, zoospores, mycélium) et sexués (oospores), libres ou associés à des tubercules de pomme de terre, ou à des débris, peuvent être trouvés dans le sol. Leur survie dans le sol conditionne largement les infections primaires et par conséquent, le temps et la gravité des épidémies du mildiou (Andriveau, 1995).

1-2-8- Description morphologique

Phytophthora infestans possède un mycélium coenocytique hyalin et à développement endogène. Le mycélium se développe entre les cellules des tissus infectés, dans lesquels il forme des suçoirs (Lepoivre, 2003).

P. infestans est hétérothallique, avec deux types d'accouplement (A1 ou A2) et bisexué. Lorsque l'organisme se reproduit sexuellement, une spore à paroi épaisse (oospore) est formée (Mizubuti et Fry 2006). Les oospores sont apleurotiques avec un diamètre en moyenne d'environ 30 µm,

Ces oospores germent directement en produisant des sporangies qui libèrent soit des zoospores ou qui germent en produisant des tubes germinatifs (Gallegly et Hong, 2008). D'après Gallegly et Hong (2008), Les oogones sont globuleux et mesurent en moyenne 37 µm de diamètre. Les anthéridies sont amphigynes et généralement allongées, mesurant environ 23 x 18 µm (Gallegly et Hong, 2008). Les structures sexuelles (anthéridies et oogones) sont diploïdes et ont des parois cellulaires riches en glucanes (Mizubuti et Fry, 2006).

1-2-9- Position taxonomique

D'après Björn (2007), le mildiou est considéré par la plupart des chercheurs comme une maladie fongique, mais le genre *Phytophthora* n'a pas de lien de parenté avec des champignons vrais. Cet agent pathogène est actuellement classé comme un Oomycète, qui est membre du règne des Chromista (Straminipiles) (Nelson, 2008). Contrairement aux champignons supérieurs, les Oomycètes ont un mycélium non - septé (coenocytique). Au cours de leur cycle de vie, ils forment des spores mobiles (zoospores) avec deux flagelles qui les rendent capables de nager. Ceci peut être vu comme une indication d'une origine aquatique (Erwin et Ribeiro, 1996). Les parois cellulaires des Oomycètes contiennent de la cellulose contrairement aux champignons vrais qui contiennent de la chitine (Björn, 2007). Selon, Erwin et Ribeiro (1996), les Oomycètes du genre *Phytophthora* n'ont pas la capacité de synthétiser des stérols et de la thiamine.

D'après Kirk et al, (2008), la classification de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary est comme suit :

- Règne : Chromista ou Straminopila
- Phylum : Oomycota
- Classe : Peronosporae
- Ordre : Peronosporales
- Famille : Peronosporaceae

- Genre : *Phytophthora* de Bary.

1-2-10- Cycle de reproduction

Selon Thorez (2009), il existe deux modes de reproduction chez *P. infestans* :

a- Reproduction asexuée

Elle donne des spores flagellées ou zoospores disséminées par le vent, la pluie, l'eau d'irrigation, parfois sur de longues distances, ce qui cause des contaminations des parties aériennes et souterraines (Thorez, 2009). Les zoospores sont chimiotactiques et sont stimulées par les exsudats de l'hôte, pour orienter leurs flagelles. Les zoospores s'enkystent et forment une paroi qui libère des glycoprotéines adhésives qui facilitent l'adhésion à la surface des plantes, le tout se fait en une minute environ.

Après environ 2 heures, chaque kyste étend un tube germinatif qui gonfle ensuite, pour former un appressorium sur les surfaces hydrophobes, telles que la cuticule des plantes (Judelson et al., 2008). Le nombre de spores est multiplié par 100 à chaque génération, et un cycle dure 5 à 7 jours et ne survivent pas longtemps hors des tissus vivants (Thorez, 2009).

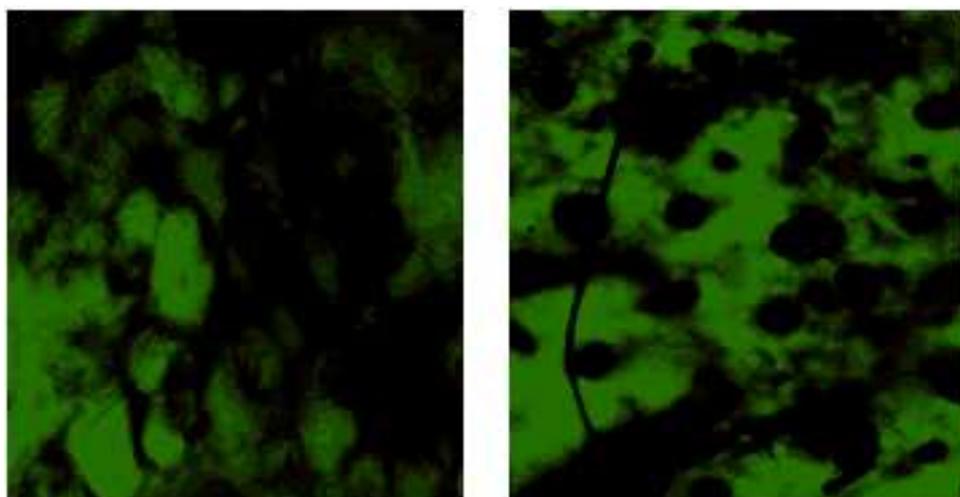


Figure 2 : Organes asexués de *P. infestans*.

A : Sporangie en germination observé chez la variété Spunta au grossissement 40 (Belkhiter, 2011).

B : Sporangies en germination observé également chez la variété Spunta au grossissement 40 (Belkhiter, 2011).

b- Reproduction sexuée

Partout où les deux types de compatibilité A1 et A2 sont présents dans le même tissu de la plante, la fécondation peut avoir lieu et les oospores peuvent être produites (Agiros, 2005). Ces oospores, sont probablement importantes pour la survie à long terme de l'agent pathogène dans le sol.

Cependant, leur importance dans le cycle infectieux du pathogène n'a pas encore été définitivement fixé (Hauslanden et München, 2006). Grünwald et Flier (2005), affirment, que les oospores sont censées avoir deux fonctions principales dans le cycle de vie du *P. infestans*. D'abord, ils fournissent un moyen de survie et pourrait donc servir d'inoculum

primaire pour le développement épidémique de la maladie. Deuxièmement, ils offrent un moyen de recombinaison sexuée (fig.3).



Figure 3 : Organe sexué de *P. infestans*.

D : Oospore de *P. infestans* colorée au bleu coton et observée au microscope au grossissement 1000 (Photographie INRA – R. Corbière) d'après, www.rennes.inra.fr

1-2-11- Cycle de développement de la maladie

D'après Nelson (2008), les différentes phases du cycle de la maladie sont résumées dans le schéma de la figure 4 :

a-Dissémination : les sporanges ou des fragments de mycélium se dispersent à partir d'organes de la plante infectée, par les vents et/ ou les gouttelettes de pluie ou les éclaboussures de pluies emportées par le vent.

b-Inoculation : les sporanges ou les fragments de mycélium atterrissent sur l'organe de l'hôte sensible.

c- Infection et développement de l'agent pathogène : soit des sporanges germent directement via des tubes germinatifs et pénètrent dans l'organe du végétal, soit les sporanges libèrent des zoospores motiles qui s'encystent sur les organes de l'hôte et pénètrent à leur tour dans les tissus par un hyphes de pénétration.

d- Développement des symptômes et apparition de la maladie : le mycélium de l'agent pathogène pénètre dans les parois des cellules directement, envoie des suçoirs et se ramifie à travers les tissus internes de l'hôte, les détruit et rapidement conduit à l'élaboration de la nécrose caractéristique du symptôme du mildiou.

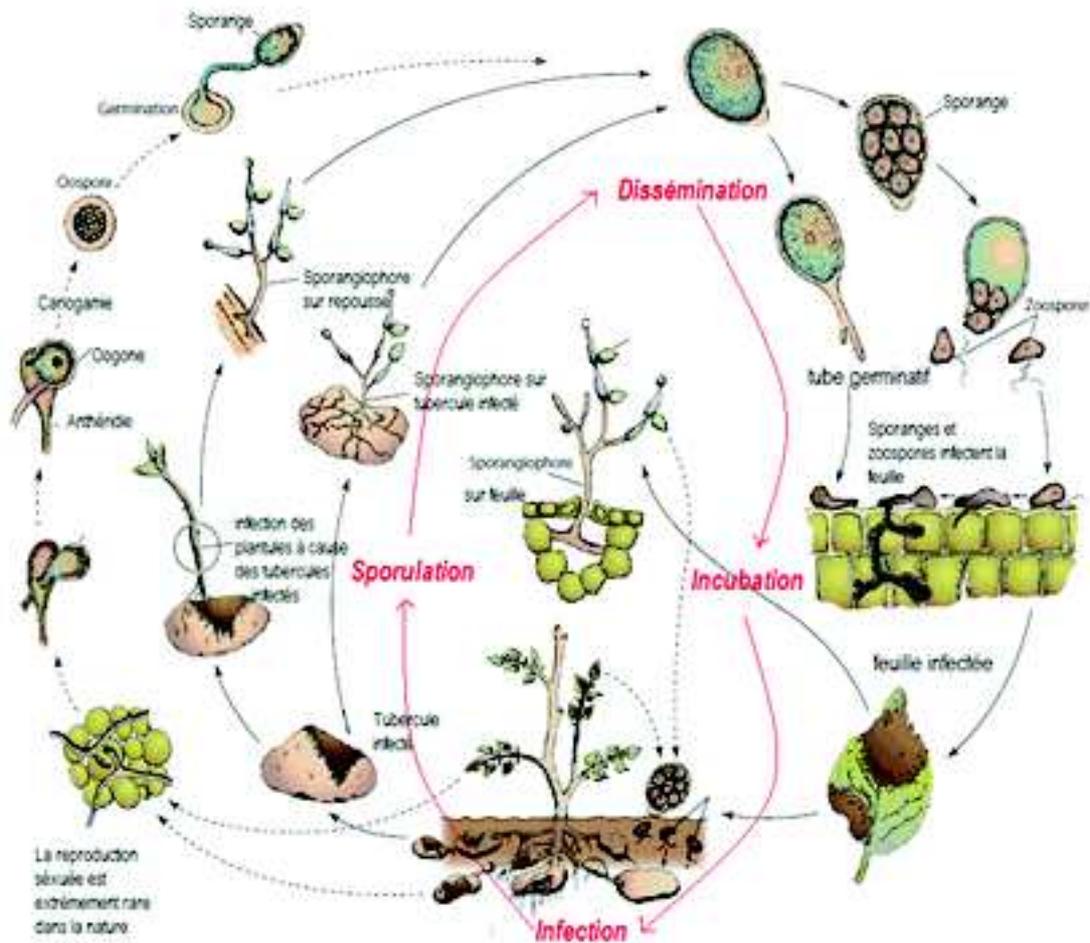


Figure 4 : Cycle de développement et de la maladie chez *P. infestans* d'après (Agrios, 2007).

1-2-12- Compatibilité sexuelle de *P. infestans*

La compatibilité sexuelle est indépendante de l'espèce, et toute confrontation entre une souche A 1 et une souche A 2 produit en principe des oospores, quelle que soit la position taxonomique des deux confrontant (Boccas, 1979).

1-2-13- Gamme d'hôte

La séparation géographique des hôtes pourrait théoriquement conduire à séparer les populations de pathogènes (Erselius et al., 1997). La gamme d'hôte de *P. infestans* est principalement limitée aux espèces de Solanacées, notamment la tomate et la pomme de terre, la morelle noire (*Solanum nigrum*) et la patate douce (*Ipomea batatas*) ne sont pas hôtes pour le mildiou (Nelson, 2008).

La spécificité de l'hôte de *P. infestans* a des conséquences épidémiologiques évidentes dans les zones où deux, ou plusieurs hôtes potentiels poussent à proximité. Si l'inoculum peut passer facilement d'un hôte à l'autre, cela signifie que plus d'un hôte est cultivé ; les activités de gestion de la maladie doivent prendre en considération les deux

hôtes (Erselius et al., 1997). Oyarzun et al., (1998), ont montré que tous les génotypes agressifs sur la tomate étaient toujours agressifs sur la pomme de terre, donc l'agressivité sur la tomate, n'a pas été associée à une perte mesurable de l'agressivité sur la pomme de terre. Toutefois, ce modèle d'évolution vers l'agressivité sur la tomate n'est pas universellement accepté.

1-2-14- Pouvoir pathogène « virulence » et « agressivité »

A -La Virulence

La virulence d'une souche peut être définie par la capacité du pathogène à attaquer un hôte donné. Le profil de virulence (ou pathotype) correspond au spectre de virulence d'une gamme d'hôtes différentielles. Chez le genre *Solanum sp.*, il existe de nombreux gènes de résistance au mildiou, ces gènes, issus de pomme de terre sauvage (*S. demissum* par exemple), peuvent être intégrés au sein de certaines variétés de pomme de terre cultivées et conférer à celles-ci une tolérance aux attaques de mildiou. Néanmoins, certains gènes de résistance sont contournés ; des souches de mildiou peuvent ainsi se développer sur ces génotypes (César et al., 2011).

b.-L'agressivité

La capacité à sporuler abondamment, à produire des nécroses plus grandes, à fructifier rapidement après une période d'infection sont les éléments qui déterminent le potentiel d'agressivité d'une souche de mildiou. Ce caractère est déterminé par l'inoculation d'une suspension de sporanges de concentration connue d'une souche déterminée sur une feuille détachée de pomme de terre de variété sensible (Bintje).

Le délai entre l'inoculation et l'apparition de la nécrose et entre l'inoculation et la sporulation, la quantité de sporanges produites et la taille de la nécrose permettent de donner une note d'agressivité (César et al., 2011). Les deux premiers paramètres sont définis respectivement par la période d'incubation et la période de latence.

1-3- Méthodes de lutte contre le mildiou de la pomme de terre

Phytophthora infestans s'est adapté à toutes les mesures phytosanitaires prises depuis 150 ans et demeure toujours aussi répandu et nuisible à l'échelle mondiale (Platt, 2008). Bien qu'il soit difficile de prouver directement, la preuve que de nouvelles souches sont plus agressives, plusieurs indications, expériences de terrain, et des épidémies ont démontré que l'agressivité de *P. infestans* a augmenté durant les 20 dernières années (Cooke et al., 2011).

Quand le mildiou est apparu en Europe pour la première fois, pas encore que la maladie était causée par un microorganisme. Des mesures de contrôles chimiques n'étaient pas disponibles, jusqu'à la fin des années 1880, lorsque Millardet a découvert que les sels de cuivre mélangés à la chaux étaient efficaces pour contrôler le mildiou de la vigne.

Ce mélange a également montré son efficacité contre le mildiou de la pomme de terre, mais il n'a jamais été utilisé pour contrôler cette maladie, jusqu'après la première guerre mondiale (Widmark, 2010). Pour contrôler cette maladie des mesures prophylactiques,

chimiques et des recherches dans l'amélioration génétique, doivent être prises en considération pour éliminer ou limiter les dégâts.

1-3-1- Mesures prophylactiques

Ces mesures sont essentielles et si elles ne sont pas mises en œuvre, le raisonnement de la protection des parcelles avoisinantes devient très difficile. Elles visent à réduire les sources d'infection primaire qui sont les tas de déchets et les repousses de pomme de terre dans les champs (Deumier et *al.*, 2004). En outre, les oospores dans le sol ou les débris de plantes jouent un rôle important dans le déclenchement de la maladie dans les populations sexuées (Kamoun et Smart, 2005).

1-3-2- Lutte chimique

Un programme intégré de gestion du mildiou et des maladies, doit inclure la protection des plantes avec des fongicides certifiés. La plupart des fongicides utilisés pour contrôler le mildiou sont considérés comme «protecteurs» et ne tuent pas. Pour cette raison, les fongicides protecteurs doivent être appliqués avant que la maladie ne soit présente (Bohl et *al.*, 2003). Le produit le plus utilisé est la Bouillie Bordelaise dont la matière active est le Sulfate de cuivre. Le nombre de traitements varie beaucoup, en fonction du risque de mildiou (Stannard et Haccart, 2001).

Par contre, l'utilisation massive de fongicides systémiques a conduit à sélectionner des isolats résistants à ces matières actives, qui appartiennent principalement au groupe des phénylamides (métalaxyl et son énantiomère méfénoxam, bénomyl, oxadixyl) (Gisi et Cohen, 1996 in Montarry, 2007). Il y a aussi des progrès dans la prévision des maladies basés sur la surveillance météorologique. Nous attendons que l'inclusion de la météo prévision avec des systèmes de prévision appropriés permettront d'améliorer l'efficacité des fongicides (Fry, 2008).

1-3-3- Amélioration génétique et choix variétal

La sensibilité ou la résistance au mildiou joue un rôle important dans ce choix. En effet, la résistance variétale facilite la maîtrise du mildiou et présente des avantages économiques et environnementaux de part la réduction des intrants (Stannard et Haccart, 2001). D'énormes efforts ont été effectués par les sélectionneurs pour créer de nouvelles variétés à résistance améliorée soit en incluant de nouveaux gènes R, par pyramidage des gènes R, ou par création d'une résistance non spécifique (Struik, 2010).

Actuellement, il n'y a aucune variété de pomme de terre qui soit totalement résistante au mildiou. Quelques cultivars comme Kennebec, Elba, Onaway, Rosa et Sebago affichent un certain degré de résistance et font l'objet d'études approfondies dans les programmes de sélection (Williams et Pat, 1994a). Il existe aujourd'hui une autre variété de pomme de terre très résistante, la Sarpo Mira une variété originaire de Hongrie. Cette variété a une longue histoire derrière elle, comme la Bionica et la Toluca. Il est rapporté qu'elle a nécessité 40 années pour obtenir le niveau de résistance actuel (VIB, 2008).

La biotechnologie est également mise à profit dans la recherche sur la résistance au mildiou. On s'attend à voir apparaître bientôt des cultivars commerciaux totalement

résistants et génétiquement modifiés (Williams et Pat, 1994b), en sachant que pour le moment les OGM ne seront pas acceptés en production biologique (Shapiro et al., 1998).

1-3-4- Lutte biologique

Dans une étude menée en Allemagne, Blaeser et Steiner (1999), ont étudié l'efficacité de 35 extraits de plantes différentes vis à vis du mildiou de la tomate cultivée sous tunnel. Ces auteurs ont rapporté que 32% des extraits ont une efficacité comprise entre 50 et 80% , alors que 5 % de ces extraits sont capables de réduire l'infection à des taux supérieurs à 80%. Les meilleurs résultats sont obtenus avec les extraits de *Potentilla erecta* (90%) et *Salvia officinalis* (83%).

1-4- Résistance variétale

1-4-1- Définition de la résistance

Tout phénomène qui, chez un végétal, interdit ou limite le développement d'un parasite est appelé résistance. Lorsqu'un agent pathogène réussit à déjouer la première ligne de défense passive (ex : cuticule, épines , composés phénoliques constitutifs, etc.) et à partir du moment où il est détecté par la plante , se met en place un tout nouveau système de résistance ayant pour seul et unique objectif le confinement de l'agresseur dans les cellules attaquées que la plante est prête , dans certains cas , à sacrifier pour assurer sa survie.

Cette dure bataille est responsable de l'activation de plusieurs voies métaboliques pour : 1) renforcer les barrières externes comme la paroi afin de retarder, voire empêcher la pénétration de l'agent pathogène ; et 2) favoriser la création d'un environnement toxique au cas où le pathogène parviendrait à franchir les barrières structurales nouvellement formées (Benhamou, 2009).

1-4-2- Modalités de résistance

Les résistances aux pathogènes sont traditionnellement classées en : résistance spécifique, résistance non spécifique, et résistance non hôte (Collon et Budding, 1988 ; Agrios, 1997). La résistance à *P. infestans* peut se produire au niveau de la sous-espèce ou la variété (résistance spécifique à la race) ou au niveau des espèces ou genres (résistance non-hôte). En outre, la résistance peut être quantitative (résistance partielle) avec une réduction partielle de la sévérité de la maladie. Pour atteindre une résistance durable, une meilleure compréhension des bases moléculaires des différents types de résistance aux maladies est essentielle (Van West et Vleeshouwers, 2001).

1-4-3- Résistance spécifique

La résistance race spécifique, aussi appelée résistance qualitative ou verticale, est basée sur la présence d'une résistance gènes R majeures qui sont simplement hérités en conformité avec la loi de Mendel. La résistance spécifique n'est efficace que contre certaines souches du pathogène, et elle est facilement contournée par l'évolution rapide de

l'agent pathogène, ce qui entraîne un manque de sa durabilité dans le champ. *Solanum demissum* était la principale source de gènes dominants de résistance introduites dans les cultivars commerciaux (Malcolmson et Black 1966 ; Mastenbroek, 1953 in Golas, 2010).

Au début des années 1920, les gènes R de *S. demissum* ont été incorporés dans de nombreux nouveaux cultivars de pomme de terre, qui ont montré des niveaux élevés de résistance aux races locales de l'agent pathogène *P. infestans* (Niederhauser et al., 1996).

Les sélectionneurs et les améliorateurs ont aussi essayé d'introduire la résistance à partir d'autres espèces de *Solanum* tels que *S. demissum*, *S. andigena*, *S. bulbocastanum*, *S. berthaultii* et *S. nigrum microdontum* (Colon et al., 1995).

Par conséquent, la principale raison du succès limité de l'introduction des résistances de d'autres espèces de *Solanum*, est que de nombreux gènes de résistance prometteurs n'ont pas fonctionné dans les cultivars commerciaux. Les gènes de résistance R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10 et R11 introduits à partir de *S. demissum* étaient souvent déjà cassés avant qu'ils ne soient introduits dans les cultivars commerciaux (Turkensteen, 1973 in Van Der Lee, 2003).

Selon Van Der Vossen et al., (2003) ; Song et al., (2003), certains gènes majeurs sont cependant efficaces vis-à-vis de nombreuses souches testées de *P. infestans* et seraient des candidats prometteurs pour une résistance durable.

Nous citons le cas de Rpi-blb1 et Rpi-blb2 qui sont des gènes issus de *S. bulbocastanum*, ces deux gènes ont été décrits comme des gènes de résistance au *P. infestans* qui confèrent un large spectre de résistance contre le mildiou. Contrairement à R1 et R3a, par exemple, qui ne sont efficaces que contre des races particulières de *P. infestans*, les gènes Rpi-blb1 et Rpi-blb2 sont efficaces contre toutes les races identifiées de l'agent pathogène *P. infestans*, et ont un grand potentiel d'assurer à long terme la gestion durable du mildiou (Van Damme et al., 2010).

La durabilité de la résistance est associée à la durée de vie économique du cultivar. Pour la plupart des cas, la durée de vie effective des gènes R ne dépasse pas cinq à sept ans (Turkensteen et Flier, 2003).

1-4-4- Résistance non spécifique

Ce type de résistance est également connu comme polygénique, résistance générale, ou résistance quantitative car il dépend de nombreux gènes, chacun ayant un certain effet additif à la résistance. Les composantes génétiques contrôlant la résistance non spécifique semblent être situées sur la quasi-totalité du chromosome de la pomme de terre (Gebhardt et Valkonen 2001 in Golas, 2010).

Nous considérons les résistances polygéniques comme toutes les formes de résistances contrôlées par plusieurs locus, définies comme QTL (Quantitative trait loci), chez la pomme de terre, la résistance polygénique à *P. infestans* est très souvent associée à la maturité de la plante et les génotypes les plus tardifs étant très souvent les plus résistants au niveau génétique. Ainsi on observe plusieurs colocalisations de QTL de maturité avec des QTL ou gènes majeurs de résistance à *P. infestans* en particulier au niveau du cluster de gènes du chromosome V (Danan, 2009).

D'après Thurton (1971) in Visker (2005), la résistance non spécifique contre le *P. infestans* de la pomme de terre est estimée la plus durable, mais ne peut fournir qu'une protection partielle. Cette résistance est également connue comme une résistance

horizontale, on l'appelle aussi la résistance au champ, les niveaux de résistances sont similaires pour l'ensemble des races de *P. infestans*. Cette résistance, a été trouvée dans la nature par surprise dans des cultivars de *S. tuberosum*, elle, n'a rien perdu de son efficacité depuis son introduction dans des cultivars depuis plus de trente ans. Cependant, cette résistance n'est pas assez forte pour donner une protection suffisante (Collon et Budding, 1988).

La résistance non spécifique à la race du pathogène est déterminée peut être à des propriétés intrinsèques de la plante ou peut être induite par des éliciteurs non-spécifiques produits par toutes les races de l'agent pathogène (Agrios, 1997). A titre d'exemple la lignification, qui est considérée comme une réponse générale à l'attaque dans plusieurs espèces de plantes, semble jouer un rôle dans la résistance au *P. infestans* (Friend, 1973).

1-4-5- Résistance non hôte

En général la résistance non-hôte est souvent considérée comme une solution attrayante pour les contraintes impliquées dans la résistance traditionnelle des gènes R et la résistance polygénique. Il y a de nombreux organismes pathogènes, mais chacun d'eux a un nombre limité de plantes ou d'espèces d'attaques. Une espèce végétale qui n'est pas affectée par certains agents pathogènes est considérée comme un non hôte pour ces agents pathogènes et la résistance exprimée est considérée comme une résistance non hôte (Turkesteen et Flier, 2003).

Dans le cas du *P. infestans* la résistance non hôte se produit à l'égard d'espèces végétales, les plantes adventices sont d'excellents exemples de la résistance non hôte, comme *Arabidopsis*, qui est capable de croître dans les champs infectés. Un autre exemple particulièrement intéressant, un parent de la pomme de terre qui est la morelle noire (*S. nigrum*), qui survit dans les champs de pommes de terre infectés par *P. infestans* (Van West et Vleeshouwers, 2001). Des études cytologiques sur *Arabidopsis* et *S. nigrum* ont indiqué qu'une (RH) réaction d'hypersensibilité extrêmement rapide se produit lors de l'inoculation avec *P. infestans* (Vleeshouwers et al., 2000).

1-4-6- Interaction *Phytophthora infestans* / Pomme de terre

Récemment, il y a eu des avancées significatives dans la compréhension des événements qui se produisent lors de l'infection par le *P. infestans*. Des molécules spécifiques (protéines effectrices) produites par *P. infestans* (Fry, 2008) et les effecteurs reconnus spécifiquement par la plante lors d'une interaction gène- pour -gène, sont appelées protéines d'Avirulences. Ce sont des facteurs d'adaptation du pathogène qui modifient les mécanismes de défense de la plante les PAMPs (Pathogen Associated-Molecular Pattern) ont un rôle majeur dans la pathogénicité et du déclenchement du système de défense non spécifique de la plante (Tor, 2008).

Des effecteurs de *P. infestans* ont été démontrés et ont été injectés dans les cellules de pomme de terre. Si les gènes R spécifiques de l'hôte reconnaissent les effecteurs, la cellule hôte répond contre l'agent pathogène. Toutefois, les protéines effectrices sont très variables dans *P. infestans*, et de légers changements peuvent ne pas être reconnus par la cellule hôte et la résistance est donc « contournée ». Du côté de l'hôte, plusieurs gènes R spécifiques ont été clonés et séquencés. Il est à espérer que les nouveaux gènes R découverts à partir d'espèces sauvages apparentées, pourraient avoir un effet plus durable. Le but est de trouver un gène R qui reconnaît un effecteur très stable du pathogène (Fry, 2008).

1-4-7- Contournement des résistances

On parle de contournement lorsque de nouveaux variants ont été sélectionnés par le gène de résistance et se sont développés pour provoquer des dommages importants à l'échelle d'une région, d'un pays ou au-delà et rendent ainsi la résistance du gène inefficace. La majorité des cas de contournement de résistance rapportés concernent les résistances monogéniques. Ces contournements peuvent avoir lieu quelques années seulement après le déploiement des gènes de résistance, dans les cultures 5 à 7 ans par exemple pour les gènes majeurs de résistance à *P. infestans* (Johnson, 1979).

Chez la pomme de terre, *S. tuberosum*, il existe quatre principaux gènes dominants de résistance à l'infection du mildiou, R1 à R4. Un supplément de 7 gènes ont été identifiés, dont 5 sont des allèles du complexes locus de R3 (pour un total de 11 gènes R dominants). Toutefois, en dépit des efforts constants, le *P. infestans* a rapidement développé des souches qui contournent la résistance génétique (Cummins, 2006).

Dans le cas des maladies causées par les champignons biotrophes, les résistances sont d'autant moins durables qu'elles sont des races spécifiques, et s'expriment sous forme d'une (RH) (Réaction d'hypersensibilité). Dans ce cas, la rapidité du contournement est due conjointement à la capacité du pathogène à se diversifier (mutation ou recombinaison) et à la forte pression de sélection spécifique du gène de résistance qui exerce sur le pathogène (Garcia-Arenal et McDonald, 2003).

2- Matériels et Méthodes

2-1- Matériel végétal

Notre étude a porté sur l'évaluation de la résistance de la pomme de terre vis-à-vis de *Phytophthora infestans* agent du mildiou. Pour notre expérimentation nous avons choisi 4 variétés commerciales ayant montré au champ des comportements différents de résistance (tabl. 3). Nous voulons plus précisément confirmer la résistance de la variété Sarpo Mira par différents paramètres à l'égard de 5 isolats différents (tabl.4), en la comparant à trois autres variétés considérées très sensibles à moyennement sensibles (tabl.3).

Tableau 3 : Quelques données sur les variétés utilisées au cours de notre étude.

Cultivars	Utilisation	Pays d'origine	Origine génétique	Année D'optention	Maturité	Résistance au mildiou
Bintje	Consommation	Pays-Bas	'Munstersen' x 'Fransen'	1904	Demi-précoce	Sensible
Spunta	Consommation	Pays- Bas	Béa' x 'USDA 96-56'	1967	Mi- précoce	Sensible
Désirée	Consommation	Pays- Bas	'Urgenta' x 'Depesche'	1962	Mi- précoce	Moyennement sensible
Sarpo Mira	Consommation	Hongrie	Comporte un mélange de différents gènes.	2002	Demi-tardive à tardive	Résistante

2-1-1- Obtention des folioles

2-1-1-1- Préparation des tubercules

Des tubercules de taille moyenne prégermés, sont récupérés de la chambre froide puis sélectionnés, ensuite mis à une température ambiante pendant une journée.

2-1-1-2- Préparation des pots

Des pots de 14 cm de diamètre sont préalablement nettoyés, et remplis de sol humidifié. Dans chaque pot une quantité égale à 1,08 g de granules d'un fertilisant Agriphos (15, 15,15) est ajoutée. Les pots sont préparés un jour avant la plantation.

2-1-1-3- Plantation des tubercules

Dans chaque pot, deux tubercules sont plantés et mis ensuite en serre à une température ambiante de 15 à 20°C avec une photopériode de 16h ; un arrosage régulier est effectué selon les besoins et le stade phénologique de la plante .Après environ deux mois, les folioles sont prêtes, pour le test de feuilles détachées (fig.5).



Figure 5 : Plants de pomme terre des différentes variétés plantés dans des pots.

2-2- Matériel fongique

2-2-1- Isolats utilisés

Les isolats de *P. infestans* utilisés au cours de ces tests proviennent du laboratoire de mycologie l'ENSA et du CNCC (El Harrach) (tabl.4). Ils sont repiqués chaque 3 semaines sur un milieu de culture, à base de petits pois congelés et de gélose ; ces isolats sont présentés dans le tableau 3 ci-dessous :

Tableau 4 : Présentation des différents isolats utilisés.

Code de l'isolat	Date d'isolement	Lieu d'isolement	Cultivar	Type sexe	Sensibilité au Métalaxyl	Profil pathologique
V6	2011	ENSA	Binjje arrière saison	A2	N D	N D
Z18	2007	Tiaret	Atlas	A2	R	(11 gènes)
Rp	2011	ENSA	Spunta arrière saison	A1	N D	N D
P Ina	2011	ENSA	Timate	A1	N D	N D
Sar	2011	ENSA	Sarpo Mira	A2	N D	N D

(ND : non déterminé)

2-2-2- Préparation du milieu de culture

125 g de petits pois congelés sont bouillis dans 600 ml d'eau distillée pendant 45 min, l'eau des petits pois bouillis est récupérée à travers une grosse passoire ; le volume est ajusté à 1000 ml d'eau distillée, auquel sont rajoutés 15 g d'agar agar et le tout est mis dans un flacon et autoclavé pendant 30 minutes à 120 °C. Après autoclavage et refroidissement du milieu, celui-ci est coulé dans des boîtes de Pétri et laissé pour se solidifier ; après 48 heures le milieu est prêt pour le repiquage des isolats.

2-3- Inoculation artificielle des feuilles détachées

2-3-1- Préparation des folioles

Des folioles saines âgées de 9 semaines et du même étage sont prélevées, à raison de 40 folioles pour chaque variété ; ces folioles sont lavées soigneusement et désinfectées avec de l'hypochlorite de sodium à 1%, puis rincées à deux reprises avec de l'eau distillée stérile. Les folioles sont disposées sur du papier buvard stérile pour sécher ; les manipulations sont réalisées sous la hotte, dans des conditions stériles.

2-3-2- Préparation des boîtes de Pétri avec folioles

A l'intérieur de chaque boîte de Pétri, un cercle de papier buvard stérilisé est mis à l'intérieur, et humidifié à l'aide d'une seringue avec environ 5ml d'eau distillée stérile ; un autre cercle grillagé est mis sur le papier buvard afin d'éviter le contact direct entre la foliole et le papier buvard humidifié. Deux folioles sont incubées l'une à côté de l'autre dans la boîte de Pétri, la face inférieure des folioles est placée vers le haut (fig.6).



Figure 6 : Disposition des folioles détachées à l'intérieur de la boîte de Pétri.

2-3-3- Préparation de l'inoculum

Pour les cinq isolats de *P. infestans* utilisés (tabl.4) l'inoculum est préparé à partir d'une culture mycélienne âgée de 10 jours. Environ 5 ml d'eau distillée stérile sont versées dans chaque boîte puis la surface de chaque culture mycélienne est grattée à l'aide d'une pipette Pasteur bien recourbée, la suspension de sporocystes est récupérée afin d'inoculer des folioles de la variété sensible Spunta . Après une incubation de 7 jours à 20 °C, les sporocystes formés à la surface des folioles sont récupérés en lavant les folioles avec une solution de 5ml d'eau distillée stérile, puis la suspension de sporocystes est ajustée pour obtenir

une concentration de 5×10^4 sporocystes/ ml,

l'inoculum est ainsi préparé pour inoculer les 4 variétés.

2-3-4- Inoculation et incubation des folioles

Sur chaque foliole placée dans la boîte de Pétri, une goutte de 20 μ l de la suspension de sporocystes est déposée, puis sont refermées, et incubées à 20°C en chambre climatisée. Au total 8 folioles/ 5 isolats par variété sont utilisées. (fig.7).

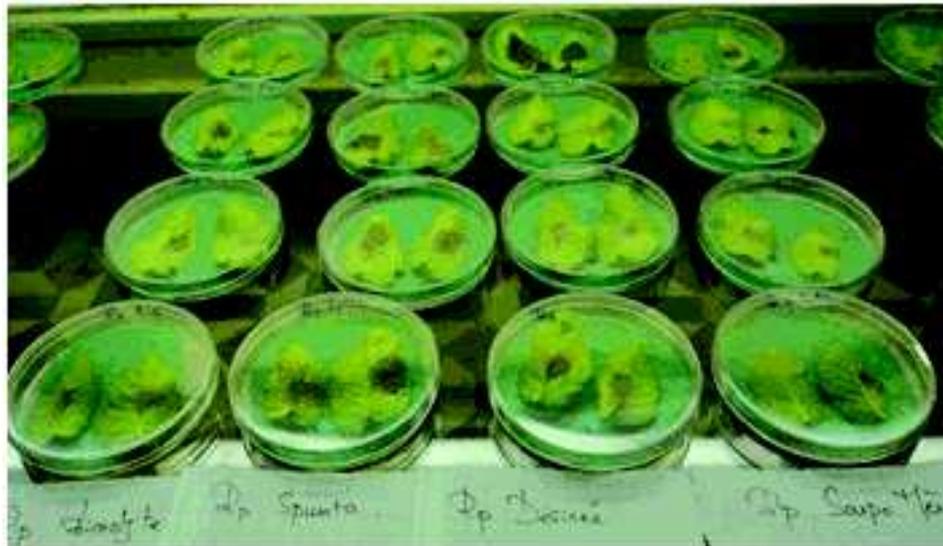


Figure 7 : Disposition des folioles détachées dans une chambre climatisée.

2-3-5- Critères d'évaluation de l'agressivité du pathogène

La lecture se fait à partir de 4 jours d'incubation ou dès l'apparition des premiers symptômes, en considérant quatre composantes de la résistance :

a)-Temps d'incubation : il représente la période qui s'écoule du 1^{er} jour d'incubation à l'apparition des premiers symptômes.

b)-Temps de latence : il représente la période qui s'écoule entre l'inoculation et l'apparition des premières fructifications (sporocystes).

c)-Dimension de la lésion : selon Vleeshouwers et al .,(2000),à partir du 4^{ème}, 5^{ème} et 6^{ème} jour après l'inoculation, la surface de la lésion est mesurée selon la formule :

($A = 1/4 \times \pi \times \text{longueur} \times \text{largeur}$) la surface est calculée et divisée en trois groupes

A=0 : pas de symptômes.

$A \leq 16 \text{ mm}^2$: lésion non active.

$A \geq 16 \text{ mm}^2$: lésion en croissance.

d)-Intensité de sporulation : après 7 jours d'incubation, les feuilles inoculées, sont placées dans des boîtes de Pétri et lavées à l'aide de 5ml l'eau distillée stérile. La suspension contenant les sporocystes est évaluée à l'aide d'une cellule de Malassez.

2-4- Inoculation artificielle des tubercules

Le but de ce test est d'évaluer la résistance des tubercules et la comparer à celle des feuilles en utilisant les 4 variétés étudiées : Bintje, Spunta, Désirée et Sarpo Mira et les mêmes isolats.

2-4-1- Désinfection des tubercules

Des tubercules intacts de taille similaire sont pris de la chambre froide. Ils sont d'abord, lavés avec de l'eau du robinet, ensuite trempés dans de l'hypochlorite de sodium à 5% pendant 5 minutes et enfin rincés une autre fois à l'eau du robinet à deux reprises. Les tubercules sont posés soigneusement sur du papier buvard stérilisé pour sécher.

2-4-2- Préparation de l'inoculum

Comme pour l'inoculation des folioles Les isolats (tabl.3) utilisés dans ce test sont cultivés sur milieu PPA (petit pois gélose) à 20° C pendant 2 semaines. Les cultures mycéliennes de chaque isolat, sont inondées avec 5 ml d'eau distillée stérile froide, la suspension de sporocystes est incubée à 4°C pendant 3 h afin de libérer des zoospores, l'inoculum est ajusté à

une concentration de 5×10^4 zoospores /ml.

2-4-3- Inoculation des tubercules

Un puit de 5 mm de profondeur est effectué au centre de la surface de chaque tubercule à l'aide d'un emporte pièce au fond duquel une gouttelette de 10 µl d'inoculum est versée dans le trou. Les tubercules sont placés dans des bacs bien fermés, tapissés préalablement avec du papier buvard bien humidifié, et ensuite incubés à une humidité relative à 100% dans l'obscurité à 16° C , la maladie est évaluée après 5 à 14 jours d'inoculation (fig.8).

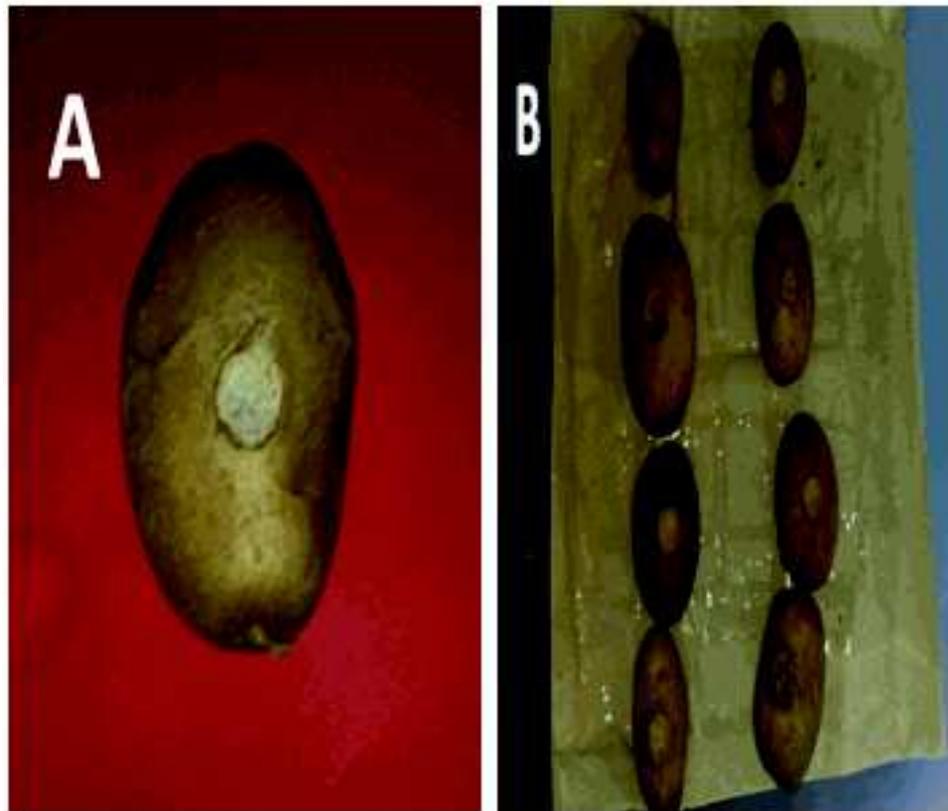


Figure 8 : Tests sur tubercules, A : L'orifice effectué au centre du tubercule à l'intérieur duquel l'inoculation est effectuée. B : Disposition des tubercules des différentes variétés à l'intérieur du bac (2 tubercules pour chaque variété avec 3 répétitions pour chaque isolat).

2-4-4- Lecture (notation de la maladie)

Les résultats sont évalués à l'aide de l'échelle de Björ (1987), présentée dans le tableau :

Tableau 5 : Echelle d'évaluation de l'agressivité du pathogène sur tubercule.

Note	0	1	2	3	4	5
% de surface infectée	< 0	<5	5-10	10-25	25-50	>50

2-4-5- Calcul de l'AUDPC (Relative Area Under the Disease Progress Curve)

La progression de la maladie sur tubercule a été estimée pour une période de 5 à 14 jours après inoculation des tubercules, calculée sur la base du pourcentage de la surface nécrosée sur tubercule. Cette variable qui est notée RAUDPC (Relative Area Under the Disease Progress Curve), a été utilisée à l'origine pour prédire la perte de rendement due au mildiou (James *et al.*, 1972). Elle est calculée par la formule standardisée :

$$\text{AUDPC} = \sum_{i=1}^n [(Y_i + Y_{i+1})/2](X_{i+1} - X_i)$$

Y_i : pourcentage de surface nécrosée du jour avant.

Y_{i+1} : pourcentage de surface nécrosée du jour après.

$(X_{i+1}-X_i)$: temps séparant deux observations consécutives.

n : nombre d'observations.

2-5- Outil statistique

Le traitement des résultats obtenues est effectué à l'aide d'un logiciel Statistica version 10, qui permet d'effectuer l'analyse de variance des différents paramètres à étudier et d'établir le classement des variétés et des isolats selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5%.

3- Résultats et discussions

3-1- Evaluation *in vitro* du comportement des variétés de pomme de terre à l'égard des isolats de *P. infestans* sur feuilles détachées.

Plusieurs critères d'évaluation *in vitro* du comportement des variétés à l'égard des isolats testés ont été étudiés.

3-1-1- Comportement selon le temps d'incubation

L'apparition des premiers symptômes était visible au 4^{ème} jour après inoculation pour la plupart des variétés, telle Spunta qui a été attaquée par la majorité des isolats au 4^{ème} jour après inoculation. Cependant quelques exceptions sont notées comme la variété Bintje qui a enregistré un retard dans l'apparition des premiers symptômes avec l'isolat Z18, alors que la variété Désirée n'a enregistré qu'un léger retard de 5 jours avec les deux isolats P ina et Sar.

Par contre la variété Sarpo Mira a enregistré un temps d'incubation beaucoup plus long à l'égard de tous les isolats testés, ce temps varie entre 5 et 7 jours après inoculation comme le montre l'histogramme (fig.9) (Annexe1).

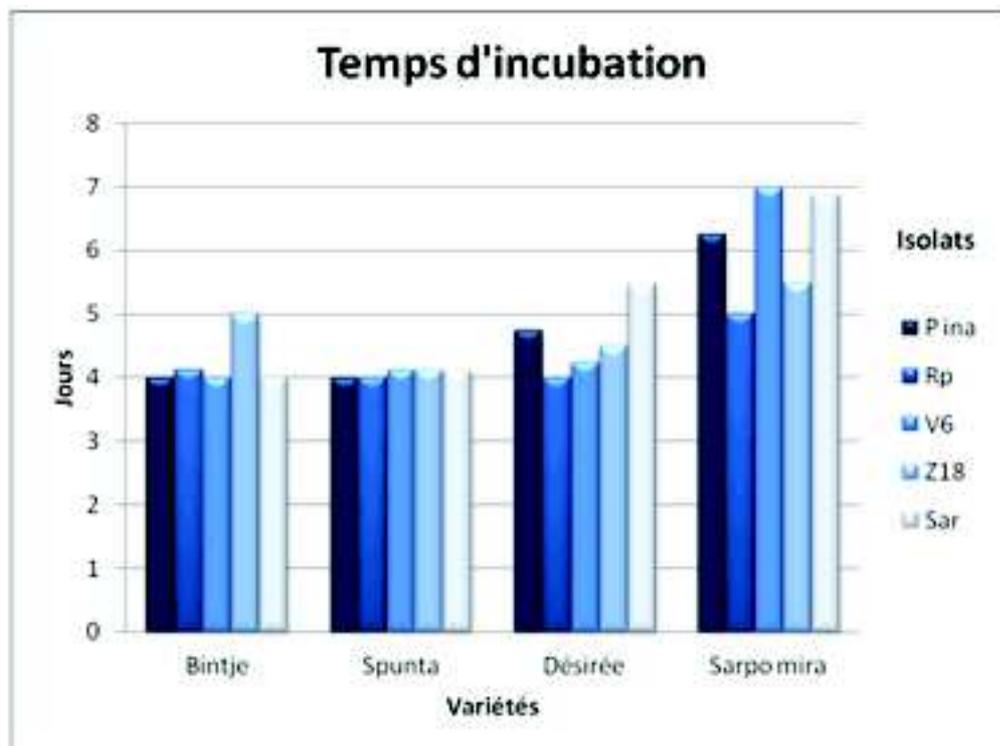


Figure 9 : Durée de l'incubation selon les variétés et les isolats.

3-1-1-1- Interprétation statistique

L'analyse de variance pour le temps d'incubation a révélé des résultats très hautement significatifs ($P \leq 0,001$) entre les variétés et les isolats, ainsi que leur interaction variétés/isolats (tabl.6).

Effet	Tests de Significativité Univariés, Taille des Effets et Puissance pour Tps d'icuba (F Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse)						
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité
ord origine	3657,656	1	3657,656	4344,194	0,000000	0,968779	4344,194
Variétés	100,619	3	33,540	39,835	0,000000	0,460511	119,505
Souches	15,188	4	3,797	4,510	0,001859	0,114138	18,038
Variétés*Souches	27,663	12	2,305	2,738	0,002314	0,190071	32,855
Erreur	117,875	140	0,842				

Tableau 6 : Analyse de variance pour le temps d'incubation.

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% (tabl.7) concernant le classement des variétés a fait ressortir deux groupes homogènes à savoir:

Le premier groupe inclue les variétés (Spunta, Bintje et Désirée) qui ont enregistré un temps d'incubation plus court.

Le deuxième groupe est représenté uniquement par la variété Sarpo Mira, ayant enregistré un temps d'incubation plus long.

Cellule N°	Test de Newman-Keuls ; variable Tps d'icuba (Feuil1 dans rectification) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,84196, dl = 140,00			
	Variétés	Tps d'icuba Moyenne	1	2
2	Spunta	4,175000	****	
1	Bintje	4,225000	****	
3	Désirée	4,600000	****	
4	Sarpo mira	6,125000		****

Tableau 7 : Classement des variétés selon le temps d'incubation.

Le test de Newman et Keuls (tabl.8) selon le classement des isolats permet de distinguer deux groupes homogènes à savoir:

Le premier groupe comporte les isolats ayant provoqué l'infection plus rapidement ; parmi ces isolats nous avons l'isolat Rp qui se trouve uniquement dans ce groupe et les isolats, P ina, Z18 et V6 chevauchant avec le deuxième groupe.

Le deuxième groupe comprend les isolats ayant un temps d'incubation plus long. En plus des isolats déjà cités dans le premier groupe (P ina ,Z18 ,V6), ce groupe renferme aussi l'isolat Sar.

Test de Newman-Keuls ; variable Tps d'icuba (Feuil1 dans rectification)				
Groupes Homogènes, alpha = ,05000				
Erreur : MC Inter = ,84196, dl = 140,00				
Cellule N°	Souches	Tps d'icuba Moyenne	1	2
2	Rp	4,281250	****	
1	P Ina	4,750000	****	****
4	Z18	4,781250	****	****
3	V6	4,843750	****	****
5	Sar	5,250000		****

Tableau 8 : Classement des isolats selon le temps d'incubation.

Le test montre cinq groupes homogènes qui se chevauchent (tabl .9) :

D'après le tableau des interactions variétés/isolats, nous remarquons que les trois variétés : Bintje, Désirée et Spunta sont rangées en haut du tableau. Ce sont effectivement les variétés ayant enregistré le temps d'incubation le plus court entre 4 jours à 5,5 jours à l'égard de tous les isolats testés. Dans ce cas le pathogène a une capacité de développer des symptômes plus rapidement sur ces variétés à cause de leur faible niveau de résistance, En revanche la variété Sarpo Mira se trouve en bas du tableau des interactions, montrant un temps d'incubation plus long qui varie entre 5,5 jours à 7 jours avec la plupart des isolats. A l'exception avec l'isolat Rp avec qui elle a enregistré un temps d'incubation assez court égale à 5 jours.

Test de Newman-Keuls ; variable Tps d'icuba (Feuil1 dans rectification tps lat et icu) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 (Recherche Non-Exhaustive) Erreur : MC Inter = ,84196, dl = 140,00								
Cellule N°	Variétés	Souches	Tps d'icuba Moyenne	1	2	3	4	5
1	Bintje	P Ina	4,000000	****	****	****		
12	Désirée	Rp	4,000000	****	****	****		
3	Bintje	V6	4,000000	****	****	****		
7	Spunta	Rp	4,000000	****	****	****		
5	Bintje	Sar	4,000000	****		****		
6	Spunta	P Ina	4,000000	****				
8	Spunta	V6	4,125000	****	****	****		
9	Spunta	Z18	4,125000	****	****	****		
2	Bintje	Rp	4,125000	****	****	****		
13	Désirée	V6	4,250000	****	****	****		
14	Désirée	Z18	4,500000	****	****	****		
10	Spunta	Sar	4,625000	****	****	****		
11	Désirée	P Ina	4,750000	****	****	****		
17	Sarpo mira	Rp	5,000000	****	****	****	****	
4	Bintje	Z18	5,000000	****	****	****		
19	Sarpo mira	Z18	5,500000		****		****	
15	Désirée	Sar	5,500000		****	****	****	
16	Sarpo mira	P Ina	6,250000				****	****
20	Sarpo mira	Sar	6,875000					****
18	Sarpo mira	V6	7,000000					****

Tableau 9 : Classement des interactions variétés/ isolats selon le temps d'incubation.

3-1-2- Comportement selon le temps de latence

Le temps de latence pour l'apparition des premières fructifications, a eu lieu au 5^{ème} jour après inoculation pour la plupart des interactions. Cependant il y a eu quelques exceptions, comme pour l'isolat P ina , qui a enregistré un légerretard dans le temps de latence avec les deux variétés Bintje et Spunta, alors qu'il n'a montré aucune fructification avec la variété Sarpo Mira .En revanche cette dernière a enregistré un retard dans l'apparition des premiers sporanges avec les deux isolats Z18 et Sar , et n'a montré aucune fructification avec les deux isolats P ina et V6 (fig.10) (Annexe 2).

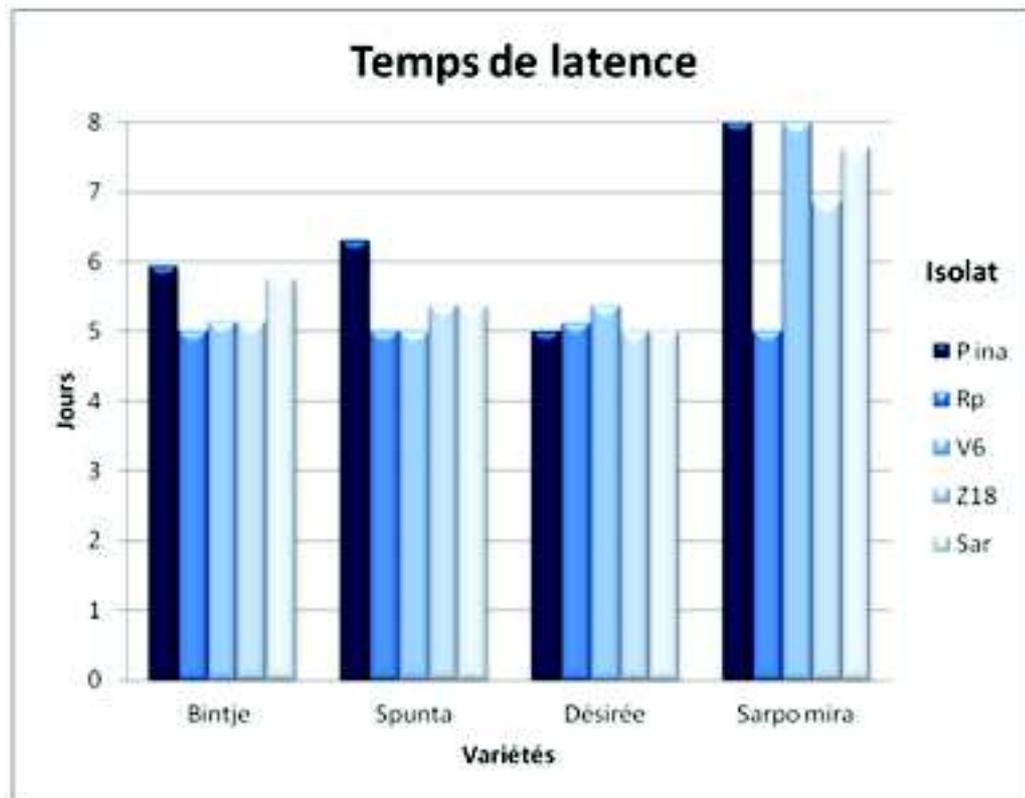


Figure 10 : Durée du temps de latence selon les variétés et les isolats.

3-1-2-1- Interprétation statistique

L'analyse de variance pour le temps de latence a révélé des résultats très hautement significatifs ($P \leq 0,0001$) entre variétés, isolats et leur l'interaction variétés/isolats (tabl.10).

Effet	Tests de Significativité Univariés, Taille des Effets et Puissance pour tps de laten (F Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse						
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité
ord. origine	5096,306	1	5096,306	10913,70	0,000000	0,987335	10913,70
Variétés	113,569	3	37,856	81,07	0,000000	0,634662	243,21
Souches	17,163	4	4,291	9,19	0,000001	0,207936	36,75
Variétés*Souches	38,588	12	3,216	6,89	0,000006	0,371167	82,63
Erreur	65,375	140	0,467				

Tableau 10 : Analyse de variance pour le temps de latence.

Le test de Newman et Keuls (tabl.11) fait ressortir deux groupes homogènes :

Un premier groupe comprenant les variétés Désirée, Spunta et Bintje ; celles-ci ont enregistré un temps de latence très court.

Le deuxième groupe renferme uniquement la variété Sarpo Mira ; celle-ci a enregistré un temps de latence assez long.

Test de Newman-Keuls ; variable tps de laten (Feuil1 dans rectification tps lat et icu) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,46696, dl = 140,00				
Cellule N°	Variétés	tps de laten Moyenne	1	2
3	Désirée	5,075000	****	
2	Spunta	5,175000	****	
1	Bintje	5,225000	****	
4	Sarpo mira	7,100000		****

Tableau 11 : Classement des variétés selon le temps de latence.

Le test de Newman et Keuls (tabl.12) fait ressortir également deux groupes homogènes d'isolats:

Le premier groupe comprenant les isolats Z18, P ina,V6 et Sar , ayant enregistré un temps de latence assez long.

Le deuxième groupe renferme uniquement l'isolat Rp, avec le temps de latence le plus court.

Test de Newman-Keuls ; variable tps de laten (Feuil1 dans rectification) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,46696, dl = 140,00				
Cellule N°	Souches	tps de laten Moyenne	1	2
2	Rp	5,031250		****
4	Z18	5,593750	****	
1	P Ina	5,781250	****	
3	V6	5,875000	****	
5	Sar	5,937500	****	

Tableau 12 : Classement des isolats selon le temps de latence.

Le test de Newman et Keuls (tabl.13) fait ressortir trois groupes homogènes:

Un premier groupe comprenant les trois variétés Désirée, Bintje et Spunta , elles ont enregistré le temps de latence le plus court qui varie entre 5 à 5,75 jours à l'égard de tout les isolats testés. Ces variétés ont montré un faible niveau de résistance.

La variété Sarpo Mira est classée en bas du tableau des interactions, celle-ci ayant enregistré un temps de latence plus long à l'égard de tous les isolats testés. Ce cultivar a montré un niveau élevé de résistance, avec une exception pour l'interaction: Sarpo Mira / Rp.

La variété Sarpo Mira a enregistré un temps de latence légèrement plus court et égale à 5 jours avec l'isolat Rp , ce qui montre que cette variété est sensible à l'égard de cet isolat qui s'est montré agressif sur ce cultivar .

Test de Newman-Keuls ; variable tps de laten (Feuil1 dans rectification) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 (Recherche Non-Exhaustive) Erreur : MC Inter = ,46696, dl = 140,00						
Cellule N°	Variétés	Souches	tps de laten Moyenne	1	2	3
11	Désirée	P Ina	5,000000	****		
2	Bintje	Rp	5,000000	****		
14	Désirée	Z18	5,000000	****		
15	Désirée	Sar	5,000000	****		
17	Sarpo mira	Rp	5,000000	****		
6	Spunta	P Ina	5,000000	****		
12	Désirée	Rp	5,000000	****		
8	Spunta	V6	5,000000	****		
3	Bintje	V6	5,125000	****		
1	Bintje	P Ina	5,125000	****		
7	Spunta	Rp	5,125000	****		
4	Bintje	Z18	5,125000	****		
10	Spunta	Sar	5,375000	****		
9	Spunta	Z18	5,375000	****		
13	Désirée	V6	5,375000	****		
5	Bintje	Sar	5,750000	****		
19	Sarpo mira	Z18	6,875000		****	
20	Sarpo mira	Sar	7,625000			****
18	Sarpo mira	V6	8,000000			****
16	Sarpo mira	P Ina	8,000000			****

Tableau 13 : Classement des interactions variétés/ isolats selon le temps de latence.

3-1-3- Comportement selon la surface des lésions

L'évolution de la taille des nécroses sur les folioles est effectuée dès l'apparition des premiers symptômes au 4^{ème}, 5^{ème} et 6^{ème} jour après inoculation. Les observations et le calcul des moyennes de la surface des lésions ont montré, que les plus grandes nécroses ont été enregistrées chez la variété Désirée pour tous les isolats testés ; cette variété est caractérisée par un niveau très faible de résistance.

Par contre la variété Bintje ne s'est montrée très sensible qu'à l'égard des deux isolats P Ina et V6, alors qu'elle a montré un niveau de résistance intermédiaire à l'égard des autres isolats. La variété Spunta a montré également un niveau intermédiaire de résistance, alors qu'elle a développé des nécroses de taille importante avec les isolats Rp et V6.

Enfin, la variété Sarpo Mira a développé des nécroses de taille très inférieure par rapport aux autres variétés testées. Dans certains cas, cette variété n'a montré aucun symptôme d'attaque notamment avec l'isolat V6 alors que ce dernier était parmi les isolats qui ont enregistré les plus grandes nécroses au sein des autres cultivars. Contrairement à l'isolat Sar ce dernier a donné des lésions de taille très inférieure à l'égard de tous les cultivars testés (fig.11) (Annexe3).

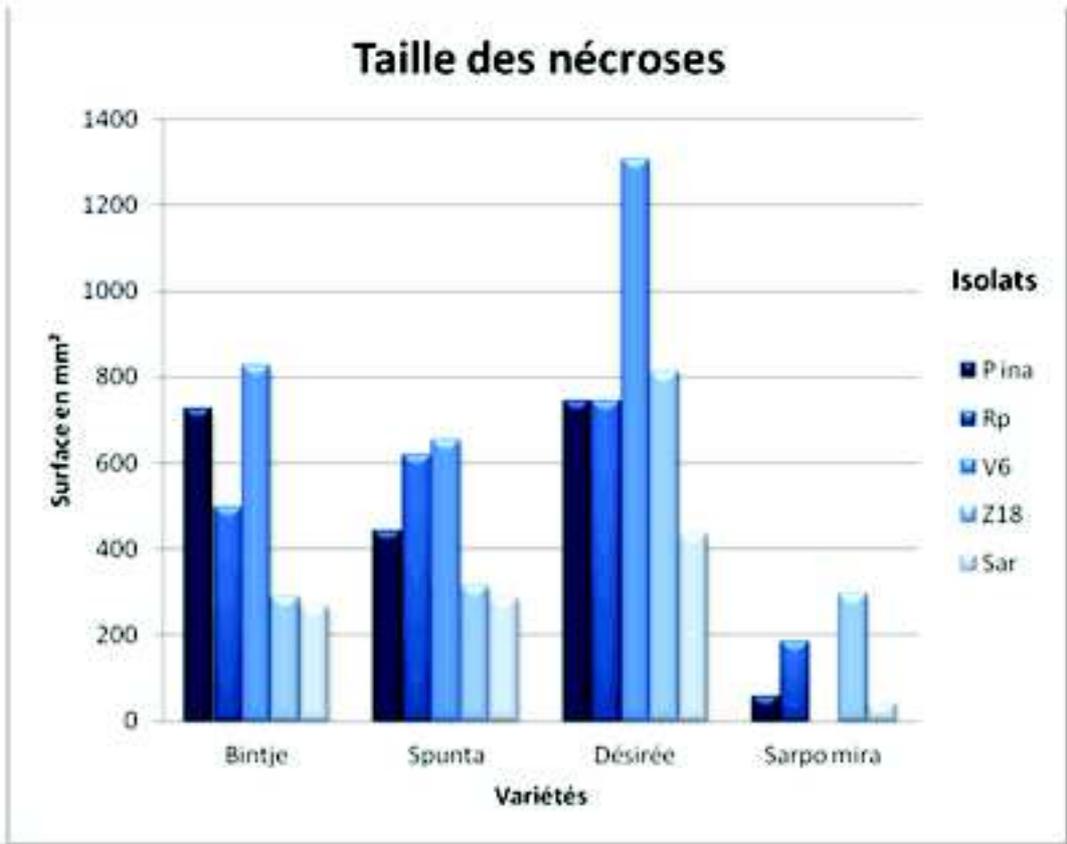


Figure 11 : Evolution des nécroses selon les variétés et les isolats.

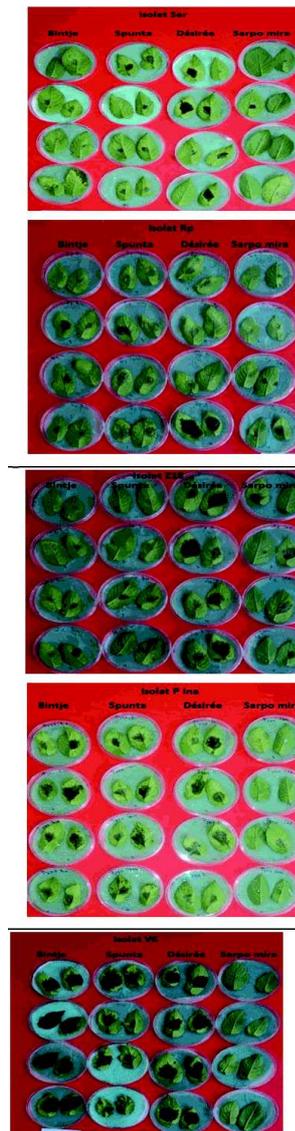


Figure 12 : Différents symptômes sur feuilles détachées sur variétés testées.

3-1-3-1- Interprétation statistique

L'analyse de variance pour la taille des lésions montre des résultats très hautement significatifs ($P \leq 0,001$) entre les variétés, les isolats et leur interaction variétés /isolats (tabl.14).

Effet	Tests de Significativité Univariés, Taille des Effets et Puissance pour 6 ^{ème} jour (F) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse						
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p	Éta-deux partiel	Non-centralité
ord. origine	37370428	1	37370428	859,9307	0,000000	0,859990	859,9307
Vanétés	9313781	3	3104594	71,4398	0,000000	0,604876	214,3194
Souches	3122723	4	780681	17,9642	0,000000	0,339177	71,8570
Vanétés*Souches	3290914	12	274243	6,3106	0,000000	0,351032	75,7272
Erreur	6084048	140	43457				

Tableau 14 : Analyse de variance pour la surface des nécroses.

Le test de Newman et Keuls (tabl.15) fait ressortir quatre groupes homogènes:

Le premier groupe comprend la variété Sarpo Mira, ayant enregistré des lésions de taille faible par rapport aux autres variétés, ce qui confirme la résistance de cette variété au niveau du feuillage.

Le deuxième groupe renferme la variété Spunta qualifiée de variété moyennement résistante au niveau du feuillage à l'égard des isolats testés.

Le troisième groupe est représenté par la variété Bintje ayant donné des lésions de taille assez importante, ce qui signifie que cette variété est sensible au niveau du feuillage.

Le quatrième groupe comporte la variété Désirée ayant montré un très faible niveau de résistance, puisqu'elle a enregistré les plus grandes nécroses par rapport aux autres variétés au niveau des folioles.

Toutes les lésions obtenues au niveau des folioles de toutes les variétés sont > 16 mm² considérées comme des lésions en croissance.

Cellule N°	Test de Newman-Keuls ; variable 6 ^{ème} jour (Feuil1 dans rectification) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = 43457,, dl = 140,00					
	Variétés	6 ^{ème} jour Moyenne	1	2	3	4
4	Sarpo mira	117,1242	****			
2	Spunta	465,2303		****		
1	Bintje	564,4150			****	
3	Désirée	786,3737				****

Tableau 15 : Classement des variétés selon la surface des nécroses.

Le test de Newman et Keuls (tabl.16) concernant le classement des isolats, fait ressortir trois groupes homogènes :

Le premier groupe comprend les isolats : Rp, P ina et Z18, caractérisés par un degré d'agressivité moyen, avec des nécroses de taille intermédiaire.

Le deuxième groupe renferme l'isolat Sar, avec des lésions de petite taille caractérisé par un faible degré d'agressivité.

Enfin le troisième groupe comporte l'isolat V6, ayant développé de très grandes nécroses au niveau du feuillage et n'a montré aucun symptôme sur la variété Sarpo Mira.

Test de Newman-Keuls ; variable 6 ème jour (Feuil1 dans rectification) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = 43457,, dl = 140,00					
Cellule N°	Souches	6 ème jour Moyenne	1	2	3
5	Sar	258,9028		****	
4	Z18	462,7084	****		
1	P Ina	494,0348	****		
2	Rp	502,2311	****		
3	V6	698,5519			****

Tableau 16 : Classement des isolats selon la surface des nécroses.

Le test de Newman et Keuls a permis de distinguer huit groupes homogènes qui se chevauchent (tabl.17) :

La variété Sarpo Mira est classée en haut du tableau des interactions variétés / isolats montrant des surfaces de nécroses plus faibles avec la plupart des isolats, sauf avec l'isolat Z18 ou la taille des nécroses a varié entre 0 et 183,89 mm². Cette variété s'est donc montrée résistante.

Les deux variétés Spunta et Bintje ont montré avec une majorité d'isolats des lésions de taille intermédiaires ; ces valeurs sont rangées au milieu du tableau entre 269,84mm² et 727,40mm² des interactions .Cependant ces variétés ont été sévèrement attaquées par l'isolat V6 et Pina.

Enfin la variété Désirée a montré des lésions de taille très importantes par rapport, elle se trouve en bas du tableau sévèrement attaquée par les trois isolats (V6, P ina et Z18), mais elle reste peu attaquée par l'isolat Sar.

Test de Newman-Keuls ; variable 6 ^{ème} jour (Feuil1 dans rectification) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 (Recherche Non-Exhaustive) Erreur : MC Inter = 43457., dl = 140,00											
Cellule N°	Variétés	Souches	6 ^{ème} jour Moyenne	1	2	3	4	5	6	7	8
18	Sarpo mira	V6	0,000	****							
20	Sarpo mira	Sar	42,684	****	****						
16	Sarpo mira	P Ina	59,758	****	****						
17	Sarpo mira	Rp	183,898	****	****	****					
5	Bintje	Sar	269,844	****	****	****	****				
10	Spunta	Sar	288,389	****	****	****	****				
19	Sarpo mira	Z18	299,281	****	****	****	****				
9	Spunta	Z18	316,944		****	****	****				
4	Bintje	Z18	420,171			****	****	****			
15	Désirée	Sar	434,694			****	****	****	****		
6	Spunta	P Ina	443,721			****	****	****	****		
2	Bintje	Rp	574,522				****	****	****	****	
7	Spunta	Rp	620,543					****	****	****	
12	Désirée	Rp	629,962					****	****	****	
8	Spunta	V6	656,554					****	****	****	
1	Bintje	P Ina	727,401					****	****	****	
11	Désirée	P Ina	745,259						****	****	
14	Désirée	Z18	814,438							****	
3	Bintje	V6	830,138							****	
13	Désirée	V6	1307,516								****

Tableau 17 : Classement des interactions variétés/isolats selon la surface des nécroses.

3-1-4- Comportement selon l'intensité de sporulation

Les notations effectuées au 7^{ème} jour après inoculation (fig.13), montrent que l'intensité de sporulation diffère selon les interactions variétés/isolats, le cultivar Spunta a enregistré le taux de sporulation le plus important avec tous les isolats testés. Nous notons que la variété Désirée a enregistré un taux de sporulation assez important par rapport à la variété Bintje, et ce avec les deux isolats V6 et P ina, alors que cette dernière a enregistré un taux de sporulation plus important que la variété Désirée avec les deux isolats Z18 et Sar.

En revanche, la variété Sarpo Mira a enregistré le taux de sporulation le plus bas à l'égard des isolats Z18 et Sar et une sporulation nulle avec les deux isolats V6 et P ina. Cependant cette dernière variété a donné une intensité de sporulation assez importante comparable à celle enregistrée chez la variété Désirée et supérieure à celle enregistrée chez la variété Bintje avec l'isolat Rp (Annexe 4).

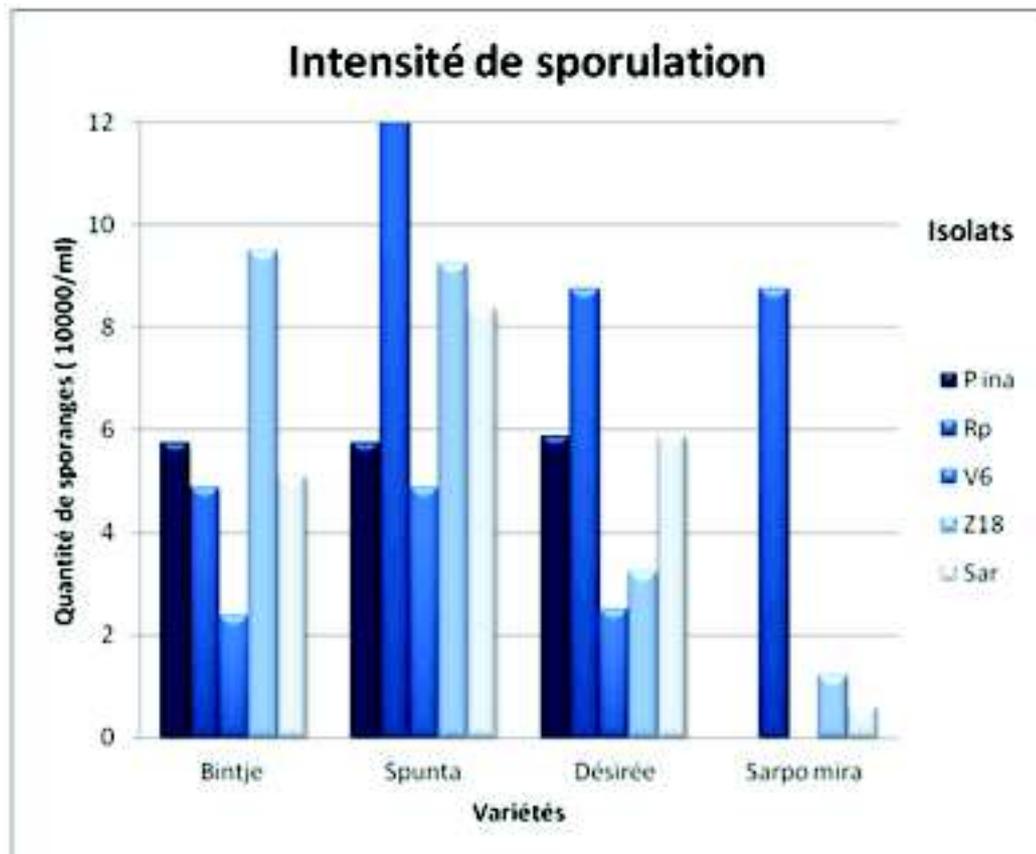


Figure 13 : Intensité de sporulation selon les variétés et les isolats.

3-1-4-1- Interprétation statistique

Le test a révélé des résultats très hautement significatifs ($P \leq 0,001$) entre les différentes variétés et les isolats testés ainsi que leur interaction (tabl.18).

Effet	Tests de Significativité Univariés, Taille des Effets et Puissance pour Sporulation (F Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse)						
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité
ord. origine	4410,000	1	4410,000	313,7195	0,000000	0,691439	313,7195
Variétés	718,550	3	239,517	17,0388	0,000000	0,267462	51,1164
Souches	662,812	4	165,703	11,7878	0,000000	0,251942	47,1513
Variétés*Souches	468,637	12	39,053	2,7782	0,002009	0,192330	33,3380
Erreur	1968,000	140	14,057				

Tableau 18 : Analyse de la variance pour l'intensité de sporulation.

Le test de Newman et Keuls concernant le taux de sporulation (tabl.19) fait ressortir trois groupes homogènes à savoir:

Le premier groupe renferme les deux variétés Bintje et Désirée ayant donné un taux de sporulation intermédiaire.

Evaluation de la résistance de la pomme de terre à l'égard du *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary agent du mildiou.

Le deuxième groupe est représenté par la variété Sarpo Mira , ayant enregistré une intensité de sporulation très faible.

Le troisième groupe comprend la variété Spunta, ayant enregistré le taux de sporulation le plus élevé, exprimant ainsi une grande sensibilité à l'égard de la plupart des isolats.

Test de Newman-Keuls ; variable Sporulation (Feuil1 dans rectification)					
Groupes Homogènes, alpha = ,05000					
Erreur : MC Inter = 14,057, dl = 140,00					
Cellule N°	Variétés	Sporulation Moyenne	1	2	3
4	Sarpo mira	2,125000		****	
3	Désirée	5,250000	****		
1	Bintje	5,525000	****		
2	Spunta	8,100000			****

Tableau 19 : Classement des variétés selon le taux de sporulation.

Le test de Newman et Keuls (tabl.20) fait ressortir trois groupes homogènes à savoir:

Le premier groupe comprend trois isolats Z18, Sar et P ina ;ayant montré une sporulation moyenne.

Le deuxième groupe est représenté par l'isolat V6, ayant montré une faible sporulation.

Le troixième groupe comprend l'isolat Rp ,ayant montré la sporulation la plus importante.

Test de Newman-Keuls ; variable Sporulation (Feuil1 dans rectification)					
Groupes Homogènes, alpha = ,05000					
Erreur : MC Inter = 14,057, dl = 140,00					
Cellule N°	Souches	Sporulation Moyenne	1	2	3
3	V6	2,437500		****	
1	P ina	4,343750	****		
5	Sar	5,000000	****		
4	Z18	5,812500	****		
2	Rp	8,656250			****

Tableau 20 : Classement des isolats selon le taux de sporulation.

Le test de Newman et Keuls (tabl.21) fait ressortir cinq groupes homogènes:

Nous remarquons que la variété Sarpo Mira est classée en tête du tableau, ayant enregistré peu de sporulation avec la plupart des isolats ; cette dernière a montré un bon niveau de résistance.

Les autres variétés Bintje , Désirée et Spunta ont enregistré un taux intermédiaire de sporulation avec la majorité des isolats.

En particulier la variété Spunta a enregistré le taux de sporulation le plus important avec l'isolat Rp, celle-ci se trouve en bas du tableau.

Test de Newman-Keuls ; variable Sporulation (Feuil1 dans rectification) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 (Recherche Non-Exhaustive) Erreur : MC Inter = 14,057, dl = 140,00								
Cellule N°	Variétés	Souches	Sporulation Moyenne	1	2	3	4	5
16	Sarpo mira	P	na	0,00000	****			
18	Sarpo mira		v6	0,00000	****			
20	Sarpo mira		Sar	0,62500	****			
19	Sarpo mira		Z18	1,25000	****			
3	Binjtje		v6	2,37500	****	****		
13	Désirée		v6	2,50000	****	****		
14	Désirée		Z18	3,25000	****	****	****	
2	Binjtje		Rp	4,87500	****	****	****	****
8	Spunta		v6	4,87500	****	****	****	****
5	Binjtje		Sar	5,12500	****	****	****	****
1	Binjtje		P	na	5,75000	****	****	****
6	Spunta		P	na	5,75000	****	****	****
15	Désirée		Sar	5,87500	****	****	****	****
11	Désirée		P	na	5,87500	****	****	****
10	Spunta		Sar	8,37500		****	****	****
17	Sarpo mira		Rp	8,75000			****	****
12	Désirée		Rp	8,75000			****	****
9	Spunta		Z18	9,25000			****	****
4	Binjtje		Z18	9,50000				****
7	Spunta		Rp	12,25000				****

Tableau 21 : Classement des interctions variétés /isolats selon l'intensité de sporulation .

3-1-5- Discussion des résultats du comportement *in vitro* des feuilles détachées

Les infections causées par la majorité des isolats apparaissent plus rapidement sur la variété Spunta, résultats similaires rapportés par Hammi (2003) , il reste que les deux variétés Binjtje et Désirée ont montré un léger retard dans l'apparition des symptômes avec l'isolat Sar . Par contre, l'isolat Rp était parmi les isolats qui ont montré le temps d'incubation et le temps de latence le plus court avec tous les cultivars testés ; ce dernier isolat présente donc l'agressivité la plus élevée.

D'une manière générale les valeurs de la dimension des lésions varient selon les interactions variétés/isolats. Nous avons remarqué que la variété Désirée, qui est connue être un cultivar moyennement sensible, a enregistré les plus grandes nécroses à l'égard de tous les isolats testés.

Selon nos constatations cette variété s'est montrée très sensible au niveau du feuillage. Par contre, la variété Bintje qui est connue comme étant un cultivar très sensible, a enregistré des lésions de taille intermédiaire, mais reste moins sensible par rapport à la variété Désirée.

Ces résultats sont en contradiction avec ceux de Corbière et *al.*, (2010) qui ont enregistré des lésions de taille supérieure chez la variété Bintje, et des lésions de taille inférieure chez la variété Désirée avec des isolats algériens ; les résultats de Moulay (2010) confirment nos résultats dont la taille des nécroses observées chez la variété Désirée étaient nettement supérieures par rapport à la taille des nécroses développées sur les variétés Bintje, Spunta et Sarpo Mira.

Nous précisons que la variété Bintje est connue à être très sensible souvent utilisée comme témoin dans beaucoup de travaux pour étudier la résistance au *P. infestans*, notamment en France. Ainsi les travaux d'Andriveau et *al.*, (2007), ont montré que les isolats marocains de *P. infestans* étaient plus agressifs sur la variété locale Désirée, que sur la variété Bintje traditionnellement cultivée en France.

Et inversement, les isolats français se sont montrés nettement plus agressifs sur la Bintje que sur la Désirée. Il faut rappeler que la variété Désirée est très cultivée en Algérie en particulier et au Maghreb en général, alors que la Bintje n'est pas du tout cultivée en Algérie, Andriveau et *al.*, 2007 ont expliqué la forte sensibilité de la variété Désirée au Maroc, pourrait donc être due à l'érosion de la résistance partielle, à cause de l'adaptation des isolats à cette variété et l'agressivité accrue des populations locales de l'agent pathogène, un comportement comparable en Algérie.

Comme pour les variétés Bintje en France et Désirée au Maroc, la variété Spunta est un cultivar également sensible en Algérie à l'égard du *P. infestans*. Cette dernière variété a enregistré des lésions de taille intermédiaire au niveau du feuillage, résultats rapportés également par Visker et *al.*, (2003), ces derniers auteurs ont constaté dans des conditions contrôlées, que la croissance des lésions étaient nettement plus importantes chez le cultivar Eersteling, alors que Spunta et Alpha ont manifesté des lésions de taille intermédiaire. En Tunisie Ferjaoui et *al.*, (2010), en menant des expérimentations sur terrain, en utilisant plusieurs cultivars, ont remarqué que la variété Spunta était parmi les variétés jugées les plus sensibles par rapport aux variétés : Fabula, Liséta Aleska, Carréra, Spunta et Mondial ayant enregistré le taux d'attaque le plus important sur feuillage, allant de 45% à 75% de folioles détruites.

Par rapport à toutes ces variétés, Sarpo Mira a développé des lésions de taille très limitée, à l'égard des quatre isolats : Rp, Z18, P ina et Sar, entre autres elle n'a montré aucun symptôme à l'égard de l'isolat V6, résultats comparables obtenus par Galfout (2009). En calculant le diamètre des lésions, la variété Sarpo Mira n'a manifesté aucun symptôme avec l'isolat Z1, alors qu'elle a développé des lésions de faible taille à l'égard de l'isolat Z5, ce qui confirme les différents travaux menés en Europe sur cette variété (Lees et *al.*, 2008, White et Shaw, 2008).

Au regard des résultats obtenus par White et Shaw (2010) au Royaume Unis, Sarpo Mira s'est montrée toujours résistante aux isolats sélectionnés parmi les plus agressifs en développant que des lésions de tailles très limitées. D'après Rietman et *al.*, (2012), la base génétique de la résistance au mildiou dans Sarpo Mira est très complexe, elle est constituée principalement d'au moins cinq gènes R différents qui confèrent à cette variété de la résistance quantitative et qualitative à l'égard du mildiou.

Ces gènes sont les suivants R3a, R3b, R4 et Rpi-Smira1 ces quatre gènes confèrent de la résistance verticale à la variété Sarpo Mira alors que le gène Rpi-Smira2 confère de la résistance horizontale. Les isolats qui contiennent un de ces gènes AVR3a, AVR3b, AVR4, AVRSMira1 et AVRSMira2 ne pourront attaquer cette variété comme le cas de l'isolat V6.

Par rapport à la sporulation, la variété Spunta a enregistré les taux de sporulation les plus élevés à l'égard de tous les isolats testés, puis vient en deuxième position la variété Bintje suivie de la variété Désirée. En revanche Corbière et al., (2010), ont enregistré le taux de sporulation le plus important chez la variété Bintje suivie par la variété Spunta en 2^{ème} position et enfin la variété Désirée, avec une intensité plus faible ; les résultats obtenus par Galfout (2009), et Moulay (2010), ont montré également que la variété Bintje donnait plus de sporulation sur feuillage par rapport aux autres variétés testées.

Galfout (2009), a enregistré une sporulation très importante chez la variété Bintje avec un taux égal à $2,05 \times 10^6$ sporanges /ml avec l'isolat Z5, alors qu'il a été enregistré un taux de sporulation assez élevé sur le cultivar Spunta de $1,27 \times 10^6$ sporanges /ml, et une sporulation nulle avec la variété Sarpo Mira à l'égard des deux isolats testés Z1 et Z5.

Moulay (2010), a obtenu l'intensité de sporulation la plus élevée chez la variété Bintje égale avec 78×10^4 sporanges /ml, alors qu'un taux de $12,5 \times 10^4$ sporanges /ml a été noté chez la variété Désirée ; la variété Spunta a enregistré un taux plus faible de sporulation soit $11,60 \times 10^4$ sporanges /ml, et enfin la variété Sarpo Mira a enregistré une intensité de sporulation très faible soit $0,93 \times 10^4$ sporanges /ml.

Par cette comparaison des résultats, nous pouvons dire que la variété Sarpo Mira en Algérie montre toujours une résistance par rapport à toutes les variétés testées, caractérisée notamment par une intensité de sporulation très faible ou parfois nulle telle que avec les deux isolats V6 et Pina. Cependant cette variété a enregistré une intensité de sporulation assez importante de $8,75 \times 10^4$ sporanges /ml comparable avec celle obtenue avec la variété Désirée avec l'isolat Rp, ce qui montre que le comportement de cette variété relativement résistant peut perdre partiellement sa résistance à l'égard de certains isolats.

Certains auteurs comme White et Shaw (2010), craignent fortement que si la variété Sarpo Mira est cultivée à grande échelle la possibilité de sélectionner certains génotypes virulents qui peuvent devenir compatibles et attaquer facilement cette variété jugée résistante. En Pologne, environ 20% à 35% d'isolats sont capables d'infecter cette variété ont été identifiés en 2009 (Chmielarz et al., 2010), alors que cette variété s'est montrée totalement résistante auparavant.

En comparant tous les paramètres d'agressivité, ainsi nous remarquons que les variétés ayant enregistré des lésions de taille très importante, ont montré des taux moyens de sporulation telle la variété Désirée. Par contre la variété Spunta a enregistré des lésions de taille moyenne mais a donné les taux de sporulation les plus importants, l'isolat V6 qui a

donné de grandes lésions avec très peu de spores n'a développé aucun symptôme sur la variété Sarpo Mira. Les isolats P ina, Rp et Z18, ont donné des petites

lésions sur folioles, mais un taux important de sporulation notamment, l'isolat P ina qui a montré des nécroses sur le cultivar Sarpo Mira, mais n'a montré aucun signe de sporulation sur cette variété. Enfin l'isolat Sar a montré des lésions de taille très faible, mais a donné un taux assez important de sporulation sur les folioles des variétés testées.

3-2- Evaluation *in vitro* sur tubercules du comportement des variétés de pomme de terre à l'égard des isolats de *P. infestans*

3-2-1- Evaluation du pourcentage de surface nécrosée des tubercules

L'évolution de la proportion de surface infectée des tubercules a été évaluée du 6^{ème} jusqu'au 14^{ème} jour après inoculation ; les résultats obtenus ont révélé que la variété Spunta était la plus attaquée à l'égard de tous les isolats testés. Ce comportement montre que cette variété est fortement sensible au niveau des tubercules, suivi de la variété Bintje qui a montré un niveau de sensibilité assez important au niveau des tubercules avec les isolats suivant : V6, Z18 et P ina. Les deux autres variétés testées Désirée et Sarpo Mira ont développé des nécroses plus faible à l'égard de tous les isolats testés, mais une exception a été observée chez ces deux dernières qui se sont montrées très sensibles à l'égard des isolats Rp et Sar (fig.14) (Annexe 5).

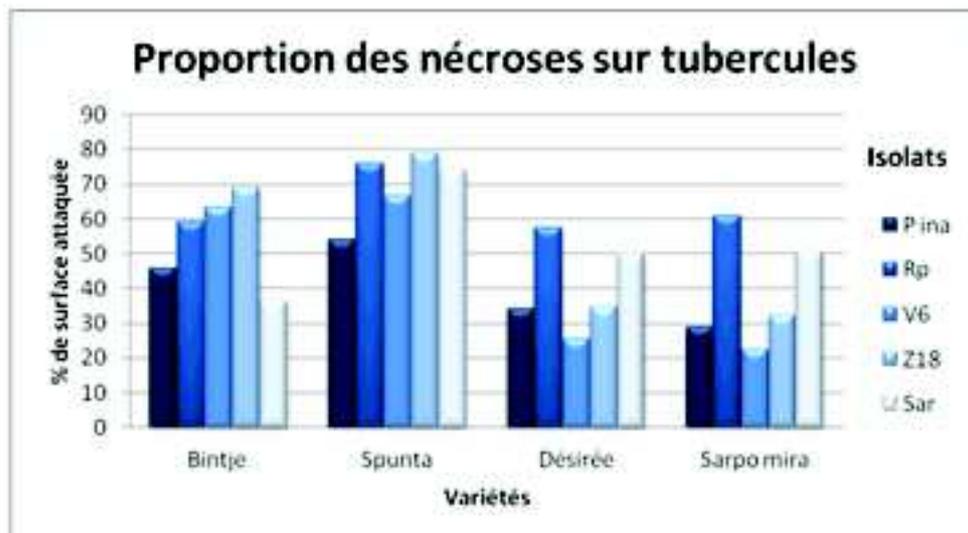


Figure 14 : Pourcentage de surface nécrosée des tubercules selon les variétés et les isolats.



**Figure 15 : A :Bintje, B: Spunta, C:Désirée, D: Sarpò Mira.
Symptômes sur tubercules causés par l'isolat P ina.**

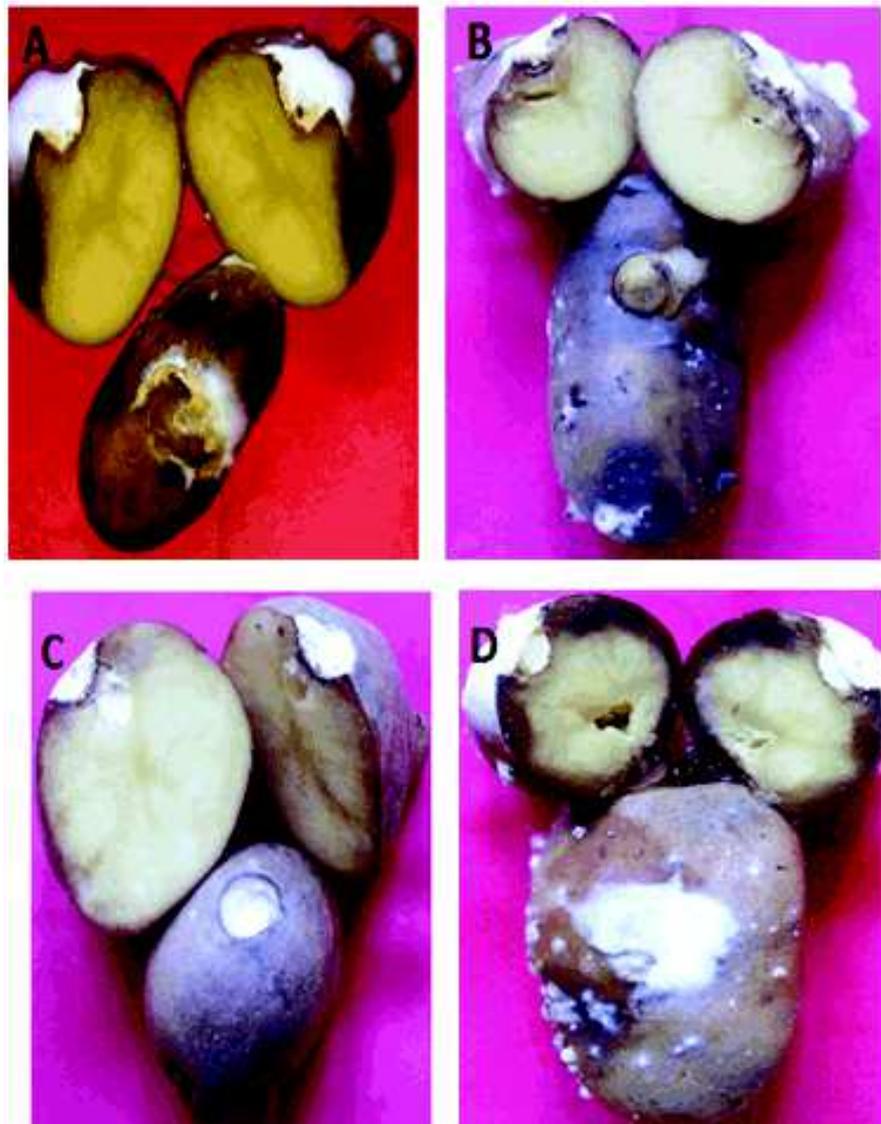


Figure 16 : A : *Bintje* , B : *Spunta*, C :*Désirée*, D : *Sarpo Mira*.
Symptômes sur tubercules causés par l'isolat Rp.



Figure 17 : A : Bintje , B : Spunta, C :Désirée, D : Sarpo Mira.
Symptômes sur tubercules causés par l'isolat V6.



Figure 18 : A : Bintje , B : Spunta, C : Désirée, D : Sarpo Mira.

Symptômes sur tubercules causés par l'isolat Z18.

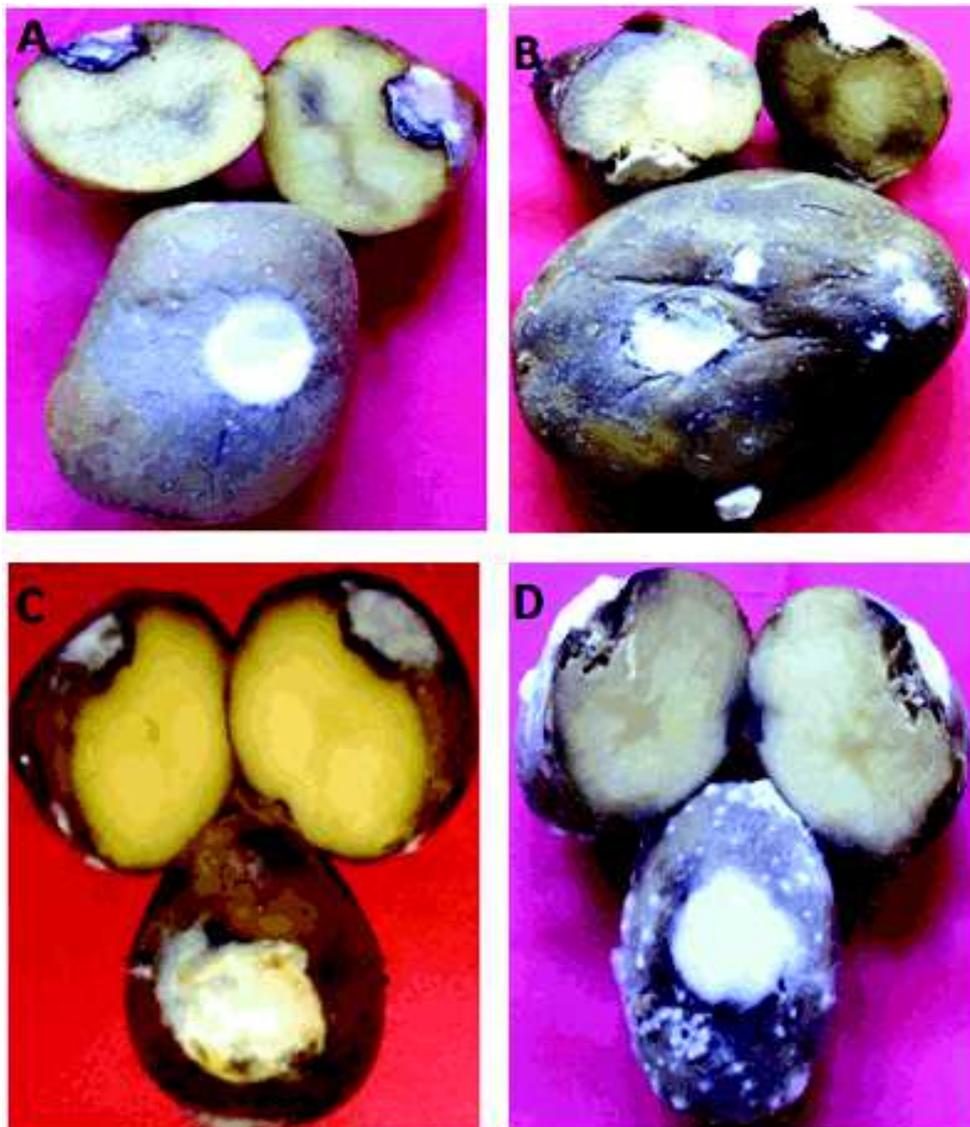


Figure 19 : A : Bintje , B : Spunta, C :Désirée, D : Sarpo Mira.

Symptômes sur tubercules causés par l'isolat Sar.

3-2-1-1- Interprétation statiques

L'analyse de variance a révélé des résultats très hautement significatifs ($P \leq 0,001$) entre variétés, isolats et leur interaction (tabl.22).

Evaluation de la résistance de la pomme de terre à l'égard du *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary agent du mildiou.

Effet	Tests de Significativité Univariés, Taille des Effets et Puissance pour % surface (Fe Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse						
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité
ord. origine	313651.9	1	313651.9	1689.707	0.000000	0.944125	1689.707
Variétés	18777.3	3	6259.1	33.719	0.000000	0.502876	101.157
Souches	7415.8	4	1854.0	9.988	0.000001	0.285462	39.951
Variétés*Souches	9367.5	12	780.6	4.205	0.000024	0.335392	50.465
Erreur	18562.5	100	185.6				

Tableau 22 : Analyse de variance pour pourcentage de la surface attaquée sur tubercule.

Le test de Newman et Keuls (tabl.23) fait ressortir trois groupes homogènes à savoir:

Le premier groupe comprend les deux variétés Désirée et Sarpo Mira, qui sont jugées à être moyennement résistantes au niveau des tubercules ; on leur attribue la note de 4 selon Björ (1987), puisque les lésions sur tubercule en moyenne sont comprises entre 25 à 50 %.

Le deuxième groupe comporte la variété Bintje, qui s'est montrée moyennement sensible avec la note de 5.

Le troisième groupe comprend la variété Spunta , qui s'est montrée très sensible, puisque les lésions sur tubercules sont > 50%, avec la note de 5 au niveau des tubercules.

Cellule N°	Test de Newman-Keuls ; variable % surface (Feuil1 dans tubercu) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = 185,63, dl = 100,00				
	Variétés	% surface Moyenne	1	2	3
4	Sarpo mira	39,16667	****		
3	Désirée	40,50000	****		
1	Bintje	54,83333		****	
2	Spunta	70,00000			****

Tableau 23 : Classement des variétés selon la résistance sur tubercules.

Le test de Newman et Keuls (tabl.24) fait ressortir trois groupes homogènes à savoir (tabl.24) :

Le premier groupe est représenté par les deux isolats V6 et P ina , qui se sont montrés sur les variétés testées moins agressifs au niveau des tubercules.

Le deuxième groupe comporte les deux isolats, Sar et Z18 , qui se sont montrés moyennement agressifs et ayant enregistré des lésions de taille moyenne.

Le troisième groupe comprend l'isolat Rp , qui s'est montré toujours très agressif.

Test de Newman-Keuls ; variable % surface (Feuil1 dans tubercu)					
Groupes Homogènes, alpha = ,05000					
Erreur : MC Inter = 185,63, dl = 100,00					
Cellule N°	Souches	% surface Moyenne	1	2	3
1	P Ina	40,83333	****		
3	V6	44,58333	****		
5	Sar	52,91667		****	
4	Z18	53,95833		****	
2	Rp	63,33333			****

Tableau 24 : Classement des isolats selon leur agressivité sur tubercules.

Le test de Newmant et Keuls concernant les interactions variétés /isolats (tabl.25) fait ressortir dix groupes homogènes qui se chevauchent entre eux:

Nous constatons que selon les isolats, les deux variétés Sarpo Mira et Désirée sont les moins attaquées au niveau des tubercules, et se trouvent en haut du classement avec des valeurs faibles ; ces cultivars sont jugées être résistants au niveau des tubercules.

Pour d'autres isolats les deux variétés Désirée et Bintje ont enregistré un pourcentage intermédiaire de surface nécrosée des leurs tubercules ; on les retrouve classées au milieu du tableau des interactions.

La variété Spunta s'est montrée la plus sensible au niveau des tubercules, elle est classée en bas du tableau des interactions, avec presque tous les isolats testés.

Test de Newman-Keuls ; variable % surface (Feuil1 dans tubercu) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 (Recherche Non-Exhaustive) Erreur : MC Inter = 185,63, dl = 100,00													
Cellule N°	Variétés	Souches	% surface Moyenne	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	Sarpo mira	V6	22,50000	****									
13	Désirée	V6	25,83333	****	****								
16	Sarpo mira	P Ina	29,16667	****	****	****							
19	Sarpo mira	Z18	32,50000	****	****	****	****						
11	Désirée	P Ina	34,16667	****	****	****	****	****					
14	Désirée	Z18	35,00000	****	****	****	****	****	****				
5	Bintje	Sar	36,66667	****	****	****	****	****	****	****			
1	Bintje	P Ina	45,83333	****	****	****	****	****	****	****	****		
15	Désirée	Sar	50,00000		****	****	****	****	****	****	****	****	
20	Sarpo mira	Sar	50,83333			****	****	****	****	****	****	****	
6	Spunta	P Ina	54,16667				****	****	****	****	****	****	****
12	Désirée	Rp	57,50000					****	****	****	****	****	****
2	Bintje	Rp	59,16667						****	****	****	****	****
17	Sarpo mira	Rp	60,83333							****	****	****	****
3	Bintje	V6	63,33333								****	****	****
8	Spunta	V6	66,66667								****	****	****
4	Bintje	Z18	69,16667								****	****	****
10	Spunta	Sar	74,16667									****	****
7	Spunta	Rp	75,83333									****	****
9	Spunta	Z18	79,16667										****

Tableau 25 : Classement des interactions variétés-isolats selon la proportion des nécroses sur tubercules.

3-2-2- Evaluation de l'AUDPC pour le pourcentage de la surface attaquée sur tubercules

L'évaluation des attaques par le calcul de la valeur de l'AUDPC représentant la progression dans le temps de la maladie sur tubercules, permet de distinguer les différents niveaux de résistance des variétés étudiées. Nous constatons que la variété Spunta est nettement très sensible au niveau des tubercules à l'égard de tous les isolats étudiés, celle-ci a enregistré la valeur AUDPC la plus élevée soit 442,5 avec l'isolat Z18.

La variété Bintje a montré un niveau intermédiaire de résistance à l'égard de tous les isolats testés, cependant elle a enregistré la valeur AUDPC la plus importante égale à 291,66 avec l'isolat Rp . Nous constatons que les deux variétés Désirée et Sarpo mira qui ont montré des valeurs AUDPC plus faibles sur tubercules à l'égard de tous les isolats, sauf avec l'isolat Rp qui s'est montré très agressif sur les tubercules de ces deux dernières variétés avec des valeurs très élevées de l'AUDPC comprises entre 282,50 et 320,83 (fig.20) (Annexe 6).

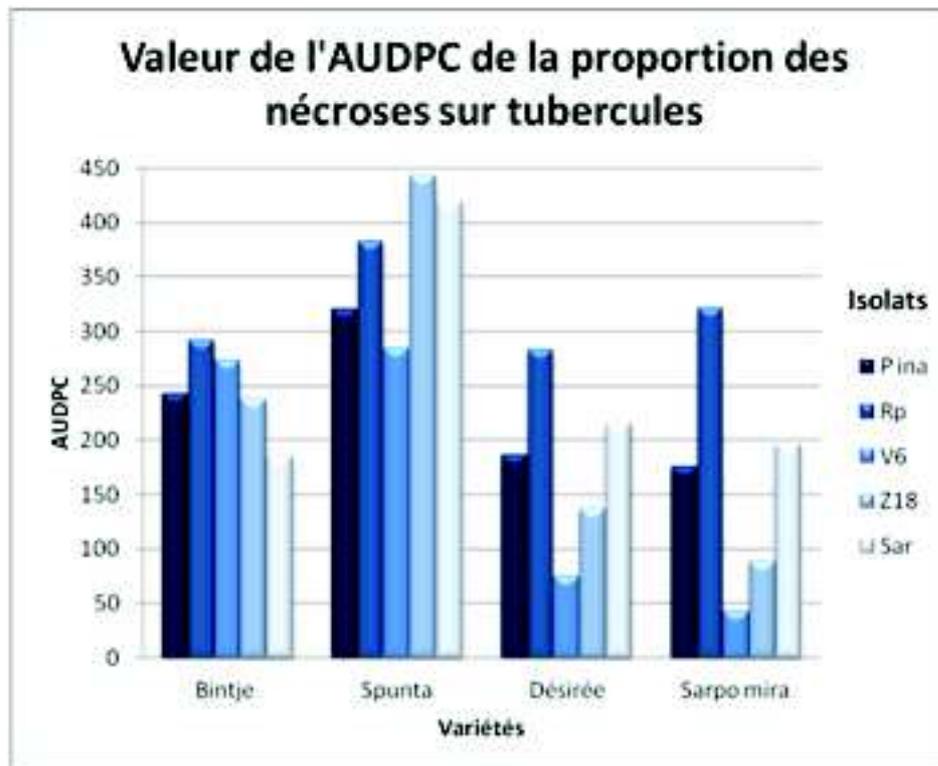


Figure 20 : Valeurs AUDPC sur tubercule selon les variétés et les isolats.

3-2-2-1- Interprétation statique

L'analyse de la variance concernant l'évolution de la valeur AUDPC sur tubercules fait ressortir des résultats très hautement significatifs ($P \leq 0,001$), entre variétés, isolats et leur l'interaction (tabl.26).

Effet	Tests de Significativité Univanés, Taille des Effets et Puissance pour AUDPC (Feuil Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse)						
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité
ord. origine	6895210	1	6895210	1150,392	0,000000	0,920025	1150,392
Variétés	782522	3	260841	43,518	0,000000	0,566265	130,555
Souches	285255	4	71314	11,898	0,000000	0,322456	47,592
Variétés*Souches	286708	12	23892	3,986	0,000050	0,323566	47,834
Erreur	599379	100	5994				

Tableau 26 : Analyse de variance de l'AUDPC du pourcentage de surface nécrosée sur tubercules.

Le test de Newman et Keuls fait ressortir trois groupes homogènes (tabl.27) :

Le premier groupe comprend les deux variétés Désirée et Sarpomira, ayant enregistré des valeurs AUDPC très faibles, confirmant leur résistance.

Le deuxième groupe comporte la variété Bintje, ayant enregistré des valeurs AUDPC moyennes.

Le troisième groupe est représenté par la variété Spunta, ayant montré des valeurs AUDPC très élevées, confirmant sa sensibilité.

Test de Newman-Keuls ; variable AUDPC (Feuil1 dans tubercu)						
Groupes Homogènes, alpha = ,05000						
Erreur : MC Inter = 5993,8, dl = 100,00						
Cellule N°	Variétés		AUDPC Moyenne	1	2	3
4	Sarpo	mira	165,0000	****		
3		Désirée	178,8333	****		
1		Bintje	245,8333		****	
2		Spunta	369,1667			****

Tableau 27 : Classement des variétés selon L'AUDPC du pourcentage de surface nécrosée sur tubercule.

Le test fait ressortir trois groupes homogènes (tabl.28) :

Le premier groupe comprend trois isolats : P ina, Z18 et Sar , ayant enregistré des valeurs AUDPC du pourcentage les moins élevées de surface attaquée des tubercules.

Le deuxième groupe renferme uniquement l'isolat V6 , ayant enregistré des valeurs intermédiaire de l' AUDPC du pourcentage de surface attaquée des tubercules.

Le troisième groupe représente uniquement l'isolat Rp , ayant enregistré des valeurs AUDPC les plus importantes.

Test de Newman-Keuls ; variable AUDPC (Feuil1 dans tubercu)						
Groupes Homogènes, alpha = ,05000						
Erreur : MC Inter = 5993,8, dl = 100,00						
Cellule N°	Souches		AUDPC Moyenne	1	2	3
3		V6	168,1250		****	
4		Z18	226,4583	****		
1		P ina	231,0417	****		
5		Sar	253,7500	****		
2		Rp	319,1667			****

Tableau 28 : Classement des isolats selon l'AUDPC sur tubercules.

Le test de Newman et Keuls des interactions variétés /isolats concernant les valeurs AUDPC de la proportion de la surface attaquée sur tubercules fait ressortir huit groupes homogènes (tabl.29) :

Nous constatons que les deux variétés Sarpo Mira et Désirée ont enregistré des valeurs AUDPC faibles au niveau des tubercules ; ces variétés se situent en haut du tableau et de ce fait se montrent comme les plus résistantes au niveau des tubercules.

Pour d'autres isolats les variétés Bintje et Désirée ont montré des valeurs AUDPC intermédiaires.

La variété Spunta située en bas du tableau , s'est montré la plus sensible au niveau des tubercules ; elle a enregistré des valeurs AUDPC élevées au niveau des tubercules.

Test de Newman-Keuls ; variable AUDPC (Feuil1 dans tubercu) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 (Recherche Non-Exhaustive) Erreur : MC Inter = 5993,8, dl = 100,00											
Cellule N°	Variétés	Souches	AUDPC Moyenne	1	2	3	4	5	6	7	8
18	Sarpo mira	V6	42,5000	****							
13	Désirée	V6	74,1667	****	****						
19	Sarpo mira	Z18	89,1667	****	****	****					
14	Désirée	Z18	136,6667	****	****	****	****				
16	Sarpo mira	P Ina	175,8333		****	****	****	****			
5	Bintje	Sar	185,0000		****	****	****	****			
11	Désirée	P Ina	185,8333		****	****	****	****			
20	Sarpo mira	Sar	196,6667		****	****	****	****			
15	Désirée	Sar	215,0000			****	****	****			
4	Bintje	Z18	237,5000				****	****			
1	Bintje	P Ina	242,5000				****	****			
3	Bintje	V6	272,5000				****	****	****		
12	Désirée	Rp	282,5000					****	****		
8	Spunta	V6	283,3333				****	****	****		
2	Bintje	Rp	291,6667					****	****		
6	Spunta	P Ina	320,0000					****	****	****	****
17	Sarpo mira	Rp	320,8333					****	****	****	
7	Spunta	Rp	381,6667						****	****	****
10	Spunta	Sar	418,3333							****	****
9	Spunta	Z18	442,5000								****

Tableau 29 : Classement des interactions variétés /isolats selon l'AUDPC.

3-2-3- Discussion du comportement *in vitro* des tubercules

La résistance des tubercules au *P. infestans* est l'un des traits les plus importants chez la pomme de terre cultivée. Elle est considérée comme une composante essentielle pour la production de pommes de terre (Swiezyński et Zimnoch-Guzowska, 2001). Un degré plus élevé de la résistance des tubercules considérés comme semence, permet d'abaisser la pression d'infection dans les champs (Toxopeus, 1958; Wastie et al., 1991).

Dans notre étude, nous avons remarqué que la proportion de surface attaquée sur tubercule, diffère selon les variétés et d'un isolat à un autre. Nous avons remarqué que la variété Spunta a enregistré le taux d'attaque sur tubercules le plus important vis-à-vis de tous les isolats testés.

Elle est jugée être très sensible et cela confirme les résultats de Hammi (2003), qui a obtenu un taux de surface nécrosée sur tubercule égale à 100% sur la variété Spunta. Par contre la variété Bintje s'est montrée moyennement sensible au niveau des tubercules, alors que ce cultivar est reconnu à être sensible. Au cours de notre étude cette dernière variété est classée moyennement sensible, cela peut contredire, les résultats de Toxopeus (1961),

qui a constaté en comparant le taux d'attaque sur tubercules sur un nombre de cultivars, que la variété Bintje était gravement endommagée.

Les deux variétés, Sarpo Mira et Désirée se sont montrées résistantes à moyennement résistantes au niveau des tubercules cela contredit les résultats rapportés par la base de données européennes (The European Cultivated Potato Database, 2008) considérant que la variété Désirée a un niveau faible à intermédiaire de résistance au niveau des tubercules. En revanche les résultats obtenus sur la variété Sarpo Mira confirment que celle-ci est résistante au niveau des tubercules, mais dans notre étude l'isolat Rp a fortement attaqué ces deux dernières variétés.

Ces différences dans le comportement des variétés peuvent s'expliquer par une différence des conditions dans lesquelles, le test d'évaluation est mené (laboratoire ou en plein champ), le génotype de l'hôte, la quantité et le degré d'agressivité de l'inoculum utilisé et la technique d'évaluation utilisée (sur des plants entiers ou des tissus de plants détachés) (Hammi,2003).

3-3- Discussion générale

En général il est rapporté que les cultivars ayant un bon niveau de résistance sur feuillage au mildiou montrent un bon niveau de résistance sur tubercules (Collins et *al.*, 1999) ; cette théorie n'est pas vraiment confirmée par les résultats de notre étude. Nous avons remarqué que certaines variétés reconnues à être sensibles se sont montrées moyennement sensibles au niveau du feuillage et des tubercules c'est le cas de la variété Bintje.

Certaines variétés jugées moyennement sensibles au niveau du feuillage se sont montrées très sensibles telle la variété Désirée. Il y a eu également quelques différences entre la résistance sur feuillage et sur tubercule puisque, certaines variétés ont eu un comportement très sensible au niveau du feuillage et un comportement inverse au niveau des tubercules, comme la variété Désirée ; de même la variété Spunta qui est connue à être une variété très sensible a montré des lésions de taille intermédiaire sur feuillage et un taux important de sporulation et une sensibilité très importante au niveau des tubercules , alors que la variété Bintje a montré un niveau de résistance intermédiaire comparable sur feuillage et sur tubercule.

Nous remarquons que seule la variété Sarpo Mira s'est montrée résistante au niveau du feuillage et des tubercules. Swiezynski et *al.*, (2001) ont considéré que la majorité des génotypes de pomme de terre disposant souvent d'un feuillage résistant ont des tubercules sensibles, alors que les génotypes ayant un feuillage sensible et des tubercules résistant, étaient très rares.

Il est probable que les variations de réactions des variétés vis à vis des pathogènes soient plus importantes en plein champ. En effet, l'interaction variété - pathogène - climat - micro-organismes antagonistes peut influencer le niveau de sensibilité des variétés aux pathogènes ; elles peuvent se transformer de variétés sensibles en variétés résistantes ou vis versa. Il est nécessaire de vérifier le comportement des variétés, surtout celles qui ont montré en plein champ un niveau de résistance apprécié, vis à vis du pathogène, pendant au moins trois à quatre ans (Hammi,2003).

Il faut noter que le comportement des isolats était très variable puisque nous avons constaté que certains isolats, étaient plus agressifs sur feuilles et moins agressifs sur tubercules tel l'isolat V6, et inversement l'isolat Sar s'est montré moins agressif sur feuilles que sur tubercules, l'isolat Rp est jugé à être le plus agressif.

Ce dernier a enregistré des lésions de taille très importante sur la variété Sarpo Mira au niveau du feuillage, au niveau des tubercules, même le taux de sporulation était le plus important par rapport aux autres isolats sur le même cultivar Sarpo Mira ; ces comportements sont à rapprocher des travaux de Montarry et., *al* (2008), qui ont remarqué que les isolats obtenus de la variété Bintje étaient nettement plus agressifs que ceux obtenus de la variété Ostara . Les explications données par Andrivon et ., *al* (2007) , indiquent quela sélection d'isolats plus agressifs était plus rapide sur Bintje que sur d'autres cultivars, parce que l'importance de la population du pathogène est nettement plus grande sur un cultivar sensible, que sur un autre moins sensible ou en raison de son abondance globale dans le pays.

Nos résultats peuvent s'expliquer ainsi puisque certains isolats se sont montrés plus agressifs par rapport à d'autres tel l'isolat Rp qui a été isolé à partir des repousses de la variété Spunta ; ce cultivar est connu à être très sensible au mildiou et très cultivé en Algérie et donc capable d'héberger une population importante d'isolats de *P.infestans* , ce qui explique l'agressivité de l'isolat Rp de type sexuel A1. Même si Hammi (2003), a rapporté que les isolats de type sexuel A2 étaient nettement plus agressifs que les isolats de types sexuel A1, cela n'a pas empêché que cet isolat soit le plus agressif malgré qu'il appartient au type A1. En revanche l'isolat P ina de type sexuel A1 et comparable à un isolat de tomate en SSR (Simple sequence repeat), s'est montré moins agressif par rapport à l'isolat Rp. Mais Corbière et *a l.*, (2010) ont confirmé qu'il n'existait pas de différence significative entre les différents isolats selon leur type sexuel.

Nos résultats doivent être poursuivis au laboratoire et au champs en utilisant d'autres variétés et d'autres isolats pour mieux comprendre la résistance de la pomme de terre à l'égard du *P. infestans*, et la dynamique d'évolution des races du pathogène et l'hôte.

CONCLUSION

L'évaluation du comportement de 4 variétés de pomme de terre étudiée *in vitro*, a permis d'évaluer les composantes de résistance au niveau du feuillage, (temps de latence, période d'incubation, et l'intensité de sporulation) puis les comparer à celle estimée au niveau des tubercules par le pourcentage de surface attaquée du tubercule et L'AUDPC.

Les résultats obtenus ont montré que la plupart des variétés testées possèdent des degrés différents de résistance sur feuillage et tubercule et en particulier une résistance variable selon l'isolat considéré.

Le classement des variétés selon le comportement de leur feuillage vis à vis du pathogène s'établit comme suit :

- Très sensibles : Désirée.
- Moyennement sensibles : Spunta et Bintje.
- Résistante : Sarpo mira.

Le classement des variétés dans l'ordre décroissant de sensibilité des tubercules est le suivant :

- Très sensible: Spunta.
- Moyennement sensible: Bintje
- Résistante : Désirée et Sarpo mira.

A la lumière de ces résultats, nous pouvons dire que l'Algérie possède un nombre important de profils pathologiques de *Phytophthora infestans*. Par ailleurs l'existence des deux types sexuels A1 et A2 dans nos champs peut conduire à une recombinaison génétique et permettre l'apparition de nouvelles races qui peuvent être extrêmement virulentes et agressives.

Certaines recommandations peuvent être suggérées pour maîtriser l'expansion de cette maladie en Algérie. Il s'agit de :

- Poursuivre la détermination des deux types sexuels (A1 et A2) dans toutes les zones de production de la pomme de terre en Algérie et effectuer une cartographie qui montre leur distribution.
- Déterminer les différents génotypes du pathogène existant en Algérie et leur distribution annuelle en utilisant des marqueurs moléculaires et comparer leur évolution à celles des génotypes existant dans les autres pays où la maladie est largement distribuée.
- Vérifier la formation des oospores au champ et déterminer leur contribution réelle dans l'épidémiologie de la maladie.
- Continuer la recherche sur les nouvelles variétés de pomme de terre qui pourraient avoir des niveaux de résistance horizontale très appréciées, vis à vis des nouvelles souches de pathogène au laboratoire et en plein champ.
- Introduire des variétés résistantes au mildiou, comme la variété Sarpo mira.
- Effectuer des travaux de recherches afin de comprendre le comportement des isolats et leurs évolutions par rapport à l'hôte.

Références bibliographiques

- Agrios, G N. 1997.** *Plant Pathology*. Fourth edition, Elsevier Academic Press. 635 p.
- Agrios G N, 2005.** *Plant Pathology*. Fifth edition, Elsevier Academic Press. 922p.
- Alexopoulos, C.J., Mims, C.W et Blackwell, M. 1996.** *Introductory Mycology*, 4th ed., John Wiley and Sons, New York.
- Amirouche, L. 2008.** Le développement de la culture de pomme de terre en Algérie : rappel historiques et état des lieux. *Filaha* 3 :6-7.
- Andriveau, D. 1995.** Biology, Ecology and epidemiology of the potato late blight pathogen *Phytophthora infestans* in soil. *Phytopathology* 85(10).1053-1056.
- Andriveau, D. 1996.** The origin of *Phytophthora infestans* populations present in Europe in the 1840s: a critical review of historical and scientific evidence. *Plant Pathology* 45: 1027-1035.
- Andriveau, D et Lebreton, L. 1997.** Mildiou de la pomme de terre, ou en somme-nous après 150 ans ?. *Phytoma* 494 : 24-27.
- Andriveau, D., Pilet, F., Montarry, J., Hafidi, M., Corbière, R., Achbani, E. H., Pellé, R., et Ellissèche, D. 2007.** Adaptation of *Phytophthora infestans* to partial resistance in potato: Evidence from French and Moroccan populations. *Phytopathology* 97:338-343.
- Andriveau, D. 2009.** Plantes parasites et pathologistes : de la compréhension des interactions à la gestion durable de la résistance. *Cahiers Agricultures* 188(6) : 486-496.
- Avery, E.R. 1983.** *Potato diseases*. Academic Press. INC. New York. 219 p.
- Benhamou, N. 2009.** *La résistance chez les plantes*. Edition Lavoisier. Paris. 376 p.
- Beninal, L., Corbière, R., Kedad, A., Andriveau, D et Bouznad, Z. 2008.** A2 mating type, metalaxyl resistance and complex virulence profiles: common features in some *Phytophthora infestans* isolates from Algeria. 11th Euroblight Workshop, Hamar, Norway. 28-31 October 2008: 237- 241.
- Beninal, L. 2011.** Diversité génétique de *Phytophthora infestans* agent du mildiou de la pomme de terre en Algérie. Mémoire de Magistère. ENSA. El Harrach. Alger. 92 p.
- Björ, J. 1987.** Testing resistance of potato to genotypes to tuber late blight. *Potato Research* 30 : 525-532.
- Björn, A., 2007.** Sexuel reproduction in *Phytophthora infestans* : Epidemiological consequences. Thèse Doctorat. Swedish University of Agricultural Sciences. Suède. 31 p.
- Blaeser, P et Steiner, U. 1999.** Antifungal activity of plant pathology extracts against potato late blight (*Phytophthora infestans*). In *Modern Fungicides and Antifungal*

- Compounds II. 12th International Reinhardsbrunn Symposium, Freidrichroda, Thuringia, Germany, 24th-29th May 1998. *Plant Pathology* 78 : 936 p.
- Boccas , B. 1979.** La production sexuée chez le *Phytophthora infestans* : ses voies et quelques unes de ses conséquences génétiques. ORSTOM. Paris. 179p.
- Bohl ,WH .,Hamm P B., Nolte, P., Thornton, R E et Johnson ,D A. 2003.** Managing Late Blight on Irrigated Potatoes in the Pacific Northwest. *A Pacific Northwest Extension Publication* .University of Idaho .Oregon State University Washington State University.1-12p.
- Brabet, C., Garry, G et Priou,S. 1999.** La pomme de terre une production : une production en plein croissance. *CIP*. 2 .
- César, V., Rolot, J-L., Labbé, V et Laguesse,L .2011.**La recherche sur le mildiou de la pomme de terre au CRA-W à Libramont. *Fiwap-Info* 121 :14-20.
- CIP. 2008.** The odyssey of the potato : l'odyssée de la pomme de terre. CIP. Pérou. 45 p.
- Chemiliarz, M., Sobkowiak,S., Lebecka, R et Sliwka, j. 2010.**Chosen characteristics of Polish *Phytophthora infestans* isolates. In 12th Euroblight Workshop Arras-France: 39-44.
- Collins, A., D. Milbourne, L. Ramsay, R. Meyer, C. Chatot- Balandras, P. Oberhagemann,W. de Jong, C. Gebhardt, E. Bonnel et R.Waugh, 1999. QTL for field resistance to late blight in potato are strongly correlated with maturity and vigour. *Mol Breed* 5:387–398 .
- Colon, LT., Turkensteen, LJ., Prummel ,W., Budding, DJ et Hoogendoorn, J. 1995.** Durable resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) in old potato cultivars. *Plant Pathology* 101: 387-397.
- Colon, LT et Budding ,DJ. 1988.** Resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) in ten wild *Solanum* species. *Euphytica* : 77–86.
- Cooke, L. R., Schepers, H. T. A. M. , Hermansen ,A ., Bain R. A. , Bradshaw, N. J., Ritchie, F., Shaw, D.S., Evenhuis , A. , Kessel, G. J. T., Wander J. G. N., Andersson ,B. , Hansen ,J.G., Hannukkala ,A., Nærstad , R et Nielsen, B.J. 2011. Epidemiology and Integrated Control of Potato Late Blight in Europe. *Potato Research* 54:183–222.
- Corbière, R., Rekad, F. Z., Galfout. A., Andrivon, D et Bouznad, Z. 2010.**Phenotypic and genotypic characteristics of Algerian isolates of *Phytophthora infestans*. 12th Euroblight Workshop. Arras-France: 133-146.
- Cummins , J. 2006.** Genes from a wild plant *Solanum bulbocastanum* used to resistant potato blight. 1-6.
- Danan , S. 2009.**Diversité structurale des locus de résistance à *Phytophthora infestans* chez la pomme de terre synténie chez les Solanacées. Thèse de doctorat. Université SupAgro Montpellier. 229 p.
- Deacon, J .2006.** *Fungal biology*. 4th édition. Blackwell. UK. 384 p.
- Deumier J M., Gaucher, D. et Gravouelle J-M. 2004.** *Culture de la pomme de terre de conservation*. Arvalis. Paris.72 p.

- Erselius, L.J., Hohl, H.R., Ordonez, M.E., Oyarzun, P.J, Janin, F., Valasco, A., Ramon, M.P et Forbes G.A. 1997. Genetic diversity among isolates of *Phytophthora infestans* from various hosts in Ecuador. *Programme Report*. 39-48.
- Erwin. D. C. et Ribeiro, O. K. 1996. *Phytophthora diseases worldwide*. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minisota. 561 p.
- FAO .1995. La pomme de terre dans les années 90: situation actuelle e .FAO. 44 p.
- FAO. 2008. Année internationale de la pomme de terre. www.potato2008.org . Consulté le : 20 /08/2011 à 14 : 21.
- FAOSTAT, 2009. www.fao.org . Consulté le 18 /06/ 2011 à 12 :20.
- Ferjaoui, S., Boughalleb, N., Khamassi, N., Hamdi, MM., et Romdhani M, E. 2010. Evaluation de la résistance de certaines variétés de pomme de terre biologique au mildiou *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary). *Tropicultura* 28(1) : 44-49.
- Friend, J. 1973. *Resistance of potato to Phytophthora infestans*. Byrde RJW, Cutting CV (eds) Fungal pathogenicity and the plant's response. Third Long Ashton Symp. Academic Press, London, 499p.
- Fry, W E et Goodwin, S.B. 1997. Resurgence of the Irish potato famine fungus. *Bioscience*, 47 : 363–371.
- Fry, W E. 2008. Late Blight and Early Blight. *Potato Research* 50 :243-245.
- Gallegly, M. E et Hong, C. 2008. *Phytophthora: Identifying species by morphology and DNA Fingerprints*. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota .USA. 76-77 p.
- Garcia-Arenal, F et MacDonald B. 2003. An analysis of the durability of resistance to plant viruses. Analytical and Theoretical. *Phytopathology* 90 : 1307-1312.
- Grenot , R .2006. *Pomme de terre : cultures et créations*. Edition du Paléon. 156 p.
- Griffith, G. 2007. *Phytophthora : a blight on Ireland*. *Microbiology* 07. 12-15.
- Grünwald, N. J., Flier, W. G., Sturbaum, A. K, Garay-Serrano, E ., Trudy, B. M., van den, B., Smart , C. D. Matuszak., Lozoya-Saldaña, J. M. H., Turkensteen, L. J et Fry, W. E . 2001. Population Structure of *Phytophthora infestans* in the Toluca Valley Region of Central Mexico. *Phytopathology* 91(9) : 882-890.
- Grünwald, N.J et Flier, W.G. 2005. The biology of *Phytophthora infestans* at its center of origin. *Phytopathology* 43:171–90.
- Golas , T M . 2010. *European Solanum dulcamara L. and its interaction with Phytophthora infestans (Mont.) de Bary*. Thèse Doctorat. Université Nijmegen. Pays bas. 131 p.
- Goodwin , S.B et Drenth ,A . 1997. Origin of the A2 Mating Type of *Phytophthora infestans* Outside Mexico. *Phytopathology* 87: 992-999.
- Goodwin, S.B. 1997. The population Genetics of *Phytophthora*. *Phytopathology* 87 :462-473.
- Gualfout, A .2009. Contribution à l'étude du Mildiou de la pomme de terre. Mémoire d'ingénieur, INA, El Harrach, Alger. 75 p.

- Hammi, A., 2003.** Caractérisation de populations de *Phytophthora infestans* (mont.) de Bary dans la région de Saïs. Thèse de doctorat. Université Sidi Mohammed Ibn Abdallah, Fès, Maroc. 272p.
- Hauslanden, H et München, T. 2006.** *Phytophthora infestans* : A pathogen of global importance. *Bayer CropScience* . Courier Février 2006. Allemagne. 10-15.
- Himour, S. 2010.** Etude comparée de régénération de plants par voie végétative en culture *in-vitro*. Thèse de Magistère. Université Mentouri. Constantine. 107 p.
- Hohl, H R et Iselin, K. 1984.** Strains of *Phytophthora infestans* from Switzerland with A2 mating type behaviour . *Transactions of the British Mycological Society*. 83 : 529-530.
- Jacobsen, E et Rousselle, P. 1993.** La pomme de terre . In Méthodes traditionnelles de sélection des plantes : un aperçu historique destiné à servir de référence. Edition OCDE. Paris. 207-222.
- James, W.C., Shih, C.S., Hodgson, W.A et Callbeck, L.C. 1972.** The quantitative relationship between lateblight of potato and loss in tuber yield. *Phytopathology* 62:92-96.
- Johnson, R. 1979.** The concept of durable resistance. *Phytopatology* 69 :198-199.
- Judelson, H S., Ah-Fong, A M. V., Aux, G., Avrova, A O., Bruce, C., Cakir, C., Cunha L D., Grenville-Briggs, L., Latijnhouwers, M., Ligterink, W., Meijer, H.J.G., Roberts, S., Thurber ST., Whisson, S.C., Birch P.R.J., Govers, F., Kamoun, S., van West, P et Windass, W. 2008. Gene Expression Profiling During Asexual Development of the Late Blight Pathogen *Phytophthora infestans* Reveals a Highly Dynamic Transcriptome. *Molecular plant-Microb interactions*. 21(4) : 433-447.
- Kamoun, S et Smart S. 2005.** Late blight of potato and tomato in the genomics Era. *Plant Disease* 89(7) :692-699.
- Kirk, P. M. Cannon., P. F. Winter D. W. et Stalpers, J. A. 2008.** *Dictionary of the Fungi*. CAB International Wallingford. UK. 10th ed. 750 p.
- Lees, A.K., Cooke, D.E.L., Stewart, J.A., Sullivan, L., Williams, N.A. et Carnegie, S.F., 2008.** *Phytophthora infestans* population changes: implications. 11th Euroblight Workshop, Hamar, Norway. 28-31 October 2008:55-60.
- Lepoivre, P. 2003.** Phytopathologie. Bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de luttés. De Boeck. *Les presses agronomiques de Gembloux*. Bruxelles : 427 p.
- Mizubuti, E.S.G et Fry W.E. 2006.** Potato late blight. In : Coonke BM, Jones DG, Kaye et B (eds) *The Epidemiology of Plant Diseases* , Springer. Dordrecht. 445–471.
- Montarry, J., 2007.** Réponse adaptative des populations de *Phytophthora infestans*, agent du mildiou de la pomme de terre, au déploiement en culture deson hôte *Solanum tuberosum*. Thèse de doctorat. Ecole Nationale SupérieureAgronomique de Rennes. France. 177p.
- Moulay, Y. 2010.** Contribution à l'étude du mildiou de la pomme de terre dans la région de Bouira et essai de comportement de quelques variétés à l'égard de *Phytophthora infestans*. Mémoire de magistère. ENSA. El harrach. Alger. 71 p.

- Nelson ,S C. 2008.** Late Blight of Tomato (*Phytophthora infestans*). *Plant Disease*. 45 :1-10.
- Niederhauser, J.S. 1991.** *Phytophthora infestans*: the Mexican connection. In *Phytophthora* . Cambridge University Press, Cambridge.25-45.
- Niederhauser, J S., Alvarez-Luna, E et Mackenzie, D R. 1996.** A new strategy in the control of potato late blight. *American potato journal* 73 : 225-229.A
- Nouad ,M A.2008.** Problématique de la pomme de terre. *Filaha* 3 : 5.
- Omari, C. 2008.** La filière pomme de terre en Algérie. *Filaha*.3 : 8-9.
- Oyarzun, P.J, Pozo, A., Ordonez, M.E., Doucett ,K et Forbes G.A. 1998.** Host specificity of *Phytophthora infestans* on tomato and potato in Ecuador. *Phytopathology* 88 :265-271.
- Platt, B. 2008.**Maladies de la pomme de terre causées par des oomycètes. *Cahiers Agricultures* 17(4) :361-367.
- Payen et Chevalier .1826.** *Traité de la pomme de terre : sa culture ses divers emplois.* Edition Librairie . Paris . 179 p.
- Rietman,H., Bijsterbosch,G.,Cano, L M., Lee, H-R., Vossen J H., Jacodsen, E., Visser R.G.F., Kamoun, S., Vleeshouwers V. G.A.A. 2012.** Qualitative and quantitative Late blight resistance in the potato cultivar Sarpo Mira is determined by the perception of five distinct RXLR effectors. *The American Phytopathological society*. 25(7) :910-919.
- Rousselle, P., Robert, Y et Crosnier, J. C. 1996.** *La pomme de terre production, amélioration, ennemis, maladie et utilisation.* Edition I.N.R.A. Paris .607 p.
- Semal, J.1995.** L'épopée du mildiou de la pomme de terre (1845-1995).*Cahiers Agricultures* 17(4) 287-298.
- Shapiro, L., Mary ,H., Karen, S et Thomas, H. 1998. In Is organic better? Newsweek. June. 54-57.
- Song, J., Bradeen, JM., Naess, SK., Raasch, JA., Wielgus, SW., Haberlach, GT., Liu, J., Kuang, H.,Austin-Phillips, S., Buell, CR., Helgeson et JP et Jiang, J. 2003. Gene *RB* cloned from *Solanum bulbocastanum* confers broad spectrum resistance to potato late blight. *Proc. Natl. Acad. Sci* 100: 9128-9133.
- Stannard ,M et Haccart, K.2001.** Pomme de terre bio en Nord-Pas-de-Calais le mildiou ne nous fait pas peur ! . *Alter Agri* 49 : 14-16.
- Strange , R.N. 2003.** *Introduction to plant pathology.* John Wiley et Sons Ltd. England. 464p.
- Struik , P C. 2010.** Can Physiology Help Us to Combat Late Blight in Potato?. *Potato Research* 53:277–287.
- Spooner, D.M. et Hetterscheid, W.L.A. 2006.** Origins, Evolution, and Group Classification of Cultivated Potatoes. In Darwin's Harvest : New Approaches to the Origins, Evolution, and Conservation of Crops. T. J.Motley, N.Zerega, and H.Cross (eds). pp. 285-307. Columbia University Press. New York.
- Spooner , D. M.et Salas, A .2006.** Structure biosystematics, and Genetic Resources. In Handbook of Potato Production, Improvement, and Postharvest Management.The Haworth Press. United States and Canada.1-39.

- Spooner, D. M., Rodríguez, F., Polgár, Z., Ballard, JR., et Jansky, S.H. 2007.** Genomic Origins of Potato Polyploids: GBSSI Gene Sequencing Data. *The Plant Genome* 1 : 27-36.
- Swiezynski, K.M et E. Zimnoch-Guzowska, 2001.** Breeding potato cultivars with tuber resistant to *Phytophthora infestans*. *Potato Research*44: 97–117.
- Swiezynski, K. M., Chrazanowska, M., Domanski, L et Zimnoch-Guzowska, E. 2001.** Comparaison of resistance evaluation in potato variety assessment. *Potato Research* 44 :25-31.
- The European Cultivated Potato Database, 2008.** www.europotato.org . Consulté le 22/10/2008 à 15 :02.
- Thorez, J-P. 2009.** Puceron, mildiou et limaces : Prévenir, identifier, soigner bio. Edition terre vivante. Paris.318 p.
- Tör, M. 2008.** Tapping into molecular conversation between oomycete plant pathogens and their hosts. *European Journal Plant Pathology* 122: 57–69.
- Toxopeus, H.J. 1958.** Some notes of the relations between field resistance to *Phytophthora infestans* in leaves and tubers and ripening time in *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*. *Euphytica* 7: 123–130.
- Toxopeus, H.J.1961.** On the inheritance of tuber resistance of *Solanum tuberosum* to *Phytophthora infestans* in the field. *Euphytica* 10: 307–314.
- Turkensteen, LJ et Flier, WG. 2003.** Host and non-host resistance against *Phytophthora infestans*, the causal organism of late blight of potatoes and tomatoes. *Eucarpia Leafy Vegetables*. 23-24.
- Van Damme, M., Schoranack, S., Cano L.M., Huitema, E et Kamoun,S. 2010.** Interactions between *Phytophthora infestans* and *Solanum*. In Oomycete genetics and genomics : Diversity, interactions and research tools. Wiley-Blackwell. USA. 287-300.
- Van Den Berg, R G. et Jacobs, M.J. 2007.** Molecular Taxonomy. In potato biology and biotechnology: Advances and perspectives. Edition Elsevier. Italy. 55-76.
- Van Der Lee, T. 2003.** Genetic analysis of *Phytophthora infestans*. Thèse de doctorat. Université de Wageningen. Netherlands .119 p.
- Van Der Vossen, EA., Sikkema A., Hekkert, BTL., Gros, J, Stevens, P, Muskens, M., Wouters D, Pereira, A., Stiekema, WJ et Allefs, S .2003. An ancient *R* gene from the wild species *Solanum bulbocastanum* confers broad-spectrum resistance to *Phytophthora infestans* in cultivated potato and tomato. *Plant Journal* 36: 867-882.
- Van West, P et Vleeshouwers, V.G.A.A. 2001.** The *Phytophthora infestans*–potato interaction. *Plant-pathogen interactions* . 219-230.
- VIB. 2008.** Dossier d'information scientifique sur les pommes de terre résistantes au *Phytophthora*. www.vib.be/en/news/Documents/VIBdossierPipommesdeterre_FR.pdf . Consulté le 27/07/2011 à 23 :49 .
- Visker, M. H. P. W., Keizer, L. C. P., Budding, D. J., Van Loon, L. C., Colon L. T et Struik, P. C. 2003.** Leaf Position Prevails Over Plant Age and Leaf Age in Reflecting Resistance to Late Blight in Potato. *Phytopathology*93(6): 667-674.

-
- Visker, M. 2005.** Association between late blight resistance and foliage maturity type in potato : Physiological and genetic studies . Thèse de doctorat. Université de Wageningen. Netherlands .119 p.
- Vleeshouwers, V G A A ., Van Dooijeweert, W., Govers,F.,Kamoun, S., Colon, LT. 2000.**The hypersensitive response is associated with host and nonhost resistance to *Phytophthora infestans*. *Planta* 210: 853-864.
- Wastie, R.L., 1991.** Breeding for resistance. In: D.S. Ingram & P.H. Williams (Eds.). *Advances. Plant pathology* 7 : 193–224.
- White ,S et Shaw ,D. 2008.** Resistance of Sârpo clones to the new strain of *Phytophthora infestans*, Blue- 13.11th *Euroblight Workshop*, Hamar, Norway. 28-31 October 2008. 61-69.
- White, S et Shaw ,D. 2010.** Breeding for host resistance: the key to sustainable potato production. 12th *Euroblight Workshop* , Arras-France. 3-6 May 2010. 125-132.
- Widmark, A K. 2010.** The late blight pathogen, *Phytophthora infestans* : Interaction with the Potato Plant and Inoculum Sources .Thèse de doctorat. Swedish University of Agricultural Sciences. Suède. 67 p.
- Williams, G et Pat, W. 1994.**In Watch out for late blight on potatoes. *HortIdeas*. August. 95 p.
- Williams, G et Pat , W. 1994.** In Still more on late blight of potatoes. *HortIdeas*. October. 111p.
- www.rennes.inra.fr .

Annexes

Annexe 1 : Temps d'incubation.

Variétés Isolats	Bintje	Spunta	Désirée	Sarpo Mira
P ina	4	4	4,75	6,25
Rp	4,12	4,12	4	5
V6	4	4,12	4,25	7
Z18	5	4,12	4,5	5,5
Sar	4	4,12	5,5	6,875

Annexe 2 : Temps de latence.

Variétés Isolats	Bintje	Spunta	Désirée	Sarpo Mira
P ina	5,937	6,312	5	8
Rp	5	5	5,12	5
V6	5,125	5	5,375	8
Z18	5,125	5,375	5	6,87
Sar	5,125	5,375	5	7,625

Annexe 3 : Taille des lésions.

Variétés Isolats	Bintje	Spunta	Désirée	Sarpo Mira
P ina	727,40	443,72	745,26	59,76
Rp	497,61	620,54	745,26	183,9
V6	830,13	656,55	1307,51	0
Z18	293,87	316,94	814,44	299,28
Sar	269,84	288,39	434,7	42,684

Annexe 4 : Intensité de sporulation.

Variétés Isolats	Bintje	Spunta	Désirée	Sarpo Mira
P ina	5,75	5,75	5,87	0
Rp	4,87	12,25	8,75	8,75
V6	2,37	4,87	2,5	0
Z18	9,5	9,25	3,25	1,25
Sar	5,12	8,37	5,87	0,62

Annexe 5 : Proportions des nécroses au niveau des tubercules.

Variétés Isolats	Bintje	Spunta	Désirée	Sarpo Mira
P ina	45,83	54,16	34,16	29,16
Rp	59,16	75,83	57,5	60,83
V6	63,33	66,66	25,83	22,5
Z18	69,16	79,16	35	32,5
Sar	36,66	74,16	50	50,83

Annexe 6 : Valeur de l'AUDPC de la proportion des nécroses au niveau des tubercules.

Variétés Isolats	Bintje	Spunta	Désirée	Sarpo Mira
P ina	242,5	320	185,83	175,83
Rp	291,66	381,66	282,5	320,83
V6	272,5	283,33	74,16	42,5
Z18	237,5	442,5	136,66	89,16
Sar	185	418,33	215	196,66