

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة الحراش – الجزائر

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE EL-HARRACH – ALGER

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Magister en Agronomie

Option: Biologie et génétique de l'interaction plante hôte/pathogène en protection
des cultures

THEME

**Recherche sur *Rhizoctonia solani* J.G.Kühn, agent du rhizoctone brun
de la pomme de terre: caractérisation morphologique, identification
des groupes d'anastomose et comportement variétal.**

Présenté par:

Melle MIDOUNE amel

Devant le jury composé de :

Président: Mme LOUANCHI M.

Maitre conférences à l'ENSA d'Alger

Promoteur : M BOUZENAD Z.

Professeur à l'ENSA d'Alger

Examinatrice : Melle BOURAGHDA H.

Maitre conférences à l'ENSA d'Alger

Examineur : M KEDAD A.

Chargé de cours à l'ENSA d'Alger

Année universitaire 2014/2015

Dédicace

Je dédie ce travail à toutes les personnes qui sont chères à mon cœur, notamment mes parents qui ont beaucoup sacrifié de leur temps, de leur santé et de leur confort pour que j'arrive là où je suis aujourd'hui. Je le dédie à l'âme de ma chère grand-mère que j'ai perdue il y a une année, que Dieu le Tout Puissant lui accorde sa sainte miséricorde et l'accueille en son vaste paradis.

Remerciements

Ce mémoire est le fruit de trois années de travail pratique et théorique. Je remercie Dieu de m'avoir accordé la force et la volonté pour le mener à bien malgré les multiples contraintes et obstacles rencontrés.

Je remercie Monsieur BOUZNAD Zouaoui, professeur à l'ENSA d'El Harrach, d'avoir accepté de diriger ce travail et d'avoir été disponible durant toute la période d'expérimentation et de la rédaction de ce document, et ce malgré ses diverses occupations.

Mes vifs remerciements s'adressent à Monsieur KEDDAD Abdelaziz, chargé de cours à l'ENSA d'El Harrach, qui a suivi ce travail avec beaucoup d'intérêt et consacré un temps précieux à la correction du présent document. Qu'il trouve ici le témoignage de ma gratitude et de mon profond respect.

Mes remerciements vont aussi à Madame LOUANCHI Meriem, maître de conférences à l'ENSA d'El Harrach, pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant de lire ce mémoire et de présider le jury de ma soutenance.

Je tiens à remercier Madame BOUREGHDA Houda, maître de conférences à l'ENSA d'El Harrach, d'avoir bien voulu faire partie du jury afin d'examiner et de juger ce travail. Je suis sûre que ses critiques constructives me permettront d'apporter la touche finale à mon document.

Il serait injuste de ma part de passer sous silence mes amis de l'ENSA: Hind, Lyes, Hayet, Fayza, Amina, Imen et Tahirine, et de l'USDB: Nardjes et Linda, qui m'ont prêté main forte et ouvert le cœur dans mes moments les plus difficiles.

Il me reste l'agréable devoir de remercier les membres de ma famille au dépens desquels j'ai fait mes études : mon cher père pour son soutien et sa compréhension, ma chère mère pour sa patience et ses prières, mon cher frère Sid Ahmed et mon adorable sœur Leila qui m'ont apporté tout l'amour et l'aide dont j'avais besoin pour mener à bien mes études. Un grand merci va aussi à mes cousines pour le soutien dont elles ont fait preuve.

Enfin, je remercie Abdenour pour avoir été là à mes côtés tout simplement au quotidien et m'avoir écoutée, supportée et aidée à relever tous les défis.

Résumé

Le présent travail rapporte les résultats d'une étude de rhizoctone brun de la pomme de terre, qui constitue l'une des pathologies les plus nuisibles à cette culture à travers le monde. Cette étude est réalisée en trois principales étapes. d'abord la caractérisation morphologique de trente sept isolats algériens de *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn issus de tubercules de pomme de terre provenant de différentes régions du pays, ainsi que l'identification des groupes d'anastomose auxquels ils appartiennent en les confrontant avec des isolats testeurs appartenant aux groupes d'anastomose AG-2-1, AG-4, AG-4-II, AG-11, AG-9 et AG-3. En suite l'évaluation du pouvoir pathogène de ces isolats vis-à-vis de la variété de pomme de terre Désirée et en fin l'étude du comportement de neuf variétés de pomme de terre cultivées en Algérie à l'égard de l'isolat le plus agressif de la collection d'isolats algériens.

La caractérisation morphologique des isolats étudiés, a démontré qu'ils appartiennent tous à l'espèce *R. solani*. La confrontation de ces isolats avec les isolats testeurs a révélé leur appartenance au groupe d'anastomose AG-3. En outre, les résultats du test de pathogénicité ont prouvé la virulence de 100 % des isolats vis-à-vis de la variété Désirée, et ce avec différents degrés d'agressivité. Par ailleurs, aucune des variétés de pomme de terre étudiées ne s'est montrée totalement résistante à l'isolat de *R. solani*. Ces variétés ont été classées par rapport à la réduction du rendement en variétés tolérantes (Bartina, Fabula, et Ultra), moyennement tolérantes (Sarpomira, Lesita et Kondor) et sensibles (Désirée, Timote et Diamant).

Mots clés: Rhizoctone brun, *Rhizoctonia solani*, caractérisation morphologique, groupe d'anastomose, virulence, agressivité, comportement variétal.

Abstract

This thesis describes the results of a survey of black scurf of potato, which is one of the most harmful diseases of that crop throughout the world. This study was carried out in three main steps: first of all a morphologic characterization of thirty seven Algerian isolates stemmed from potato tubers collected from different areas of the country, and the identification of the anastomosis groups they belong by confronting them with testers of AG-2-1, AG-4, AG-4-II, AG-11, AG-9 and AG-3. The second step was the assessment of the pathogenicity of these isolates against the variety of potato Désirée and finally a study of the behaviour of nine varieties of potato grown in Algeria in respect of the most aggressive isolate of the studied collection.

The morphologic characterization of the isolates proves that they are part of the species *R. solani*. The confrontation of the Algerian isolates with the testers revealed their belonging to the anastomosis group AG-3. Furthermore, the results of the test of pathogenicity reveal the aggressiveness of 100 % of the Algerian isolates against the variety Désirée. Moreover, none of the varieties tested in this study were entirely resistant to the attack of the isolate of According to the yield reduction these varieties are classified into tolerant (Bartina, Fabula, and Ultra) intermediately tolerant (Sarpò Mira, Lesita and Kondor) and sensitive (Désirée, Timate and Diamant).

Keywords: black scurf, *Rhizoctonia solani*, morphologic characterization , anastomosis group, virulence, aggressiveness, genotype behaviour.

ملخص

هذا العمل يقدم نتائج دراسة لمرض القشرة السوداء الذي يصيب البطاطا، و الذي يعد واحد من أكثر الأمراض الضارة بهذا المحصول بجميع أنحاء العالم. أجريت هذه الدراسة في ثلاث مراحل: أولا تحديد الخصائص المورفولوجية لـ 37 عزلة جزائرية من فطر *Rhizoctonia solani* J.G.kühn التي عزلناها من درنات البطاطا المجموعة من مناطق مختلفة من البلاد، كما قمنا بتحديد المجموعات التشابكية التي تنتمي إليها هذه العزلات وذلك بمواجهتها مع العزلات التفريقية المنتمية للمجموعات التشابكية AG-2-1، AG-4، AG-4-II، AG-11، AG-9، وAG-3. في المرحلة الثانية أجرينا اختبار القدرة الامراضية لجميع العزلات وذلك باستعمال الصنف ديزيري. وأخيرا درسنا مقاومة تسعة أصناف بطاطا مزروعة في الجزائر لمرض القشرة السوداء وذلك بعد اعداءها بالعزلة الأشد عدوانية بين العزلات المدروسة.

وفقا للخصائص المورفولوجية للعزلات تبين أنها تنتمي جميعا لفطر *R.solani*. من جهة أخرى تبين أن كل العزلات المدروسة تنتمي إلى المجموعة التشابكية AG-3. كما أظهرت نتائج اختبار القدرة الامراضية أن جميع العزلات كانت ذات قدرة امراضية على الصنف ديزيري. بالنسبة لمقاومة الأصناف المزروعة في الجزائر لمرض القشرة السوداء فقد تبين أن كل الأصناف المدروسة قابلة للإصابة بهذا المرض و بنسب متفاوتة، حيث كانت الأصناف بارتينا، فابولا، واو لترا أكثر تحملا للإصابة بهذا المرض بالمقارنة مع الأصناف صاربوميرا، ليزيتا وكوندور، بينما تميزت الاصناف ديزيري تيمات وديامون بحساسية للإصابة.

كلمات مفتاحية: *Rhizoctonia solani*، خصائص المورفولوجية، مجموعة تشابكيه، قدرة الامراضية، عدوانية، مقاومة الأصناف.

LISTE DES ABREVIATIONS

ADN : Acide Désoxyribonucléique
ADNr ITS: Internal Transcribed Spacer of Ribosomal DNA
AG : Anastomosis Group
AG-3PT : Groupe D'anastomose 3 Associés à La Pomme De Terre
AG-3TB : Groupe D'anastomose 3 Associés au Tabac
CIP : Centre International De Pomme De Terre
CM : Carré Moyen
ddl :Degré de Liberté
ENSA: Ecole Nationale Supérieure D'agronomie
F : Valeur du Rapport Fde Fesher
F2 :Deuxième Génération
FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations
ICT : Indice de Chancre des Tiges
ICS : Indice de Chancre des Stolons
ISG: Intra Specific Group
ITS1: Internal Transcribed Spacer 1
ITS2: Internal Transcribed Spacer 2
LSD: Least Signifiant Difference
MADR : Ministère de l'Agriculture et du développement Rural
P : Probabilité
PCR : Polymerase Chain Reaction
PDA: **Potato** Dextrose Agar
PLRV: **Potato** Leaf Roll Virus
PVE: Potato Virus E
PVX: Potato Virus X
PVY: Potato Virus Y
RAPD: Random Amplified Polymorphic DNA
RFLP : Restriction Fragment Length Polymorphism
SC: Somme des Carrés des Ecart
UP-PCR : PCR avec des amorces universelles
USA : Etats Unis d'Amérique
VCP : Population de Compatibilité Végétative
WA : Water Agar

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU I	Evolution de la production annuelle durant la période 2009-2013 dans les 10 premiers pays producteurs de pomme de terre(http://faostat.org).....	5
TABLEAU II	Evolution des superficies durant la période 2009-2013 dans les 10 premiers pays producteurs de pomme de terre (http://faostat.org)	5
TABLEAU III	Evolution des superficies, de la production et des rendements de la pomme de terre en Algérie durant la période 2003-2013.....	6
TABLEAU IV	Les principales maladies de la pomme de terre et leurs agents causaux.....	10
TABLEAU V	Désignation, année d'isolement, variétés et origines des isolats de <i>R. solani</i>	21
TABLEAU VI	Différentes catégories d'interaction entre les isolats algériens et les Isolats testeurs	35
TABLEAU VII	Détermination des groupes d'anastomose des isolats algériens par les techniques de Bolkan et <i>al.</i> (1985) et de Macnish et <i>al.</i> (1997).....	37
TABLEAU VIII	Analyse de la variance des indices de chancre des tiges pour le facteur isolats au seuil de 5%.....	40
TABLEAU IX	Moyennes des pourcentages de l'indice du chancre des tiges (ICT) et classement des isolats selon le test LSD au seuil de 5%.....	41
TABLEAU X	Analyse de la variance du chancre des tiges pour les facteurs variétés et blocs	42
TABLEAU XI	Classement selon le test LSD de la moyenne des pourcentages des indices du chancre des tiges sous l'influence du facteur variété.....	44
TABLEAU XII	Analyse de la variance du chancre des stolons pour les facteurs variétés et blocs	45
TABLEAU XIII	Classement selon le test LSD à 5% des indices du chancre des stolons (ICS) pour le facteur variétés	45
TABLEAU XIV	Analyse de la variance de l'indice du rhizoctone brun	46
TABLEAU XV	Classement selon le test LSD à 5% des indices du rhizoctone brun (IRB) pour le facteur variétés	47
TABLEAU XVI	Analyse de la variance de la réduction du rendement sous l'influence des facteurs variétés et blocs	47
TABLEAU XVII	Classement des pourcentages moyens de réduction du rendement par le test LSD à un seuil de 5% sous l'effet du facteur variétés.....	48
TABLEAU XVIII	Analyse de la variance du calibre des tubercules sous l'effet des facteurs variététraitements, interaction variétéS/raitements et blocs	49
TABLEAU XIX	Classement des pourcentages moyens des indices de calibres des tubercules (ICTb) selon le test LSD à 5% et sous l'effet du facteur traitements	49
TABLEAU XX	Classement des pourcentages moyens des indices de calibres des tubercules (ICTb) selon le test LSD à 5% et sous l'effet du facteur variétés	50
TABLEAU XXI	Classement des calibres moyens des tubercules selon le test LSD à 5% et sous l'effet de l'interaction des deux facteurs étudiés variétés/traitements.....	52

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Cycle végétatif de la pomme de terre.....	8
Figure 2	Caractéristiques morphologiques de <i>R. solani</i>	12
Figure 3	Symptomatologie du chancre des tiges et du rhizoctone brun de la pomme de terre.....	16
Figure 4	Cycle biologique des affections causées par <i>R. solani</i> (<i>Thanatephorus cucumeris</i>) sur la pomme de terre	17
Figure 5	Identification des groupes d'anastomose suivant la technique de Bolkan et al.,(1985).	24
Figure 6	Quelques interactions entre les hyphes de <i>R. solani</i> et d'un testeur	24
Figure 7	Interaction entre les colonies de <i>R. solani</i> et du testeur	25
Figure 8	Dispositif expérimental en blocs aléatoires complets à trois répétitions	27
Figure 9	Caractéristiques morphologiques de <i>R. solani</i>	32
Figure 10	Différentes catégories d'interactions entre les isolats étudiés et les testeurs.....	34
Figure 11	Types d'interactions entre les isolats étudiés et l'isolat testeur AG-3	36
Figure 12	Différents degrés du chancre des tiges obtenus lors du test de pathogénicité	39
Figure 13	Classements des isolats en fonction des moyennes des pourcentages de l'indice du chancre des tiges selon le test LSD au seuil de 5%	42
Figure 14	Symptômes du chancre des tiges (flèches) sur quelques variétés de pomme de terre	43
Figure 15	Classement des variétés selon l'indice de chancre des tiges (ICT)	44
Figure 16	Classement des variétés selon l'indice de chancre des stolons (ICS).....	46
Figure 17	Classement des variétés selon l'indice de rhizoctone brun (IRB).....	47
Figure 18	Classement des variétés selon l'indice de réduction du rendement (IRR)	48
Figure 19	Variabilité du calibre des tubercules fils des différentes variétés.....	51
Figure 20	Classement des variétés selon l'indice du calibre des tubercules (ICTb).....	52

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	1
2. ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE	4
2.1. IMPORTANCE DE LA POMME DE TERRE DANS LE MONDE ET EN ALGERIE.....	4
2.1.1. Importance de la pomme de terre dans le monde	4
2.1.2. Importance de la pomme de terre en Algérie	4
2.2. CARACTÉRISTIQUES TAXONOMIQUES, MORPHOLOGIQUES ET BIOLOGIQUES DE LA POMME DE TERRE.	4
2.2.1. Position taxonomique de la pomme de terre	4
2.2.2. Caractéristiques morphologiques et cycle végétatif de la pomme de terre	7
2.2.2.1. Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre	7
2.2.2.2. Cycle végétatif de la pomme de terre	7
2.3. EXIGENCES DE LA CULTURE DE POMME DE TERRE	9
2.4. LES CONTRAINTES BIOTIQUES ET ABIOTIQUES DE LA CULTURE DE POMME DE TERRE.....	9
2.5. <i>RHIZOCTONIA SOLANI</i> ET LES GROUPES D'ANASTOMOSE.....	11
2.5.1. Caractéristiques taxonomiques et morphologiques de <i>R. solani</i>	11
2.5.2. Les groupes d'anastomose de <i>R. solani</i>	11
2.5.2.1. Les différents groupes d'anastomose de <i>R. solani</i>	13
2.5.2.2. Méthodes d'identification des groupes d'anastomose	13
2.5.2.3. Les groupes d'anastomose de <i>R. solani</i> affectant la pomme de terre.....	13
2.6. L'AGENT CAUSAL DU RHIZOCTONE BRUN ET DU CHANCRE DES TIGES DE LA POMME DE TERRE.....	14
2.6.1. Symptomatologie des affections causées par <i>R. solani</i> sur la pomme de terre	14
2.6.2. Cycle biologique et épidémiologie des affections de la pomme de terre causées par <i>R.solani</i>	15
2.7. LA STRATEGIE DE LUTTE CONTRE LES AFFECTIONS CAUSEES PAR <i>R.SOLANI</i> SUR LA POMME DE TERRE	15
3. MATERIEL ET METHODES	20
3.1. MATERIEL.....	20
3.1.1. Matériel végétale	20
3.1.2. Matériel fongique.....	20
3.2. METHODES	20
3.2.1. Isolement, purification et conservation des isolats.....	20
3.2.1.1. Isolement	20
3.2.1.2. Purification des isolats	22

3.2.1.3. Conservation des isolats.....	22
3.2.2. Identification des isolats et détermination des groupes d'anastomose.....	22
3.2.2.1. Identification morphologique des isolats.....	22
3.2.2.2. Détermination des groupes d'anastomose	22
3.2.3. Pouvoir pathogène	25
3.2.3.1. Technique d'inoculation	25
3.2.3.2. Dispositif expérimental.....	26
3.2.3.3. Conduite de l'essai.....	26
3.2.3.4. Système de notation	26
3.2.4. Comportement variétal.....	26
3.2.4.1. Technique d'inoculation	26
3.2.4.2. Dispositif expérimental.....	26
3.2.4.3. Conduite de l'essai.....	28
3.2.4.4. Evaluation du comportement variétal.....	28
3.2.5. Analyse statistique	30
4. RESULTATS ET DISCUSSION	31
4.1. Identification morphologique et détermination des groupes d'anastomose des isolats de <i>R.solani</i>	31
4.1.1. Identification morphologique des isolats	31
4.1.2. Détermination des groupes d'anastomose	31
4.1.2.1. Les différentes interactions des isolats algériens avec les testeurs	31
4.1.2.2. Confirmation de l'appartenance des isolats algériens au groupe d'anastomose AG-3	33
4.2. Etude du pouvoir pathogène et du comportement variétal	38
4.2.1. Pouvoir pathogène des isolats.....	38
4.2.2. Comportement variétal.....	42
4.2.2.1. Sévérité du chancre des tiges.....	42
4.2.2.2. Sévérité du chancre des stolons.....	45
4.2.2.3. La sévérité du rhizoctone brun.....	46
4.2.2.4. Réduction du rendement.....	47
4.2.2.5. Calibre des tubercules produits	49
4.2.3. Discussion	53
5. CONCLUSION GENERALE	56
6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.	59

INTRODUCTION

1. INTRODUCTION

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) est liée à l'histoire de plusieurs peuples. Les Incas vénéraient cette plante et la cultivaient depuis un âge très reculé. Lorsque le mildiou de la pomme de terre a ravagé cette culture en Irlande, les habitants de cette île ont été réduits à l'exil ou à la mort. Le tubercule de pomme de terre s'est heurté durant plusieurs siècles à de nombreux préjugés. Dès son introduction dans l'ancien monde, sa consommation a été réservée aux pauvres et aux soldats et méprisée par les nantis. Suspectée par les institutions, la pomme de terre a été défendue par des passionnés comme Antoine-Augustin Parmentier (1737–1813). Ce n'est qu'une fois que la valeur alimentaire du tubercule a été reconnue et que sa consommation a été adoptée par les européens que celui-ci est devenu un aliment pratiquement incontournable (Bourget, 1998; Reust et al., 2008). Actuellement, l'espèce *S. tuberosum* L. est cultivée dans plus de 125 pays à travers le monde et consommée quotidiennement par plus d'un milliard de personnes. De même, des centaines de millions de personnes dans les pays en voie de développement dépendent d'elle pour leur survie (Lutaladio et al., 2009).

En Algérie, la pomme de terre occupe une grande place dans le secteur agricole où les surfaces réservées à sa culture sont les plus importantes par rapport au reste des cultures maraichères, avec environ 162 707 ha en 2013 fournissant une production de 4 928 028 tonnes (MADR, 2013 ; <http://faostat.fao.org>).

Diverses contraintes interfèrent avec la culture de pomme de terre. Cette dernière est sujette à des contraintes abiotiques (températures basses ou élevées, manque d'oxygène, déficiences minérales, salinité, phytotoxicité, ... etc) et biotiques (maladies et ravageurs) (Hooker, 1981; CIP, 1990). Les maladies inféodées à cette espèce sont dues à des bactéries, des virus, des viroïdes, des phytoplasmes et des champignons. Ces maladies peuvent apparaître au cours de la végétation et/ou sur les tubercules en conservation augmentant ainsi les pertes occasionnées. (Rousselle et al., 1996). Parmi les agents biotiques de la culture de la pomme de terre, on peut signaler *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn. Celui-ci peut induire durant les premiers stades de développement de la pomme de terre des chancres au niveau des tiges et des stolons (chancre du collet) et la formation de sclérotés sur les tubercules (rhizoctone brun) en fin de son cycle végétatif. Les chancres des tiges et des stolons entraînent la formation de tubercules souvent déformés et de petit calibre. Les pertes occasionnées par ces deux affections (chancre du collet et rhizoctone brun) ne sont pas seulement d'ordre qualitatif mais peuvent réduire les rendements. C'est ainsi que des pertes directes allant jusqu'à 30 % de la récolte ont été rapportées (Woodhall, 2011).

R. solani est un champignon se développant sous différentes conditions climatiques et édaphiques. Plusieurs facteurs comme, par exemple, la température, la fertilité ainsi que le pH et la texture du sol influencent l'initiation et le développement du rhizoctone brun de la pomme de terre (Anderson, 1982; Otten et al., 2001). Ce champignon est associé à de nombreuses espèces végétales tant cultivées que spontanées (Keijer, 1996; Keijer et al., 1997; Leach et al., 1993). De ce fait, il est difficile de contrôler les affections causées par ce champignon. Plusieurs méthodes de lutte culturale, chimique, physique et biologique ont été préconisées pour contrôler le chancre des tiges et le rhizoctone brun (Wharton et al., 2007). Cependant, l'utilisation de variétés résistantes constitue le moyen de lutte le plus durable et le plus respectueux de l'environnement (Khandaker et al., 2011).

Les souches de *R. solani* ont été assignées à 13 groupes d'anastomose (AG). Ces derniers ont été subdivisées, à leur tour, en sous groupes selon leur morphologie, leur spécificité et leur différences génétiques. Ces groupes d'anastomose ont été considérés par Cubeta et Vilgalys (1997) comme des unités évolutives indépendantes à l'intérieur de l'espèce *R. solani*. Certains groupes d'anastomose comme AG-3PT, AG-2, AG-4, AG-5 et l'AG-9 sont inféodés à la pomme de terre (Carling et Leiner, 1986; 1990; Anquiz et Martin, 1989; Carling et al., 1987, 1998)

En Algérie, très peu d'études concernant le *R. solani* de la pomme de terre ont été réalisées. Jusqu'à présent, seules des études sur l'efficacité de certains fongicides [Celest® (fludioxonil), Servus manco® (mancozèbe), Dividend® (difénoconazole) et Celest extra 050 FS® (difénoconazole + fludioxonil)] à l'égard du *R. solani* ont été effectués (Zekhroufa, 2010; Meksoud et Ramdani, 2013). Des études d'efficacité *in vitro* et *in vivo* utilisant des espèces de *Trichoderma* (*T. atroviride* P. Karst. et *T. longibrachiatum* Rifai) antagonistes de *R. solani* ont été également réalisées (Meksoud et Ramdani, 2013). Les études concernant la caractérisation des groupes d'anastomose des souches algériennes de *R. solani* ainsi que leurs exigences biologiques et leur comportement à l'égard des variétés de pomme de terre cultivées en Algérie n'ont pas encore fait l'objet de recherches.

C'est dans ce contexte que nous avons, dans une première phase, réalisé une caractérisation morphologique d'une collection d'isolats algériens de *R. solani*. Les groupes d'anastomose auxquels appartiennent ces isolats ont été ensuite identifiés par le biais d'une confrontation *in vitro* avec des testeurs. Dans une deuxième phase, nous avons essayé d'évaluer le pouvoir pathogène de ces isolats à l'égard d'une variété sensible (Désiré). Enfin, dans une troisième phase, nous avons étudié le comportement de neuf variétés de pomme de terre (Désirée, Bartina, Timate, Diamant, Sarpo-Mira, Kondor, Fabula, Ultra, Lesita) à l'égard de l'isolat qui s'est montré le plus agressif de la collection des souches de *R. solani*.

ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

2. ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

L'espèce *Solanum tuberosum* L. est originaire des hauts plateaux des Andes péruviennes et boliviennes où les incas connurent ce tubercule depuis plus de 10 000 ans sous le nom de "papa" (Stevenson et al., 2001). Le Pérou, la Bolivie, l'Equateur et le Mexique représentent les centres de biodiversité dont les altitudes se situent entre 0 et 4 000 m (Rousselle et al., 1996). La pomme de terre a été d'abord introduite en Espagne vers les années 1570 par les conquistadors à leur retour du nouveau monde, puis très peu de temps après dans les îles Britanniques (Brown, 1993). A partir de l'Espagne, elle gagne timidement l'Italie et les états pontificaux, puis le sud de la France et l'Allemagne. Ce n'est que vers les XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècle que sa culture et sa consommation se développent malgré les préjugés et les superstitions qui lui sont attachés. À la fin du XX^{ème} siècle, la pomme de terre conquiert la planète entière. Les qualités de la pomme de terre ne furent reconnues en France que vers le XVIII^{ème} siècle grâce à la ténacité et l'ingéniosité d'Antoine-Augustin Parmentier (1737–1813).

2.1. IMPORTANCE DE LA POMME DE TERRE DANS LE MONDE ET EN ALGERIE: La pomme de terre est la plante à tubercule la plus importante des régions tempérées (Nyabyenda, 2005). Au niveau mondial, elle représente la troisième culture vivrière après le riz et le blé. En ce qui concerne la consommation humaine, elle est considérée comme l'un des aliments de base les plus nutritifs (Anonyme, 2008). Au cours de ces deux dernières décennies, sa production a augmenté d'une manière importante dans les pays en voie de développement et a actuellement dépassé celle des pays développés (Birch et al., 2012).

2.1.1. Importance de la pomme de terre dans le monde: Dès le début des années 90, la production de la pomme de terre a connu une hausse dans les pays en voie développement qui assurent plus de la moitié de la production mondiale. En 2013, la Chine avec une production de 95 941 500 tonnes représente dans le monde le premier pays producteur de pomme de terre devant l'Inde et la fédération de Russie qui ont une production respective de 34 390 900 et de 30 199 126 tonnes (Tableau I).

Les superficies consacrées à la culture de pomme de terre ont connu une augmentation, notamment en Chine où elles sont passées de 5 085 810 ha en 2009 à 5 614 600 ha en 2013 avec une augmentation de 9,42 %. En Inde, les surfaces emblavées par cette culture sont passées de 1 828 300 ha en 2009 à 1 992 200 en 2013 avec une augmentation de 8,96%. Dans la Fédéra-

tion de Russie, on remarque une diminution des superficies de l'ordre de 4,33 % entre 2009 et 2013. (Tableau II).

2.1.2. Importance de la pomme de terre en Algérie: Etant donné que la pomme de terre représente en Algérie un produit de base et de grande consommation pour le citoyen algérien (60 kg habitant/an), le développement de cette filière constitue l'un des programmes prioritaires de la politique de renouveau de l'économie agricole et rural (Nouad, 2008). Au cours de ces dix dernières années, la production de pomme de terre est passée de 1 879 918 tonnes en 2003 à 4 928 028 tonnes en 2013 (Tableau III). Les surfaces réservées à cette culture sont les plus importantes par rapport au reste des cultures maraichères (MADR, 2013). Elles sont passées respectivement de 88 660 ha en 2003 à 162 707 en 2013, alors que les rendements sont passés de 212,036 Qx/ha à 4 928 028 Qx/ha en 2013 (Tableau III).

En Algérie, les cultures de pomme de terre sont localisées sur le littoral, le sublittoral, l'atlas tellien, les hautes plaines ainsi que dans la région d'El Oued. Les cultures primeurs sont localisées à Boumerdes, Tipaza, Skikda, Alger, Mostaganem et Tlemcen, celles de saison à Ain Defla, Mascara, Mila, Souk Ahras, Boumerdes, Mostaganem, Sétif, Tizi ousou, Tiaret, Tlemcen, Batna, Chlef, Bouira et El Oued, enfin celles d'arrière saison à Ain Defla, Mascara, Guelma, Chlef, El oued, Tlemcen, Mostaganem et Djelfa (ITCMI, 2010). Les cultures de saison sont les plus importantes en matière de surfaces emblavées (67 800 ha) suivies par celles d'arrière saison (50 000 ha) puis par celles de primeurs dont la surface est très réduite (4 500 ha) (Amrar, 2013).

2.2. CARACTÉRISTIQUES TAXONOMIQUES, MORPHOLOGIQUES ET BIOLOGIQUES DE LA POMME DE TERRE: La pomme de terre est une espèce dicotylédone herbacée (Cecile, 1993). C'est une plante vivace largement cultivée à travers le monde, le plus souvent en culture annuelle (Rossignol et Rousselle-Bourgeois, 1996).

2.2.1. Position taxonomique de la pomme de terre: La première description botanique de la pomme de terre a été donnée en 1596 par le botaniste bâlois Gaspard Bauhin qui l'a rapproché des *Solanum* et qui lui a attribué le nom de *Solanum tuberosum esculentum*. En 1753, Linné dans son *Species Plantarum* a repris ce nom et l'a abrégé en *Solanum tuberosum* selon la nomenclature binomiale. Cette espèce appartient à la famille des solanacées, au genre *Solanum* qui regroupe environ 2000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses et à la section *Petota* (Huaman, 1986; Hawkes, 1990; Rousselle et al., 1996). Parmi les huit espèces de la section *Petota* seule *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* est universellement cultivée (Huaman, 1986).

TABLEAU I Evolution de la production annuelle durant la période 2009-2013 dans les 10 premiers pays producteurs de pomme de terre (<http://faostat.org>).

PAYS	PRODUCTION DE POMME DE TERRE(en milliers de tonnes)				
	2009	2010	2011	2012	2013
Chine	73 281 890	81 594 184	88 350 220	85 920 000	95 941 500
Inde	34 390 900	36 577 300	42 339 400	45 000 000	34 390 900
Fédération de Russie	31 133 960	21 140 540	32 681 470	29 532 530	30 199 126
Ukraine	19 666 100	18 705 000	24 248 000	23 250 200	22 258 600
Etats Unis d'Amérique	19 622 475	18 337 537	19 488 460	9 165 865	19 843 919
Allemagne	11 617 500	10 201 900	11 800 000	10 665 600	9 669 700
Pologne	9 702 800	8 765 955	8 196 700	9 091 900	6 334 200
Bangladesh	5 268 000	7 930 000	8 326 389	9 740 000	8 603 000
Pays Bas	7 180 981	6 843 529	7 333 472	6 765 618	6 801 000
France	7 020 599	6 622 043	7 440 219	6 340 807	6 975 000

TABLEAU II Evolution des superficies durant la période 2009-2013 dans les 10 premiers pays producteurs de pomme de terre (<http://faosta.t.org>).

PAYS	SUPERFICIES CULTIVEES EN POMME DE TERRE(en ha)				
	2009	2010	2011	2012	2013
Chine	5 085 810	5 205 060	5 424 010	5 531 950	5 614 600
Inde	2 182 400	2 109 100	2 202 600	2 197 200	2 087 824
Fédération de Russie	1 828 300	1 835 300	1 863 200	1 907 000	1 992 200
Ukraine	1 411 800	1 411 900	1 443 000	444 100	391 625
Etats Unis d'Amérique	422 492	405 010	435 847	458 064	425 730
Allemagne	263 700	255 200	258 700	238 300	242 800
Pologne	507 952	490 853	400 500	373 000	337 200
Bangladesh	395 000	435 000	460 197	430 446	443 934
Pays Bas	154 971	156 969	159 233	149 770	155 800
France	159 315	157 082	158 643	154 229	160 700

TABLEAU III Evolution des superficies, de la production et des rendements de la pomme de terre en Algérie durant la période 2003-2013 (<http://faostat.org>).

ANNEES	SUPERFICIES (Ha)	PRODUCTION (tonnes)	RENDEMENT (Qx/Ha)
2003	88 660	1 879 918	212,036
2004	93 144	1 896 270	203 584
2005	99 717	2 156 550	216 267
2006	98 825	2 180 961	220 689
2007	79 339	1 506 859	189 926
2008	91 841	2 171 058	236 393
2009	105 121	2 636 057	250 764
2010	121 996	3 300 312	270 526
2011	131 903	3 862 194	292 805
2012	138 666	4 219 476	304 290
2013	162 707	4 928 028	302 877

2.2.2. Caractéristiques morphologiques et cycle végétatif de la pomme de terre: La morphologie de l'appareil aérien et souterrain de la pomme de terre varient selon le facteur variétal ainsi que selon les conditions climatiques et les techniques culturales (Rossignol et Rousselle Bourgeois, 1996).

2.2.2.1. Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre: L'appareil aérien de la pomme de terre est constitué par des tiges, des feuilles ainsi que des fleurs. Le nombre de tiges varie de 2 à 10 (Polese, 2006). Ces tiges sont semi-érigées et peuvent atteindre 50 cm de haut (Nyabyenda, 2005). Avec l'âge, le port de la plante devient plus ou moins étalé. Les feuilles sont alternes, composées, imparipennées et comportent 7 à 15 folioles latérales primaires, flanquées de folioles secondaires et de folioles intercalaires (Rousselle et *al.*, 1996). Les fleurs sont groupées en cyme (Nyabyenda, 2005). Ces fleurs donnent naissance à une baie sphérique renfermant généralement plusieurs dizaines de graines (Huamen, 1986; Polese, 2006).

L'appareil souterrain représente la partie la plus intéressante de la plante puisqu'on y trouve les tubercules qui confèrent à la pomme de terre sa valeur alimentaire, et qui représentent environ 75 à 85 % de la matière sèche totale de la plante (Rousselle et *al.*, 1996). Cet appareil comprend le tubercule mère desséché, les racines et les stolons. Ces derniers issus des bourgeons souterrains du germe donnent éventuellement naissance aux tubercules fils (Rousselle et *al.*, 1996). Les racines se forment à partir des nœuds souterrains, des stolons ou même des yeux des tubercules (Polese, 2006).

2.2.2.2. Cycle végétatif de la pomme de terre: Le cycle de végétatif de la pomme de terre comprend plusieurs phases. L'intervalle de temps qui sépare ces différentes phases dépend du génotype et de l'environnement (Struik, 2007). En partant du tubercule pré germé, le cycle de développement de la pomme de terre comprend six étapes suivantes: germination, levée, tubérisation, grossissement des tubercules, arrêt de la croissance et sénescence (Ellisseche, 1996; Soltner, 2005; Struik, 2007; Mappa, 2010) (Fig. 1)

– **Germination:** Durant cette phase, les germes issus du tubercule mère s'allongent lentement et se ramifient latéralement traduisant ainsi une perte progressive de la dominance apicale (Fig. 1A). Au cours de la germination, la plante est dépendante des réserves du tubercule mère.

– **Levée:** Les germes poursuivent leur croissance au-dessus du sol en devenant des tiges feuillées ce qui rend la plante autotrophe. Les bourgeons de ces dernières produisent des rameaux tandis que les bourgeons sous terrains donnent naissance à des stolons et à des racines (Fig. 1B).

– **Tubérisation**: La durée de cette phase varie selon la variété utilisée et les conditions environnementales. Durant cette phase, les stolons cessent de s’allonger et forment à leurs extrémités de petits renflements correspondant aux ébauches des tubercules (Fig. 1C).

– **Grossissement des tubercules**: Durant cette phase les cellules des tubercules augmentent de volume et accumulent dans leur cytoplasme de l’eau et des grains d’amidon. Au cours du grossissement des tubercules, la croissance aérienne de la plante diminue peu à peu (Fig. 1D).

– **Arrêt de la croissance**: Au cours de cette phase, les parties aériennes de la plante cessent de s’accroître alors que le grossissement des tubercules se poursuit (Fig. 1E).

– **Sénescence**: C’est la phase finale du cycle du développement de la pomme de terre. Elle se traduit par le jaunissement des feuilles qui s’étend du bas vers le haut, et qui est suivi par le dessèchement de la totalité de l’appareil aérien ainsi que l’achèvement du grossissement des tubercules. Ces derniers entrent en période de dormance (Fig. 1F). Ce n’est qu’après une évolution physiologique interne qu’ils peuvent germer, ce qui constitue le point de départ d’un nouveau cycle végétatif.

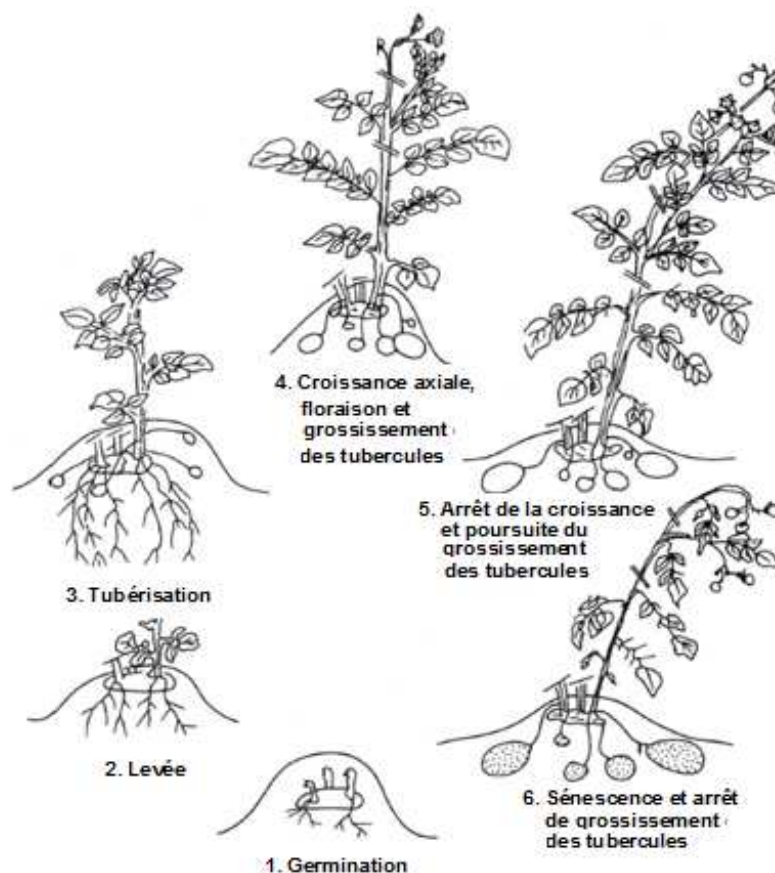


Figure 1 Cycle végétatif de la pomme de terre (D'après Ellissèche, 1996).

2.3. EXIGENCES DE LA CULTURE DE POMME DE TERRE: La pomme de terre préfère les sols limoneux argileux bien travaillé et ameubli en profondeur et dont le pH varie de 5,8 à 6,5 et la salinité de 1,9 à 3,2 g/l (Roussel et *al.*, 1996; ITCMI, 2010). Les préférences de la pomme de terre en matière de température varient en fonction du stade de développement. La croissance végétative est inhibée entre +5 et +7°C. La température optimale de la tubérisation se situe aux environs de +18°C. Les températures supérieures à +29°C inhibent la tubérisation et induisent la repousse de la plante (Roussel et *al.*, 1996). Les besoins en eau de la pomme de terre sont estimés entre 3 000 et 6 000 m³/ha (ITCMI, 2010). Cette culture exige également de grands apports de fertilisants à savoir l'azote, le phosphore et le potassium. (Roussel et *al.*, 1996).

2.4. LES CONTRAINTES BIOTIQUES ET ABIOTIQUES DE LA CULTURE DE POMME DE TERRE: Plusieurs contraintes d'ordre abiotique et biotique peuvent interférer avec la culture de la pomme de terre.

Les principales contraintes abiotiques sont: les températures basses ou élevées, le manque d'oxygène entraînant le cœur noir des tubercules, les carences minérales (notamment N, P, K), la salinité, la phytotoxicité, l'enroulement physiologique des feuilles, ... etc. (Surinder et Mukerji, 2004).

Les contraintes biotiques sont principalement dues aux ravageurs et aux maladies. Parmi les principaux ravageurs de la pomme de terre on peut citer: le doryphore (*Leptinotarsa decemlineata*), le taupin (*Agriotes* spp.), la teigne (*Phthorimae operculella*), les acariens (*Tetranychus urticae*), les trips (*Frankliniella* spp.) (CIP, 1990)

Plusieurs agents pathogènes sont inféodés à la pomme de terre (Tableau IV). Parmi ces agents, les virus de l'enroulement (PLRV), le virus X (PVX), le virus Y (PVY) qui causent des pertes économiquement importantes. Les bactéries provoquent des maladies importantes comme le flétrissement bactérien (*Ralstonia solanacearum*), la pourriture annulaire (*Clavibacter michiganensis* spp. *sepedonicus*) et la jambe noire (*Pectobacterium carotovorum*). Certains nématodes comme *Pratylenchus penetrans*, *Globodera* spp. et *Meloidogyne* spp. peuvent causer des perturbations au niveau des plants de pomme de terre tel le ralentissement de la croissance, la réduction de la taille des tubercules et la formation de galles racinaires (Strange, 2003; Vreugdenhil, 2007; Birch et *al.*, 2012; Fiers et *al.*, 2012). Parmi les maladies causées par les agents fongiques, on peut citer: le mildiou de la pomme de terre, l'alternariose, les taches foliaires à *Phoma*, la pourriture sèche, la gale commune, les affections à *Rhizoctonia* et les flétrissements fusariens. Les affections à *Rhizoctonia* engendrent souvent des pertes significatives sur la quantité et la qualité de plusieurs plantes cultivées (Weinhold et *al.*, 1982 ; Banville, 1989).

TABLEAU IV Les principales maladies de la pomme de terre et leurs agents causaux (D'après CIP, 1979 ; Hooker, 1981 ; Oerke et *al.*, 1994; Rousselle et *al.*, 1996 ; Reckhaus, 1997 ; Gaucher, 1998 ; Soltner, 2005; Vreugdenhil, 2007; Platt, 2008).

MALADIES	AGENTS CAUSAUX
MALADIES FONGIQUES	
Alternariose	<i>Alternaria solani</i> Sorauer
Oïdium	<i>Golovinomyces cichoracearum</i> (DC.) V.P. Heluta
Pourriture sèche	<i>Fusarium</i> spp.
Gangrène	<i>Boeremia foveata</i> (Foister) Aveskamp, Gruyter & Verkley
Mildiou	<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary
Rhizoctone brun	<i>Rhizoctonia solani</i> J.G. Kühn
Galle poudreuse	<i>Spongospora subterranea</i> (Wallr.) Lagerh.
Galle verruqueuse	<i>Synchytrium endobioticum</i> (Schilb.) IPercival
MALADIES BACTERIENNES	
Jambe noire et pourriture molle	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. atrosepticum (van Hall 1902) Hauben et <i>al.</i> , 1999
Flétrissement bactérien	<i>Ralstonia solanacearum</i> (Smith 1896) Yabuuchi et <i>al.</i> , 1996
Pourriture annulaire	<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>sepedonicus</i> (Spiecker mann et Kotthoff 1914) Davis et <i>al.</i> , 1984
Gale commune	<i>Streptomyces scabiei</i> Lambert and Loria, 1989
MALADIES VIRALES	
Potato leafroll virus	PLRV
Potato virus Y et A	PVY ⁰ et PVA
Potato virus X	PVX-
Potato virus M	PVM
MALADIES CAUSEES PAR LES NEMATODES	
Nématode à kyste	<i>Globodera rostochiensis</i> (Wollenweber) Mulvey & Stone
Nématode à kyste	<i>Globodera pallida</i> (Stone) Mulvey & Stone
Nématode à galles	<i>Meloidogyne chitwoodi</i> Goldenet <i>al.</i> , 1980
Nématode à galles	<i>M. incognita</i> (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949
Nématode à galles	<i>M. javanica</i> (Treub, 1885) Chitwood, 1949
Nématodes des racines	<i>Pratylenchus penetrans</i> (Cobb, 1917)

2.5. RHIZOCTONIA SOLANI ET LES GROUPES D'ANASTOMOSE: *R. solani* a été décrit pour la première fois par Julius Kühn en 1858 (Anderson, 1982). Ce champignon constitue un complexe d'espèces comprenant des groupes génétiquement distincts, appelés groupes d'anastomose.

2.5.1. Caractéristiques taxonomiques et morphologiques de *R. solani*: L'anamorphe *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn dont le téléomorphe est *Thanatephorus cucumeris* (A.B. Frank) Donk est classé dans le groupe artificiel des *Fungi imperfecti* (= Deutéromycètes) où il est placé parmi les *Mycelia sterilia* ou Aganomycètes. La systématique du téléomorphe *T. cucumeris* est la suivante:

Règne : *Fungi*

Phylum *Basidiomycota*

Sous phylum *Agaricomycotina*

Classe *Agaricomycetes*

Ordre *Cantharellales*

Famille *Ceratobasidiaceae*

Genre *Thanatephorus* Donk

Espèce *Thanatephorus cucumeris* (A.B. Frank) Donk

Le téléomorphe (*T. cucumeris*) se caractérise par des hyphes de couleur marron d'un diamètre allant de 12 à 17 μm présentant souvent des basides cylindriques ayant quatre stérigmates portant chacun une basidiospore (12–20 x 8–12 μm et 8–13.5 x 5–7 μm) (Stalpers et Anderson, 1996).

L'anamorphe *R. solani* se caractérise par un mycélium dont les ramifications sont plus ou moins à angle droit. Chaque ramification présente une constriction à sa partie distale suivie par une cloison transversale (Fig. 2A). Les cloisons transversales sont pourvues d'un pore complexe ou dolipore. Les compartiments mycéliens sont plurinucléées (Fig. 2B) (Banville et al., 1996). En milieu de culture, les colonies de *R. solani* sont d'abord de couleur hyaline, puis avec l'âge, elles prennent une couleur marron et produisant des sclérotés de couleur marron ayant différentes dimensions et des cellules moniloïdes (Figs. 2C et D) (Ogoshi, 1987).

2.5.2. Les groupes d'anastomose de *R. solani*: Les groupes d'anastomose de *R. solani* ont été décrits pour la première fois par Matsumoto en 1936 (Anderson, 1982; Ogoshi, 1987; Sneh et al., 1991, 1996). Ces groupes d'anastomose ont été définis sur la base de la fréquence de leur

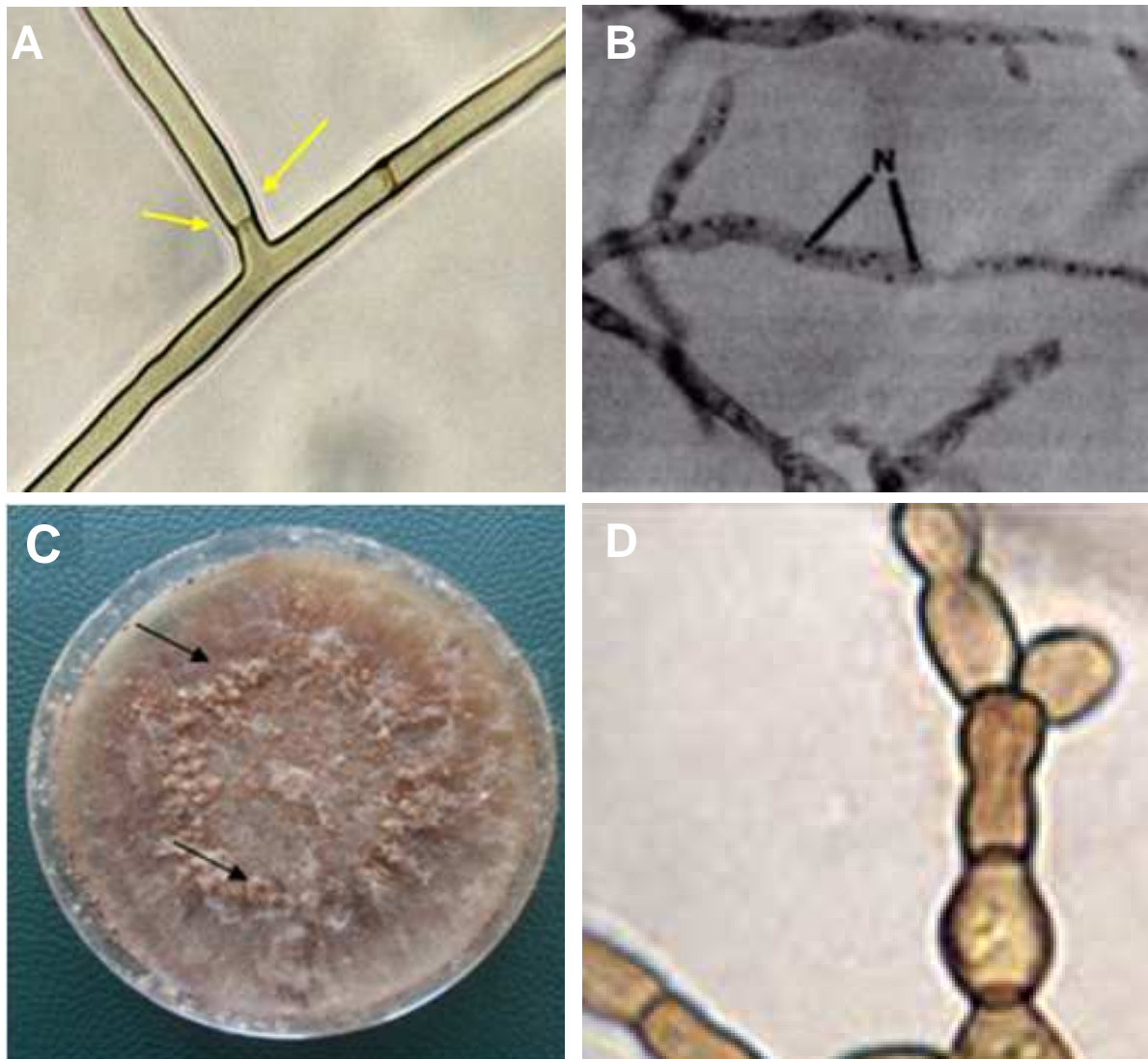


Figure 2 Caractéristiques morphologiques de *R. solani*. **A** : Mycélium cloisonné montrant une ramification selon un angle droit avec une constriction suivie par une cloison transversale (flèches). **B** : Compartiments mycéliens montrant plusieurs noyaux (Sneh et *al.*, 1991), **C** : Cultures âgées de couleur marron montrant des sclérotés. **D** : Cellules moniloïdes (Tredway et Burpee, 2001).

fusion hyphale. Quand deux différents isolats ayant des liens de parenté sont confrontés *in vitro*, leurs hyphes ont tendance à s'anastomoser (Carling et al. 1986).

2.5.2.1. Les différents groupes d'anastomose de *R. solani*: Les différentes interactions qui peuvent se produire entre les hyphes des différents isolats de *R. solani* ont été classées en quatre catégories (C0, C1, C2 et C3) selon l'échelle de Carling, (1996). Ces Interactions ont permis de distinguer les différents groupes d'anastomose. Actuellement, 13 groupes d'anastomose sont identifiés. Ces groupes désignés par l'abréviation AG (= "anastomosis groups") ont été numérotées de AG-1 à AG-13. Parmi ces groupes, AG-1, AG-2, AG-3 et AG-4 12 sont pathogènes sur diverses cultures. Les autres groupes AG-5, AG-6, AG-7 et AG-8, AG-9, AG-10 et AG-11 sont plus ou moins agressifs. Le groupe AG 12 comprend des isolats majoritairement mycorhiziens des orchidées (Carling et al., 1999, 2002). Les *Rhizoctonia* binucléées (BNR) constituent un 14^{ème} groupe vu leur aptitude à fusionner avec certains groupes d'anastomose. Certains de ces groupes d'anastomose sont subdivisés sur la base de la morphologie, de la gamme d'hôte, de la variabilité génétique, de la capacité d'assimilation de la thiamine et de la composition des acides gras en sous groupes (ISG) (Ogoshi, 1987; Vilgalys et Cubeta, 1994; Godoy-Lutz et al., 2008). Par ailleurs, on peut affecter les individus d'un même AG présentant des fusions complètes (C3) entre eux à des sous unités plus petites et plus homogènes appelées des populations de compatibilité végétative (VCP) constituées de clones (Sneh et al., 1996).

2.5.2.2. Méthodes d'identification des groupes d'anastomose: En plus de l'observation microscopique des interactions entre des hyphes des isolats, d'autres techniques d'identification des groupes d'anastomose ont été utilisées afin de les identifier. Parmi ces techniques, on peut citer la sérologie (Le Coz-gillet et Hingand, 1991), l'analyse des acides gras (Sharon et al., 2006) les zymogrames pectiques (Balali et Kowsari, 2004; Sharon et al., 2006; Balali et al. 2007) et l'électrophorèse des protéines totales (Mahmoud et al. 2007). Divers outils moléculaires ont été également utilisés pour identifier ces groupes d'anastomose. Parmi les techniques moléculaires on peut citer: l'hybridation ADN/ADN et (RFLP) (Gurkanli et al., 2009), la RAPD (Sharon et al., 2006), les ITS (Hsiang et Dean, 2001). En outre, plusieurs types PCR ont été développées pour identifier ces groupes d'anastomose comme dans la PCR associée à la RFLP des ITS de l'ADN ribosomal (Pannecoucq, et al., 2008), la PCR en temps réel (Budge et al., 2009 ; Woodhall et al., 2013), la UP-PCR (Lubeck et Poulsen, 2001). Une PCR spécifique et sensitive utilisant les amorces spécifiques Rs1F2 et Rs2R1 (conçues par rapport aux espaces inter géniques de l'ADN ribosomal ITS1 et ITS2 de *R. solani*) a été établie en vue de l'identification des isolats appartenant au groupe AG-3 (Lees et al. 2002).

2.5.2.3. Les groupes d'anastomose de *R. solani* affectant la pomme de terre: Les groupes

d'anastomose identifiés au niveau de la pomme de terre sont: l'AG-1, l'AG-2, l'AG-4, l'AG-5, l'AG-7, l'AG-8, l'AG-9 et l'AG-3. Ces groupes sont responsables de divers altérations sur les différents organes de la pomme de terre. Les groupes AG-1 et AG-2 provoquent des dommages mineurs sur les germes (Carling et Leiner, 1990). Le groupe AG-4 induit des dommages sur les germes, les stolons et les racines, (Anquiz et Martin, 1989). Les groupes AG-5 et AG-7 sont associés au chancre des tiges et des racines ainsi qu'à la production de sclérotés sur les tubercules (Carling et *al.*, 1998). Le groupe AG-8 affecte les racines notamment les racines principales, ce qui provoque un aspect fibreux du système racinaire dû au développement excessif des racines latérales. Le groupe AG-9 isolé de différents organes de la pomme de terre et du sol de cette culture est responsable de petites altérations sur les germes (Carling et *al.*, 1987).

Le groupe d'anastomose AG-3 est spécifique aux solanacées. Ce groupe comporte deux sous groupes AG-3PT et AG-3TB qui sont inféodées respectivement à la pomme de terre et au tabac. Ce groupe représente le principal responsable du rhizoctone dans la quasi-totalité des zones productrices de pomme de terre à travers le monde (Carling et Leiner, 1986; Balali et *al.*, 1995; Ceresini et *al.*, 2007; Lehtonen et *al.*, 2008; Woodhal et *al.*, 2013).

2.6. L'AGENT CAUSAL DU RHIZOCTONE BRUN ET DU CHANCRE DES TIGES DE LA POMME DE TERRE: Bien que répandu dans le sol des régions productrices de pomme de terre, ce champignon a une large gamme d'hôte et peut s'attaquer à de nombreux végétaux cultivés ou spontanés appartenant à diverses familles botaniques (*Solanaceae*, *Brassicaceae*, *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Chenopodiaceae*, *Poaceae*, ... etc.) (Roussel et *al.*, 1996). Sur la pomme de terre, il provoque chancre des tiges ("stem canker") et la formation de sclérotés sur les tubercules (rhizoctone brun ou "black scurf") (Carling et Leiner, 1986; Wharton et *al.*, 2007).

2.6.1. Symptomatologie des affections causées par *R. solani* sur la pomme de terre: Les premiers symptômes se manifestent sur les germes qui montrent des lésions de couleur marron-rougeâtre à noire et des taches incolores déprimées. Ces lésions provoquent le plus souvent la mort des extrémités des germes (Fig. 3A) (Banville, 1989, 1996). Les germes ainsi perdus seront compensés par la plante qui développe avant l'émergence, de nouveaux germes qui seront plus vulnérables aux attaques de *R. solani* (El Bakali et Martin, 2006). Ces attaques provoquent un retard de l'émergence des plants se traduisant par une levée irrégulière (Wharton et *al.*, 2007; Abd-Elsalam et *al.*, 2009). Plus tardivement, des chancres craquelés s'observent sur les tiges, les racines et les stolons (Fig. 3B). (Fox, 2006; Wharton et *al.*, 2007). Les plants attaqués sont rabougris et présentent des bouquets foliaires terminaux de coloration rougeâtre à violacée (Fig. 3C) (Gosselin et Boulet, 2009). Les feuilles des plants attaqués ont tendance à s'enrouler rappelant ainsi des attaques du virus de l'enroulement des feuilles (LRV) (Bekali et Martin, 2006; Wharton

et *al.*, 2007; Woodhall et *al.*, 2007). Etant donné la croissance en longueur défailante des stolons, il se forme de petits tubercules aériens au voisinage de la surface du sol (Fig. 3D) (Anderson, 1982; Banville, 1989).

Sous des conditions d'humidité élevée et de températures basses, il se développe le téléomorphe à la base de la tige juste à la limite du sol sous forme d'une pellicule blanche poudreuse constituée par l'hyménium (Fig. 3E). Les basidiospores se formant au niveau de cet hyménium peuvent servir de source d'infection secondaire (Banville, 1989; Gosselin et Boulet, 2009).

Par ailleurs, Le symptôme le plus caractéristique des affection de la pomme de terre par *R.solani* consiste en la formation de sclérotés sur la surface des tubercules fils (Banville et *al.*, 1996). Ces sclérotés de dimensions variables se présentent sous forme de taches plus ou moins grandes ou sous forme de nodules saillants fortement adhérents à la surface du tubercule (Fig. 3F) (Wharton et *al.*, 2007).

2.6.2. Cycle biologique et épidémiologie des affections de la pomme de terre causées par *R. solani*: Le cycle biologique des affections causées par *R. solani* est illustré par la figure 4. Une humidité élevée et des températures du sol de 15 et 18°C sont les conditions optimales à l'initiation des infections de *R. solani* (Werner, 2009). Les infections causées par *R.solani* sont initiées quand un hyphes issu de la germination d'un sclérote présent dans le sol ou sur les tubercules semences pénètre dans les tissus de l'hôte. Par la suite, il se développe à la surface du tubercule infecté un mycélium qui gagne d'abord les germes ensuite les racines et les premiers stolons (Jeger et *al.*, 1996). A la surface de ces organes, le mycélium développe une masse de cellules renflées appelée manchon, Cette structure sera à l'origine des lésions sur les germes, les tiges et les stolons (Hofman et Jongebloed, 1988; Keijer et *al.*, 1997). En fin de cycle végétatif de la pomme de terre, le champignon forme des sclérotés à la surface des tubercules (Banville et *al.*, 1996). Ces sclérotés qui peuvent se conserver au niveau du sol ou sur les tubercules se semence peuvent servir d'inoculum initial pour la saison suivante (Frank et Leach, 1980; Adams et *al.*, 1986). Lorsque les conditions sont favorables (humidité élevée et températures basses), le téléomorphe se développe à la base des tiges. Le rôle de celui-ci dans le développement de la maladie n'est pas très bien compris. Cependant, lorsqu'il est observé, les lésions deviennent plus importantes sur les organes souterrains (Gosselin et Boulet, 2009).

2.7. LA STRATEGIE DE LUTTE CONTRE LES AFFECTIONS CAUSEES PAR *R. SOLANI* SUR LA POMME DE TERRE: Le contrôle des affections causées par *R. solani* est difficile à cause d'une part de sa large gamme d'hôtes et d'une autre part de sa longue persistance sous

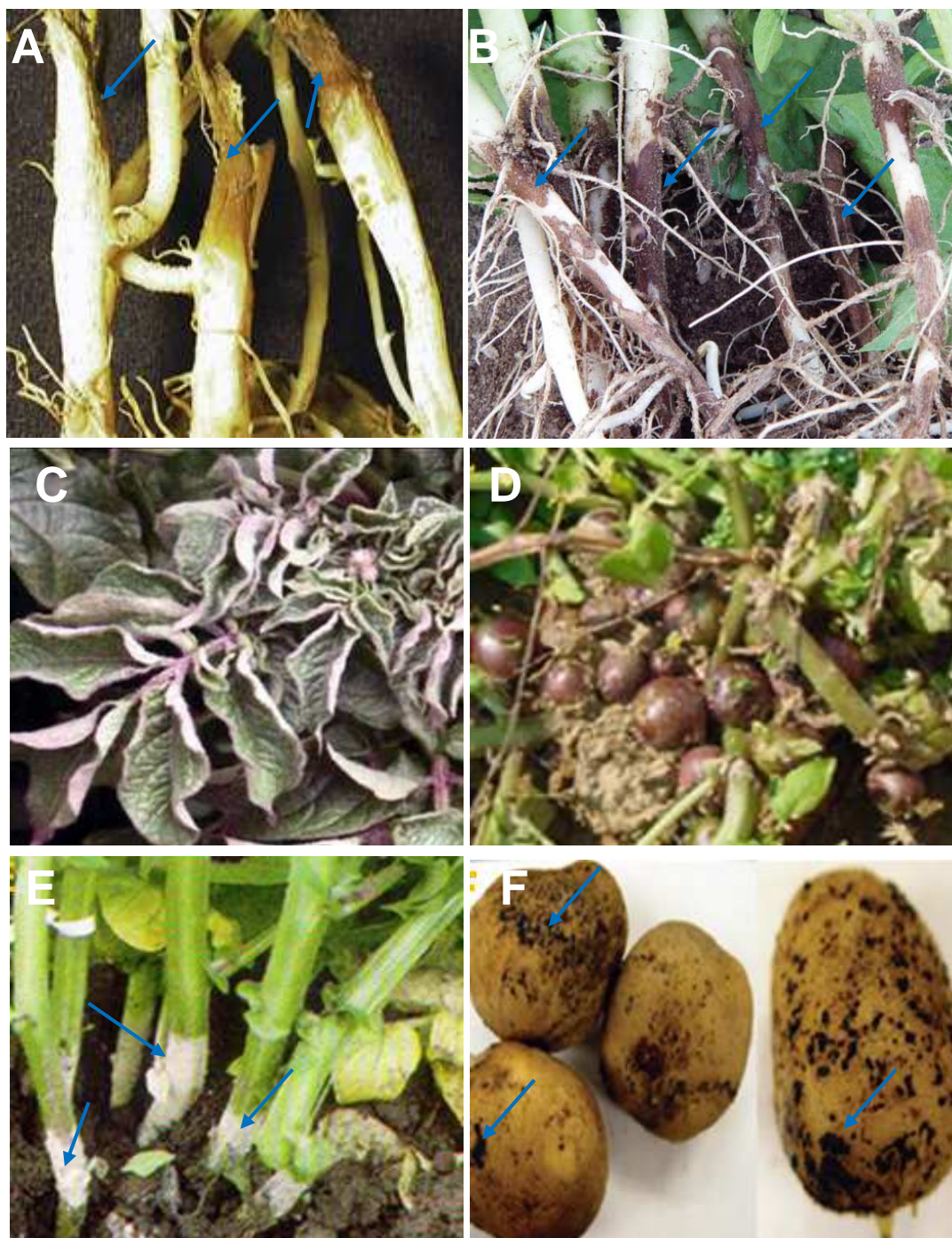


Figure 3 Symptomatologie du chancre des tiges et du rhizoctone brun de la pomme de terre. **A** : Mort des extrémités des germes (flèche) avant leur émergence du sol, **B** : Tiges montrant des chancres (flèche) (Wharton et al., 2007), **C** : Bouquets foliaire terminal dont les feuilles de coloration rougeâtre à violacée ont tendance à s'enrouler (<http://plantdepommedeterre.org>), **D** : Formation de petits tubercules aériens au voisinage de la surface du sol (Gosselin et Ouellet, 2009), **E** : Stade sexué de *R. solani* se formant à la base des tiges (flèche) (Gosselin et Ouellet, 2009), **F** : Tubercules montrant des sclérotés de couleur foncé (flèche) (Wharton et al., 2007).

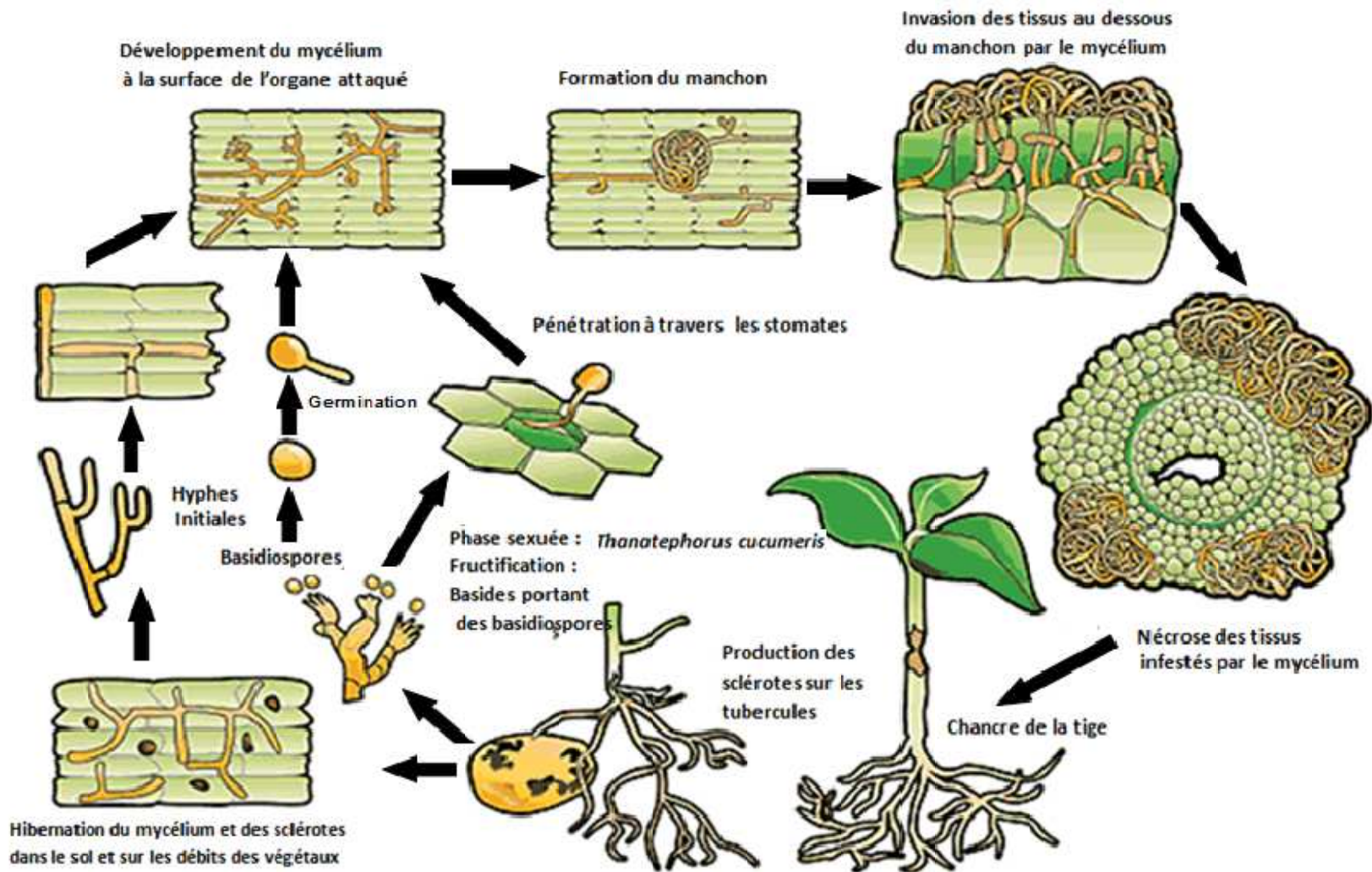


Figure 4 Cycle biologique des affections causées par *R. solani* (*Thanatephorus cucumeris*) sur la pomme de terre (www.bayercropscience.com.mx).

forme de sclérotés dans le sol (Mohammed et *al.*, 2008). Toutefois, l'adoption d'une approche de lutte intégrée combinant différentes méthodes de lutte (culturale, chimique, biologique et génétique) peut contrecarrer les affections dues à *R. solani* sur la pomme de terre et en limiter les dégâts (Gosselin et Ouellet, 2009).

Parmi les pratiques culturales utilisées pour lutter contre les affections causées par *R. solani* on peut citer la rotation qui vise à la réduction de la densité d'inoculum dans le sol (Rauf et *al.*, 2007; Heller, 2009), la plantation à faible profondeur et dans des sol secs et chaud pour réduire la durée de contact entre les jeunes organes et le pathogène ainsi que la récolte rapide des tubercules fils une fois mures pour empêcher la formation de sclérotés (Secor et Gudmestad, 1999; Warton et *al.*, 2007). De même une fertilisation raisonnée peut réduire l'incidence des affections de *R. solani* sur la pomme de terre (Baker et Martinson, 1970; Dashwood et *al.*, 1991; Secor et Gudmestad, 1999; Meyer, 2002; Warton et *al.*, 2007).

En ce qui concerne la lutte chimique il existe un large éventail de fongicides appartenant à diverses familles chimiques qui ont démontré leur efficacité en traitement de semences, de sol et en post-récolte. Parmi les matières actives largement utilisées on peut citer le pencycuron, le flutolanil, le fludioxonil, le thiophanate-méthyle, l'azoxystrobine, le chlorothalonil, le thiabendazole, l'iprodione, le mancozeb, le tolclofos-méthyle (Lootsma et Scholte, 1996; Bains et *al.*, 2002; Campion et *al.*, 2003; Van den Boogert et Lutikholt, 2004; Truter, 2005; Errampalli et *al.*, 2006).

Par ailleurs, plusieurs agents antagonistes se sont montrés efficace à l'égard des affections causées par *R. solani* sur la pomme de terre. Parmi les agents antagonistes de nature fongique on peut citer *Trichoderma* spp., *Verticillium biguttatum*, *Pythium oligandrum*, *Epicoccum nigrum* et *Rhizophagus* sp (champignon mycorhizien) (Demirci et *al.*, 2009; Lahlali et Hijri, 2010; Gallou, 2011). En outre, Plusieurs espèces bactériennes appartenant aux genres *Pseudomonas* et *Bacillus* ont montré un haut potentiel antagoniste vis-à-vis de *R. solani* sur la pomme de terre (Kondoh et *al.*, 2000; Thrane et *al.*, 2001; Brewer et Larkin, 2005; Mrabet et *al.*, 2013).

L'utilisation de variétés résistantes ou même tolérantes à l'égard du rhizoctone de la pomme de terre, reste le moyen de lutte le plus efficace et le moins polluant de l'environnement. La résistance variétale de la pomme de terre à *R. solani* a longtemps fait objet de programmes de sélection (Bains et *al.*, 2002). La nature de la résistance de la pomme de terre est polygénique. En effet, les générations F2 issues des croisements *Solanum tuberosum* x *Solanum phureja* et *Solanum tuberosum* x *Solanum vernei* ont montré que la résistance à *R. solani* était de nature polygénique (Gadzhiev, 1986). Cependant, une multitude de loci impliqués dans le processus de la tolé-

rance de la pomme de terre ont été identifiés par Lehtonen et *al.* (2008). Ces mêmes auteurs ont constaté que cette tolérance devient inefficace sous une grande pression de la maladie.

MATERIEL ET METHODES

3. MATERIELETMETHODES

3.1. MATERIEL

3.1.1. Matériel végétale: Durant la campagne agricole 2011-2012, des tubercules de pomme de terre montrant les symptômes typiques du rhizoctone brun (présence de sclérotés sur les tubercules) ont été collectés dans différentes régions productrices de pomme de terre (Bouira, Oued Souf, Sétif, Tiaret, Aflou, Ain Defla, Alger, Batna, Bordj Bou Arreridj et Bou Sâada) et sur des parcelles choisies au hasard. Les tubercules collectés appartiennent aux variétés suivantes: Spunta, Timate, Désiré et Kondor qui sont les plus communément rencontrées en Algérie: Ces tubercules conservés au frais dans des sachets en papier ont été utilisés par la suite pour l'isolement des souches de *R. solani*.

3.1.2. Matériel fongique: trente sept isolats ont été obtenus à partir des tubercules collectés. La désignation des différents isolats, l'année d'isolement, l'origine géographique et la variété à partir de laquelle ils ont été obtenus sont indiquées dans le Tableau V. Pour l'identification des groupes d'anastomose, nous avons utilisés des isolats testeurs AG-3, AG-2-1, AG-4, AG-4-II, AG-9 et AG-11. ces testeurs nous ont été fournis par le Dr James W. Woodhall de l'agence de la recherche pour l'alimentation et l'environnement FERA (York, Angleterre).

3.2. METHODES

3.2.1. Isolement, purification et conservation des isolats: L'isolement des souches été réalisé à partir des sclérotés prélevés de la surface des tubercules.

3.2.1.1. Isolement: Les sclérotés ont été aseptiquement prélevés à l'aide d'un scalpel, puis désinfectés par un passage dans une solution d'hypochlorite de sodium à 2 %, suivi de trois rinçages successifs dans de l'eau distillée stérile pendant une durée de 5 minutes chacun. Les sclérotés sont ensuite séchés entre deux feuilles stériles de papier Joseph puis déposés au centre d'une boîte de Pétri contenant un milieu PDA dont la composition est la suivante:

Pomme de terre	200 g
Glucose (Dextrose)	20 g
Agar	20 g
Eau distillée	1000 ml

TABLEAU V Désignation, année d'isolement, variétés et origines des isolats de *R. solani*.

ISOLATS	VARIÉTÉS	ANNÉE D'ISOLEMENT	ORIGINES GEOGRAPHIQUES
B.1.12	Spunta	2012	Bouira
B.2.12	Spunta	2012	Bouira
B.3.12	Spunta	2012	Bouira
B.4.12	Spunta	2012	Bouira
B.5.12	Spunta	2012	Bouira
B.6.12	Spunta	2012	Bouira
OS.1.12	Spunta	2012	Oued Souf
OS.2.12	Spunta	2012	Oued Souf
OS.3.12	Spunta	2012	Oued Souf
OS.4.12	Spunta	2012	Oued Souf
S.1.12	Timate	2012	Sétif
S.2.12	Timate	2012	Sétif
S.3.12	Timate	2012	Sétif
S.4.12	Timate	2012	Sétif
S.5.12	Timate	2012	Sétif
S.6.12	Timate	2012	Sétif
S.7.12	Spunta	2012	Sétif
S.8.12	Spunta	2012	Sétif
S.9.12	Spunta	2012	Sétif
S.10.12	Spunta	2012	Sétif
T.1.12	Spunta	2012	Tiaret
T.2.12	Spunta	2012	Tiaret
T.3.12	Spunta	2012	Tiaret
T.4.12	Spunta	2012	Tiaret
F.1.12	Spunta	2012	Aflou
F.2.12	Spunta	2012	Aflou
F.3.12	Spunta	2012	Aflou
F.4.12	Spunta	2012	Aflou
F.5.12	Spunta	2012	Aflou
F.6.12	Spunta	2012	Aflou
SD.1.12	Spunta	2012	Ain Defla
S.D.12	Desirée	2012	Sétif
A.12	Spunta	2012	Alger
BT.1.12	Kondor	2012	Batna
BT.2.12	Spunta	2012	Batna
BT.3.12	Kondor	2012	Batna
BO.12	Spunta	2012	Bordj Bou Arreridj
BS.3.12	Spunta	2012	Bou Sâada
BS.3.12	Kondor	2012	Bou sâada
S.2.12	Spunta	2012	Bou Sâada

Les cultures ainsi obtenues sont incubées en chambre de culture pendant 5 jours, à une température ambiante de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sous une lumière artificielle continue.

3.2.1.2. Purification des isolats: Dès que les colonies fongiques sont visibles on procède à l'aide d'un emporte-pièce à des prélèvements d'explants de 6 mm de diamètre à la périphérie des colonies. Ces explants sont ensuite repiqués dans des boîtes de Pétri contenant un milieu PDA, puis incubés à une température ambiante de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sous une lumière artificielle continue. Étant donné que ce champignon ne forme pas de spores asexuées, la purification des isolats a été réalisée par prélèvement d'apex d'hyphes montrant les caractéristiques morphologiques de l'espèce *R. solani*.

3.2.1.3. Conservation des isolats: Les cultures purifiées ont été repiquées dans des tubes à essais contenant du milieu PDA et conservées au réfrigérateur à une température de 4°C .

3.2.2. Identification des isolats et détermination des groupes d'anastomose : Les isolats obtenus ont été identifiés sur la base de critères morphologiques et cytologiques. Les groupes d'anastomose auxquels appartiennent ces isolats ont été déterminés par confrontation avec des testeurs.

3.2.2.1. Identification morphologique des isolats: L'identification morphologique des isolats se base sur les caractéristiques morphologiques (ramification des hyphes à angle droit, présence d'une constriction au niveau de la ramification suivie par une cloison transversale) et cytologiques (cellules plurinucléées, production de cellules moniloïdes). L'observation microscopique des cellules moniloïdes a été réalisée sur des cultures incubées pendant 14 jours. La mise en évidence des noyaux des cellules a été réalisée par une coloration à la Safranine O basique (voir ci-dessous) sur du mycélium provenant de cultures incubées pendant 24 à 48 heures.

3.2.2.2. Détermination des groupes d'anastomose: L'affectation des isolats aux différents groupes d'anastomose est réalisée par le biais d'une confrontation *in vitro* des isolats avec les testeurs. La confrontation des isolats avec les testeurs a été réalisée selon les techniques de Bolkan et *al.* (1985) et de Macnish et *al.* (1997).

– **Technique de Bolkan et *al.* (1985):** Cette technique consiste en l'observation microscopique de l'interaction entre les hyphes d'un isolat donné avec les hyphes des testeurs. Deux explants de 5 mm de diamètre de cultures âgées de cinq jours l'un appartenant à l'isolat et l'autre à l'un des six isolats testeurs sont confrontés sur une lame en verre couverte d'un film à base d'eau gélosée à 2%. Les deux explants (isolat/testeur) sont placés sur les lames à une distance de

deux à trois centimètres l'un de l'autre (Fig. 5A). Ces lames sont ensuite placées dans des boîtes de Pétri stériles. Ces dernières sont incubées à une température de 25°C. Chaque combinaison (isolat/testeur) a été répétée trois fois. Après 24 à 48 h d'incubation, les lames sont observées au microscope optique au grossissement 400X après avoir préalablement ajouté une goutte de solution de safranine O basique dont la composition est indiquée ci-dessous et une goutte de KOH à 3% au niveau de la zone de chevauchement des hyphes de l'isolat et du testeur (Fig. 5B) (Sneh et al., 1991).

Solution de safranine O aqueuse à 0.5%	6 ml
Solution de KOH aqueuse à 3%	10 ml
Glycérine	5 ml

Les différentes interactions entre les hyphes des différents isolats de *R. solani* et des testeurs ont été classées selon les quatre catégories suivantes (Carling, 1996) (Fig. 6):

- **Catégorie C0** : Aucune réaction entre les hyphes de deux isolats ; ces isolats appartiennent à des groupes d'anastomose différents.
- **Catégorie C1** : Un contact apparent entre les hyphes se produit sans qu'il y ait une fusion cytoplasmique et éventuellement les hyphes en contact ou leurs cellules adjacentes meurent; ces isolats n'appartiennent pas au même groupe d'anastomose.
- **Catégorie C2** : La fusion cytoplasmique des hyphes des deux isolats se produit mais celle-ci est accompagnée par la mort des cellules adjacentes. Ceci indique que les deux isolats appartiennent au même groupe d'anastomose.
- **Catégorie C3** : La fusion cytoplasmique des hyphes des deux isolats se produit sans qu'il y ait mort des cellules adjacentes; les deux isolats appartiennent au même groupe d'anastomose et à la même population de compatibilité végétative (VCP).

– **Technique de Macnish et al. (1997)**: Cette technique a été utilisée pour confirmer les résultats obtenus par la technique de Bolkan et al. (1985). A partir de culture sur milieu PDA, on prélève à la périphérie des colonies de l'isolat X et de celle du testeur des explants mycéliens de 6 mm de diamètre. Deux explants l'un appartenant à l'isolat X l'autre au testeur sont confrontés dans une même boîte de Pétri contenant du milieu de culture PDA additionné de 1% de charbon actif. Les deux explants sont placés dans la boîte de Pétri à une distance de 3 cm. Les boîtes sont ensuite incubées à l'obscurité et à une température de 25°C pendant 4 à 6 jours. Trois répétitions ont été réalisées pour chaque combinaison. Des témoins isolat/isolats et testeurs/testeur ont été également réalisés. Les interactions entre les différentes combinaisons ont été subdivisées en deux types:

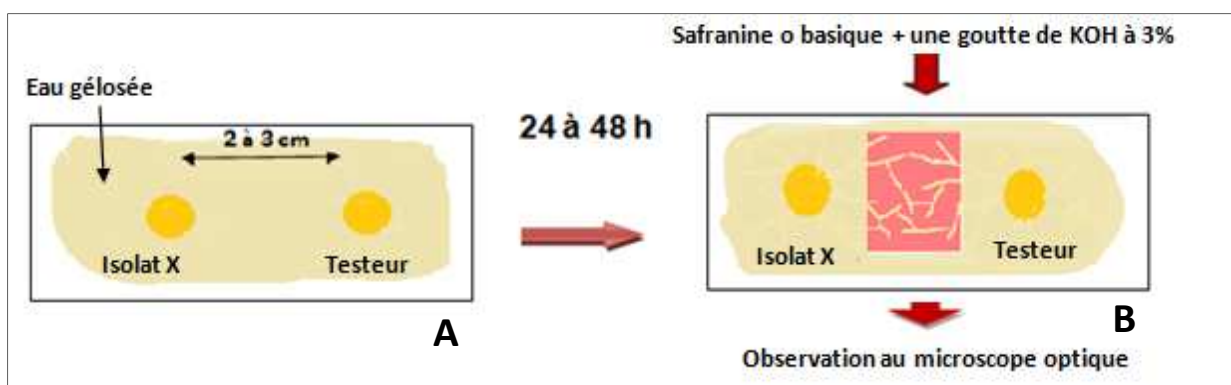
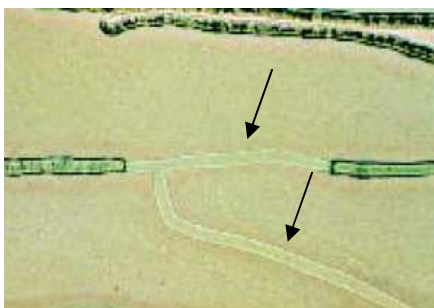


Figure 5 Identifications des groupes d'anastomose selon la technique de Bolkan et al. (1985)



Catégorie C0: aucune fusion d'hyphes.



Catégorie C2: fusion membranaire et cytoplasmique et mort des cellules adjacentes (flèches).



Catégorie C3: fusion membranaire et cytoplasmique sans la mort des cellules adjacentes

Figure 6 Quelques interactions entre les hyphes de *R. solani* et d'un testeur. (González García et al., 2006)

- **Type “tuft”**: Ce type correspond à la formation d’une zone de démarcation entre les deux colonies. Cette zone se caractérise par la formation d’hyphes plus ou moins aériens par rapport au mycélium des deux colonies. La couleur de la zone est différente de celles des deux colonies parentales. Cette interaction correspond à la catégorie C2 indiquant l’appartenance de l’isolat X et du testeur au même groupe d’anastomose mais pas à la même population de compatibilité végétative (VCP). (Fig. 7A).
- **Type “merge”**: Cette catégorie se caractérise par une absence ou une présence très négligeable d’une zone de démarcation entre les deux colonies. Cette interaction indique l’appartenance de l’isolat X et du testeur au même groupe d’anastomose et à la même population de compatibilité végétative (VCP)(Fig. 7B).

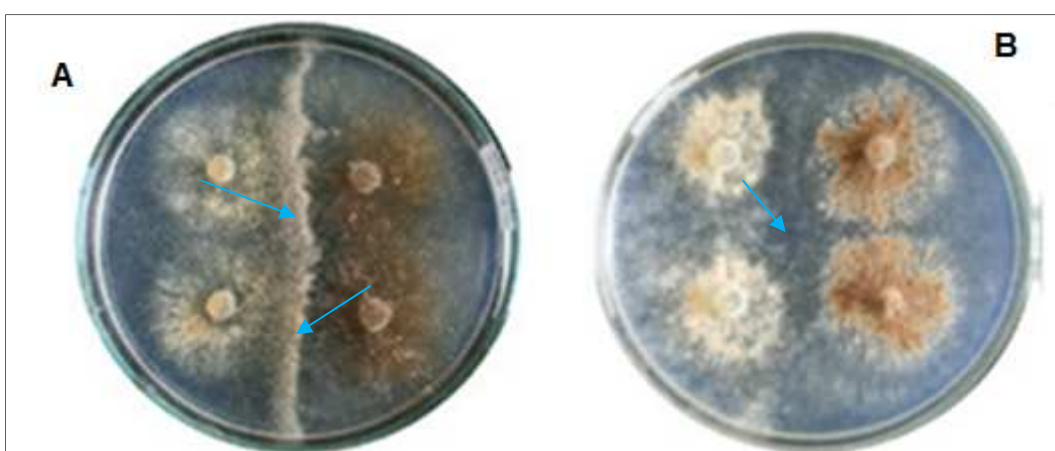


Figure 7 Interaction entre les colonies de *R. solani* et du testeur. **A**: Interaction du type “tuft” montrant la formation d’une zone de démarcation (flèche). **B**: Interaction du type “merge” montrant l’absence de zone de démarcation (flèches) (Ferrucho et al., 2012).

3.2.3. Pouvoir pathogène: Le pouvoir pathogène des souches de *R. solani* a été évalué sur des tubercules semences certifiés saines et exempts de sclérotés appartenant à la variété Désirée. Ces tubercules ont été produits à la wilaya de Tiaret

3.2.3.1. Technique d’inoculation: La technique d’inoculation que nous avons adoptée est celle de Carling et Leiner (1990). Des tubercules semences pré-germés ont été préalablement désinfectés par un passage de 5 minutes dans un bain d’hypochlorite de sodium à 1% suivi de deux rinçages à l’eau distillée stérile. Le semis a été réalisé dans des pots plastiques de 25 cm de diamètre et de 30 cm de profondeur contenant une couche de sol de 5 cm d’épaisseur. Ce sol a été prélevé au niveau de la station expérimentale de l’ENSA et a été préalablement stérilisé dans une étuve pendant 48 heures à 105°C. Dans chaque pot on dépose un tubercule autour duquel on place à une distance de 2 à 3 cm 12 explants de gélose prélevé à la périphérie d’une culture de *R. solani*. Chaque tubercule est ensuite couvert par une couche de sol de 7 à 10 cm

constitué par un mélange de 2/3 de sol et 1/3 de terreau. Un témoin a été réalisé sur des tubercules autour desquels on a placé à une distance de 2 à 3 cm 12 explants de gélose.

3.2.3.2. Dispositif expérimental: L'essai a été réalisé sous abri plastique selon un dispositif en randomisation totale avec trois répétitions. Chaque répétition comporte 2 pots.

3.2.3.3. Conduite de l'essai: Après le semis, les pots sont arrosés tous les trois jours pendant toute la durée de l'essai. L'estimation de la sévérité a été réalisée quatre semaines après le semis sur les plants qui ont été récoltées puis rincées à l'eau du robinet.

3.2.3.4. Système de notation: La sévérité a été estimée par l'indice du chancre des tiges (ICT) exprimé en pourcentage selon la formule suivante: (Frank *et al.*, 1976):

$$\text{ICT (\%)} = \frac{0(n1) + 1(n2) + 2(n3) + 3(n4) + 4(n5) + 5(n6)}{N \times 5} \times 100$$

où

- 0, 1, 2, 3, 4, 5 = degrés de l'échelle de notation correspondant chacun à:

0 = absence de lésions.

1 = une seule lésion < 25 mm

2 = une seule lésion de 25 à 50 mm (ou petites lésions totalisant moins de 50 mm)

3 = une lésion > 50 mm

4 = lésion(s) < 25 mm entourant complètement la tige

5 = lésion(s) > 25 mm entourant complètement la tige

- n1, n2, n3, n4, n5, n6 = nombre de tiges pour chacun des degrés de l'échelle de notation.

- N x 5 = N : nombre totale de tiges et 5 : degré le plus élevé de l'échelle de notation

3.2.4. Comportement variétal: Un essai sur le comportement de neuf variétés de pomme de terre (Désirée, Bartina, Timate, Diamant, Sarpo-Mira, Kondor, Fabula, Ultra, Lesita) à l'égard de l'isolat qui s'est montré le plus agressif au cours du test de pathogénicité a été réalisé. Les tubercules semence utilisés appartiennent à la classe E et sont importé de la hollande et du Danemark.

3.2.4.1. Technique d'inoculation: La technique d'inoculation que nous avons adoptée dans cet essai est celle de Carling et Leiner (1990) qui a été décrite précédemment.

3.2.4.2. Dispositif expérimental: L'essai du comportement variétal a été réalisé sous abri plastique selon un dispositif en blocs aléatoires complets à trois répétitions (Fig. 8). Chaque répé-

BLOC				1BLOC 2				BLOC3			
T _i	T _i	T _i	T _i	S _i	S _i	S _i	S _i	K _i	K _i	K _i	K _i
T _t	T _t	T _t	T _t	S _t	S _t	S _t	S _t	K _t	K _t	K _t	K _t
F _i	F _i	F _i	F _i	B _i	B _i	B _i	B _i	T _i	T _i	T _i	T _i
F _t	F _t	F _t	F _t	B _t	B _t	B _t	B _t	T _t	T _t	T _t	T _t
L _i	L _i	L _i	L _i	D	D _i	D _i	D _i	L _i	L _i	L _i	L _i
L	L _t	L _t	L _t	D _t	D _t	D _t	D _t	L _t	L _t	L _t	L _t
B _i	B _i	B _i	B _i	F	F _i	F _i	F _i	S _i	S _i	S _i	S _i
B _t	B _t	B _t	B _t	F _t	F _t	F _t	F _t	S _t	S _t	S _t	S _t
U _i	U _i	U _i	U _i	D _i	D _i	D _i	D _i	F _i	F _i	F _i	F _i
U _t	U _t	U _t	U _t	D _t	D _t	D _t	D _t	F _t	F _t	F _t	F _t
D _i	D _i	D _i	D _i	L _i	L _i	L _i	L _i	U _i	U _i	U _i	U _i
D _t	D _t	D _t	D _t	L _t	L _t	L _t	L _t	U _t	U _t	U _t	U _t
K _i	K _i	K _i	K _i	K _i	K _i	K _i	K _i	DS _i	DS _i	DS _i	DS _i
K _t	K _t	K _t	K _t	K _t	K _t	K _t	K _t	DS _t	DS _t	DS _t	DS _t
S _i	S _i	S _i	S _i	T _i	T _i	T _i	T _i	B _i	B _i	B _i	B _i
S _t	S _t	S _t	S _t	T _t	T _t	T _t	T _t	B _t	B _t	B _t	B _t
DS	DS _i	DS _i	DS _i	U _i	U _i	U _i	U _i	D _i	D _i	D _i	D _i
DS _t	DS _t	DS _t	DS _t	U _t	U _t	U _t	U _t	D _t	D _t	D _t	D _t

Figure 8 Dispositif expérimental en blocs aléatoires complets à trois répétitions. Chaque répétition comporte 8 pots: 4 inoculés et 4 témoins. Les variétés sont indiqués par les abréviations suivante K = Kondor, T = Timate, L = Lesita, S = Sarpo-Mira, F= Fabula, U = Ultra, Ds = Désirée, B = Bartina et D= Diamant. Les indices i et t indiquent respectivement au niveau de chaque variété : inoculé et témoin.

tion comporte 8 pots et chaque bloc comporte les neuf variétés. Chaque variété comporte 4 pots inoculés et 4 pots témoins non inoculés.

3.2.4.3. Conduite de l'essai: L'essai a été mis en place le 16/02/2014, dans un abri en plastique, sous un photopériodisme naturel et à une température journalière moyenne de 25°C. La plantation des tubercules de semence a été réalisée dans des pots en plastique de 35 cm de diamètre remplis d'un mélange de 1/3 de sable, 1/3 de terre et 1/3 de terreau préalablement stérilisé dans une étuve pendant 48 heures à 105°C. Les tubercules semences pré-germés ont été désinfectés par un passage de 5 minutes dans un bain d'hypochlorite de sodium à 5 % suivi de deux rinçages à l'eau distillée stérile. Dans chaque pot on dépose un tubercule autour duquel on place à une distance de 2 à 3 cm 12 explants (5 mm de diamètre) de gélose prélevé à la périphérie d'une culture de *R. solani*. Chaque tubercule est ensuite couvert par une couche de sol de 7 à 10 cm constitué par un mélange de 1/3 de sable, 1/3 de terre et 1/3 de terreau préalablement stérilisé. Un témoin a été réalisé sur des tubercules autour desquels on a placé à une distance de 2 à 3 cm 12 explants de gélose stérile. Après le semis, les pots sont arrosés tous les trois jours pendant toute la durée de l'essai. Afin de prévenir le verdissement des tubercules formés on ajoute le mélange de sol au fur et à mesure du développement des plants de pomme de terre.

3.2.4.4. Evaluation du comportement variétal: Le comportement des variétés de pomme de terre a été estimé par les paramètres suivants: sévérité du chancre des tiges et des stolons, sévérité du rhizoctone brun (production de sclérotés sur les tubercules), calibre des tubercules produits et réduction du rendement. L'évaluation du chancre des tiges et des stolons est réalisée au moment de l'émergence des plants témoins soit 30 jours après le semis. Par contre, l'estimation des paramètres rhizoctone brun, calibre des tubercules et pertes sur les rendements ont été effectués à la fin du cycle biologique de la culture, soit 90 jours après le semis.

– **Estimation de la sévérité du chancre des tiges:** La sévérité du chancre des tiges a été estimée par l'indice ICT dont la formule a été donné ci-dessus (Frank *et al.*, 1976) :

– **Estimation de la sévérité du chancre des stolons:** La sévérité du cancre des stolons a été estimée par l'indice du chancre des stolons (ICS) exprimé en pourcentage. L'indice du chancre des stolons a été calculé par la formule ci-dessous selon une échelle de 0 à 5 degrés (Frank *et al.*, 1976):

$$\text{ICS (\%)} = \frac{0(n_1) + 1(n_2) + 2(n_3) + 3(n_4) + 4(n_5) + 5(n_6)}{\text{Nombre total de stolons}} \times 100$$

où

- 0, 1, 2, 3, 4, 5 = degrés de l'échelle de notation correspondant chacun à :
 - 0 = absence de lésions.
 - 1 = une seule lésion < 25 mm
 - 2 = une seule lésion de 25 à 50 mm (ou petites lésions totalisant moins de 50 mm) ;
 - 3 = une lésion > 50 mm (ou petites lésions totalisant plus de 50 mm mais n'entourant pas complètement le stolon)
 - 4 = lésion(s) < 25 mm entourant complètement le stolon
 - 5 = lésion(s) > 25 mm entourant complètement le stolon.
- n1, n2, n3, n4, n5, n6 = nombre de stolons pour chacun des degrés de l'échelle de notation.

- **Estimation de la sévérité du rhizoctone brun:** La sévérité du rhizoctone brun a été estimée par l'indice du rhizoctone brun (IRB) exprimé en pourcentage. L'indice du rhizoctone brun a été calculé par la formule ci-dessous selon une échelle de 0 à 5 degrés (Woodhal et al. 2008):

$$\text{IRB (\%)} = \frac{n1(1) + n2(2) + n3(3) + n4(4) + n5(5)}{N \times 5} \times 100$$

où

- 1, 2, 3, 4, 5 = les 5 degrés de l'échelle de notation correspondant chacun à :
 - 1 = moins de 1% de l'aire infectée du tubercule
 - 2 = 1 à 10% de l'aire infectée du tubercule
 - 3 = 11 à 20% de l'aire infectée du tubercule
 - 4 = 21 à 51% de l'aire infectée du tubercule
 - 5 = plus de 51% de l'aire infectée du tubercule
- n1, n2, n3, n4, n5, n6 = nombre de tubercules pour chacun des degrés de l'échelle de notation.
- N x 5 = N: nombre totale de tubercules et 5 : degrés de l'échelle de notation le plus élevé

- **Estimation du calibre des tubercules produits:** L'effet de *R. solani* sur la qualité des tubercules (calibre) a été estimé dans chaque pot. Les tubercules de chaque pot ont été calibrés à l'aide d'un calibre puis ils ont été classés en trois catégories, et par la suite on a calculé l'indice de calibre des tubercules selon la formule suivante (Woodhal et al., 2008):

$$\text{ICTb (\%)} = \frac{n1(1) + n2(2) + n3(3)}{N \times 3} \times 100$$

où

- 1, 2, 3 = les 3 degrés de l'échelle de notation correspondant chacun à :
 - 1 = calibre inférieur à 5 mm.

2=calibre compris entre 45 et 65 mm

3= calibre compris entre 65 à 85 mm

- n1, n2, n3 = nombre de tubercules pour chacun des degrés de l'échelle de notation.
- N x 3= N : nombre totale de tubercules et 3: degrés de l'échelle de notation le plus élevé

- **Estimation de la réduction du rendement** :La réduction du rendement est exprimée en pourcentage d'indice de réduction du rendement. L'indice de réduction du rendement a été estimée dans chaque pot par la formule suivante (Naz et *al.*, 2008):

$$\text{IRR (\%)} = \frac{100 - \text{Poids des tubercules dans chque pot}}{\text{Poids moyens des tubercules du témoin}} \times 100$$

3.2.5. Analyse statistique: Les résultats exprimés en pourcentage du test de pathogénicité et de celui du comportement des variétés de pomme de terre ont subi une transformation angulaire des pourcentages selon la formule: Angle = arc sin $\sqrt{\%$. Une analyse de la variance à l'aide du logiciel «STATISTICA» (version 6) a été ensuite réalisé afin de déceler les éventuelles variations des paramètres étudiés. Les groupes homogènes ont été déterminés par le test LSD au seuil de 5 %.

RESULTATS ET DISCUSSION

4. RESULTATS ET DISCUSSION

4.1. Identification morphologique et détermination des groupes d'anastomose des isolats de *R. solani*: Les différents isolats obtenus ont été identifiés sur la base de critères morphologiques. Les groupes d'anastomose auxquels appartiennent ces isolats ont été déterminés par confrontation avec les testeurs suivants: AG-2-1, AG-4, AG-4-II, AG-9, AG-11 et AG-3.

4.1.1. Identification morphologique des isolats: Les isolats de *R. solani* provenant de différentes régions d'Algérie ont été isolés à partir de tubercules de pomme de terre montrant les symptômes du rhizoctone brun: présence de sclérotés brunâtres de forme et de taille variables qui adhèrent à la surface de ces tubercules. Les isolats obtenus à partir de ces sclérotés montrent sur milieu PDA les caractéristiques morphologiques typiques de l'espèce *R. solani*. Parmi ces caractéristiques définies par Parmeter et Whitney (1970), on peut citer:

- Mycélium des jeunes colonies hyalin prenant progressivement une coloration marron foncé et formant à leur périphérie des sclérotés de forme très irrégulière (Fig. 9A)
- Hyphes dépourvus d'anses d'anastomose montrant des constriction et formant des septa à une distance très courte du point d'origine de la ramification qui est plus ou moins à angle droit (Fig.9B)
- Cellules mycéliennes plurinucléées (Fig. 9C)
- Mycélium âgé montrant des cellules moniloïdes cylindriques (Fig.9D)

Les cellules mycéliennes de tous les isolats observées après 48 h d'incubation et colorées à la safranine O basique se sont montrées plurinucléées. Aucun isolat n'a montré des cellules binucléées. Les isolats montrant des cellules binucléées peuvent également provoquer des attaques sur les cultures de pomme de terre (Carling et Leiner, 1986; Woodhall et al., 2011).

4.1.2. Détermination des groupes d'anastomose: Les groupes d'anastomose ont été déterminés par la technique de Bolkan et al. (1985). Les résultats obtenus par cette technique ont été confirmés par celle de Macnish et al. (1997).

4.1.2.1. Les différentes interactions des isolats algériens avec les testeurs: Les isolats algériens ont été confrontés selon la technique de Bolkan et al. (1985) aux testeurs dont le grou-

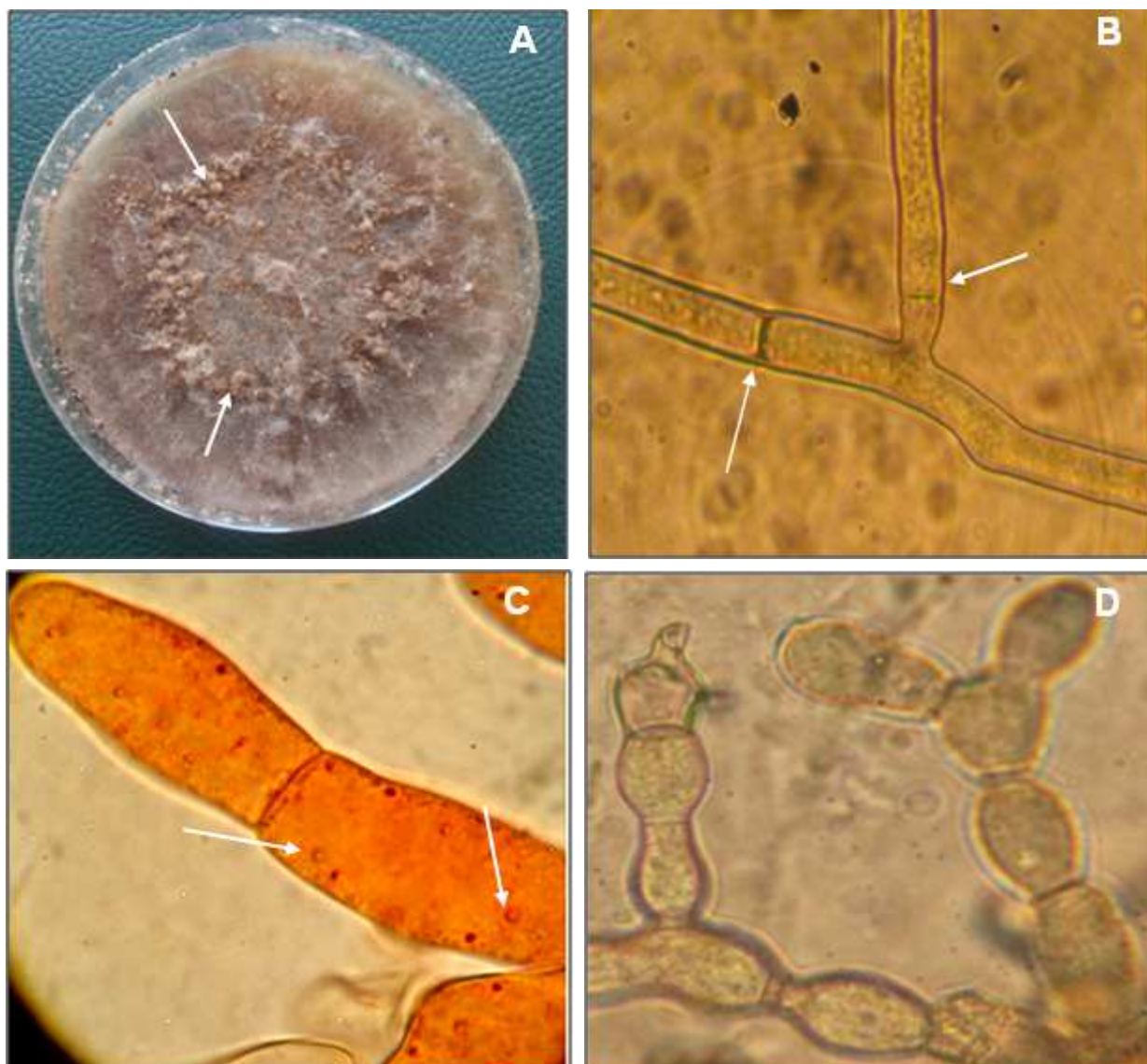


Figure 9 Caractéristiques morphologiques de *R. solani*. **A**. Colonie âgée de couleur marron foncé montrant des sclérotés de formes et de dimensions variables (flèches). **B** : Hyphes dépourvus d'anses d'anastomose montrant une constriction suivi immédiatement d'un septum au niveau du point d'origine de la ramification qui est plus ou moins à angle droit (flèche) (Gr x 400). **C** : Hyphes colorées à la safranine O basique montrant plusieurs noyaux dans chaque cellule mycélienne (flèches) (Gr x 1000). **D**: Cellules moniloïdes se formant au niveau du mycélium âgé (Gr x400).

pe d'anastomose est connu (AG-2-1, AG-4, AG-4-II, AG-9, AG-11 et AG-3). Les interactions enregistrées entre les isolats algériens et les testeurs AG-2-1, AG-4, AG-4-II, AG-9 et AG-11 appartiennent soit à la catégorie C0 où aucun contact ne se produit entre les hyphes des isolats et ceux des testeurs (Fig. 10A)(Tableau VI), soit à la catégorie C1 où il ya un contact entre les hyphes des isolats et ceux des testeurs sans qu'il y ait fusion (Fig. 10B) (Tableau VI). Les interactions entre 33 isolats et l'isolat testeur AG-3 appartiennent à la catégorie C2 où il y a fusion membranaire et cytoplasmique accompagné par la mort des cellules adjacentes (Fig. 10C) (Tableau VI). Quatre isolats (BT.2.12, ST.3.12, B.3.12, BT.1.12) ont montré une interaction appartenant à la catégorie C3 où il y a fusion membranaire et cytoplasmique sans qu'il y ait mort des cellules adjacentes (Fig. 10D) (Tableau VI). Les 33 isolats qui ont montré une interaction C2 et les 4 isolats qui ont exhibé une interaction C3 appartiennent au même groupe d'anastomose que celui du testeur AG-3. D'après ces résultats, on peut dire que les isolats algériens appartiennent au groupe d'anastomose AG-3. Les 4 isolats qui ont montré une interaction C3 semblent appartenir à la même population de compatibilité végétative (VCP) que l'isolat testeur AG-3. En outre, ces quatre isolats ainsi que l'isolat testeur AG-3 sont génétiquement proches, et peuvent être considérés comme clones (MacNish et *al.*, 1993, MacNish et *al.*, 1997). Cette ressemblance entre les quatre isolats algériens et le testeur isolé d'un champ de pomme de terre européen, peut être expliquée par la provenance de la majeure partie de la semence de pomme de terre cultivée en Algérie de l'Europe.

Sur les 37 isolats algériens, nous n'avons détecté que le groupe d'anastomose AG-3. Les autres groupes d'anastomose AG-4, AG-5, AG-7 et AG-8 également inféodées à la pomme de terre et signalés dans d'autres pays n'ont pas été détectés dans notre collection. Il est à remarquer que le groupe d'anastomose AG-3 semble celui que l'on rencontre le plus fréquemment sur les cultures de pomme de terre et ce à travers plusieurs pays: USA (Carling et Leiner, 1990), France (Campion et *al.*, 2003), Angleterre (Woodhall et *al.*, 2007), Finlande (Lehtonen et *al.*, 2008), Colombie (Ferruchu et *al.*, 2012) ... etc.

4.1.2.2. Confirmation de l'appartenance des isolats algériens au groupe d'anastomose AG-3: Les 33 isolats qui ont montré une interaction C2 ont été confrontés par la technique de Macnish et *al.* (1997). Cette confrontation a été réalisée avec le testeur AG-3 sur milieu PDA additionné de charbon actif. Les 33 isolats ont exhibé une interaction de type "tuft" (Fig. 11A). Ceci confirme que ces isolats appartiennent au même groupe d'anastomose que le testeur AG-3. La confrontation des 4 isolats qui ont montré une interaction C3 avec le testeur AG-3 ont exhibé une interaction du type "merge" (Fig. 11B). Ceci indique que ces isolats appartiennent au même groupe d'anastomose AG-3 ainsi qu'à la même population de compatibilité végétative avec le testeur. Des témoins isolat/isolat et testeur/testeur ont été également réalisés pour confirmer le



Figure 10 Différentes catégories d'interactions entre les isolats étudiées et les testeurs .**A:** Interaction C0; aucun contact entre les hyphes (Gr x 200). **B:** Interaction C1; contact entre les hyphes sans fusion (flèche) (Gr x 400).**C:** Interaction C2, fusion membranaire et cytoplasmique (flèche noire)accompagné par la mort des cellules adjacentes (flèches blanches) (Gr x 400).**D:** interaction C3, fusion membranaire et cytoplasmique sans la mort de cellules adjacentes (Flèches).

TABLEAU VI Différentes catégories d'interaction entre les isolats algériens et les isolats testeurs

ISOLATS	ISOLATS TESTEURS					
	AG2-1	AG-4	AG4-II	AG-9	AG-11	AG-3
OS. 1.12	C0	C0	C0	C0	C0	C2
OS. 2.12	C1	C1	C0	C1	C0	C2
OS .3.12	C0	C0	C0	C0	C0	C2
OS. 4.12	C0	C0	C0	C0	C0	C2
S. 1.12	C0	C0	C0	C0	C1	C2
S. 1.12	C0	C0	C0	C0	C1	C2
S .3.12	C0	C1	C0	C0	C0	C2
S. 4.12	C0	C0	C0	C0	C1	C2
S .5.12	C0	C0	C0	C0	C1	C2
S. 6.12	C1	C1	C0	C1	C0	C2
S. 7.12	C1	C1	C0	C0	C0	C2
S. 8.12	C1	C1	C0	C1	C0	C2
S. 9.12	C0	C0	C0	C0	C1	C2
S. 10.12	C0	C0	C0	C1	C0	C2
SD.12	C0	C0	C0	C1	C0	C2
B. 1.12	C1	C0	C0	C1	C0	C2
B. 2.12	C1	C1	C0	C0	C0	C2
B. 3.12	C0	C0	C0	C0	C0	C3
B. 4.12	C1	C0	C0	C1	C0	C2
B. 6.12	C0	C0	C0	C0	C0	C2
F. 1.12	C0	C0	C1	C0	C1	C2
F. 2.12	C1	C0	C0	C0	C0	C2
F. 3.12	C0	C0	C1	C0	C0	C2
F. 4.12	C1	C1	C0	C0	C0	C2
F. 5.12	C0	C0	C0	C0	C0	C0
F. 6.12	C1	C1	C0	C0	C0	C2
D. 2.12	C0	C0	C0	C0	C0	C2
T. 1.12	C0	C0	C0	C0	C0	C2
T. 2.12	C0	C0	C0	C0	C0	C2
T. 3.12	C0	C1	C0	C0	C0	C3
T. 4.12	C0	C0	C0	C0	C1	C2
D. 1.12	C0	C0	C0	C0	C0	C2
A.12	C0	C0	C0	C0	C0	C2
BT. 1.12	C0	C0	C0	C0	C0	C3
BT. 2.12	C0	C0	C0	C0	C0	C3
BO. 12	C0	C1	C0	C0	C0	C2
BS. 2.12	C1	C0	C0	C0	C0	C2

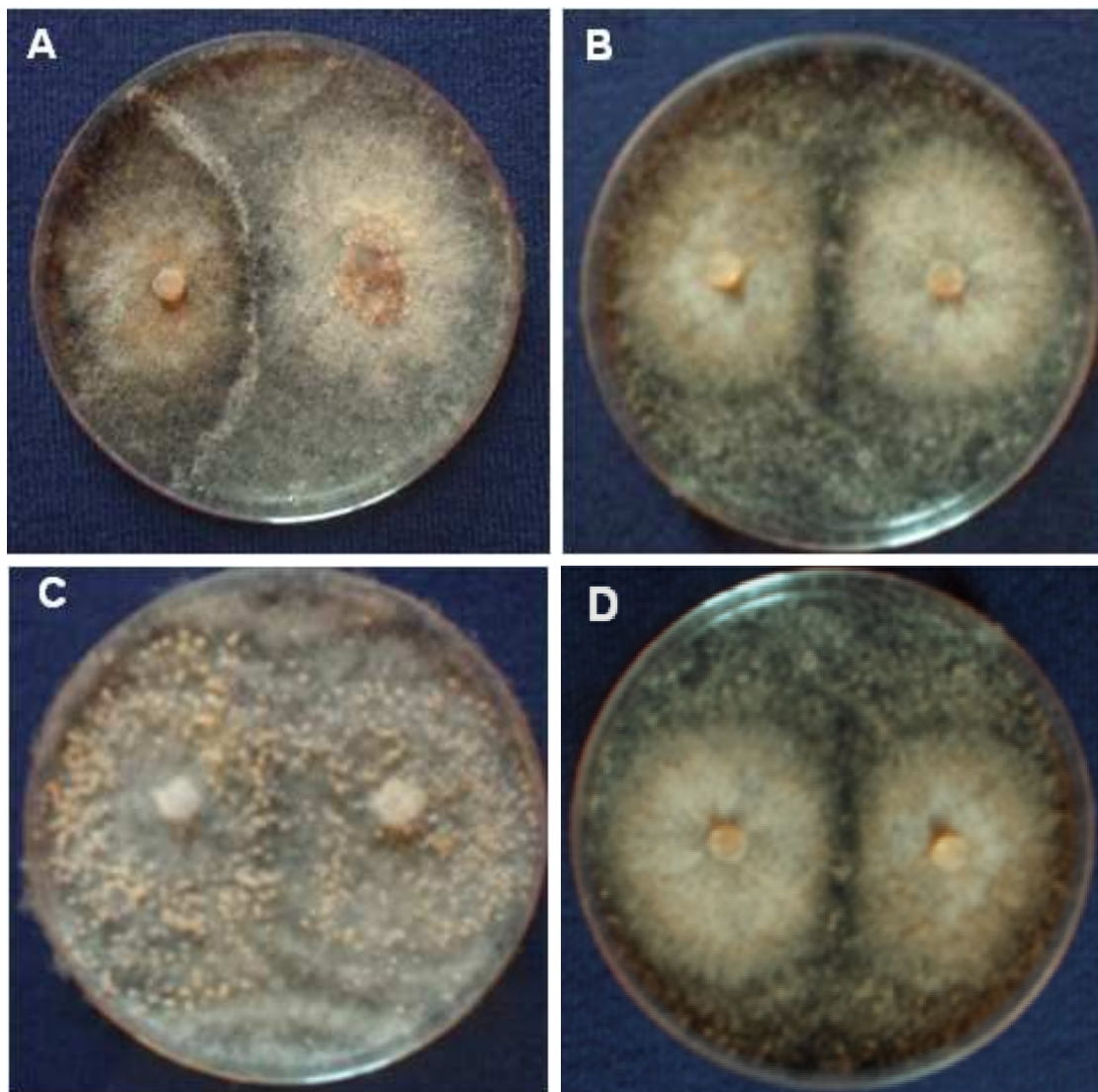


Figure 11 Types d'interactions entre les isolats étudiés et l'isolat testeur AG-3. **A:** Interaction du type "tuft" entre le testeur AG-3 et l'isolat OS. 1.12 dont l'interaction microscopique appartient à la catégorie C2, **B:** Interaction de type "merge" entre le testeur AG-3 et l'isolat T. 3.12 dont l'interaction microscopique appartient à la catégorie C3. **C:** Interaction du type "merge" issue de la confrontation testeur/testeur (AG-3/AG-3). **D:** Interaction du type "merge" issue de la confrontation isolat / isolat (T.3.12/ T.3.12).

TABLEAU VII Détermination des groupes d'anastomose des isolats algériens par les techniques de Bolkan et *al.* (1985) et de Macnish et *al.* (1997).

ISOLATS	TECHNIQUE DE BOLKAN ET AL. (1985)	TECHNIQUE DE MACNISH ET AL. (1997)	GROUPE D'ANASTOMOSE
OS. 1.12	C2	Tuft	AG-3
OS. 2.12	C2	Tuft	AG-3
OS. 3.12	C2	Tuft	AG-3
OS. 4.12	C2	Tuft	AG-3
S. 1.12	C2	Tuft	AG-3
S. 2.12	C2	Tuft	AG-3
S. 3.12	C2	Tuft	AG-3
S. 4.12	C2	Tuft	AG-3
S. 5.12	C2	Tuft	AG-3
S. 6.12	C2	Tuft	AG-3
S. 7.12	C2	Tuft	AG-3
S. 8.12	C2	Tuft	AG-3
S. 9.12	C2	Tuft	AG-3
S. 10.12	C2	Tuft	AG-3
SD.12	C2	Tuft	AG-3
B. 1.12	C2	Tuft	AG-3
B. 2.12	C2	Tuft	AG-3
B. 3.12	C3	Merge	AG-3
B. 4.12	C2	Tuft	AG-3
B. 6.12	C2	Tuft	AG-3
F.1 .12	C2	Tuft	AG-3
F. 2.12	C2	Tuft	AG-3
F. 3.12	C2	Tuft	AG-3
F. 4.12	C2	Tuft	AG-3
F. 5.12	C2	Tuft	AG-3
F. 6.12	C2	Tuft	AG-3
D. 2.12	C2	Tuft	AG-3
T. 1.12	C2	Tuft	AG-3
T. 2.12	C2	Tuft	AG-3
T. 3.12	C3	Merge	AG-3
T. 4.12	C2	Tuft	AG-3
D. 1.12	C2	Tuft	AG-3
A .12	C2	Tuft	AG-3
BT .1.12	C3	Merge	AG-3
BT. 2.12	C3	Merge	AG-3
BO. 12	C2	Tuft	AG-3
BS. 2.12	C2	Tuft	AG-3

type “merge” obtenu entre le testeur AG-3 et les quatre isolats (Figs. 11C et 11D). Ces résultats confirment ceux obtenus par la technique de Bolkan et *al.* (1985) et indiquent que les 37 isolats algériens appartiennent au groupe d’anastomose AG-3 (Tableau VII).

Les résultats obtenus sont conformes avec ceux de Macnish et *al.* (1997) sur des isolats appartenant aux groupes d’anastomose AG-8 et AG-3. En outre, en étudiant les populations colombiennes de l’AG-3 PT Ferrucho et *al.* (2012) ont observé une fréquence élevée de la formation de tuft entre les isolats dont l’interaction microscopique appartenait à la catégorie C2 et de type merge entre les isolats dont l’interaction microscopique appartenait à la catégorie C3. Les types d’interactions observés par la technique de Macnish et *al.* (1997) peuvent constituer un indicateur pour déterminer la catégorie à laquelle appartiennent les interactions obtenues par la technique de Bolkan et *al.* (1985) entre les hyphes isolat de *R. solani* et ceux du testeur AG-3. Cependant, lors d’une étude effectuée sur des isolats de *R. solani* appartenant au groupe AG-1 IA inféodé au soja Campos et Ceresini. (2006) ont constaté que le type d’interaction macroscopique ne correspond pas toujours à la même catégorie d’interaction microscopique. De ce fait la technique de Macnish et *al.* (1997) ne peut être utile que entre les isolats appartenant au groupe AG-3.

D’après Macnish et *al.* (1997), la formation du type “tuft” au niveau de la zone de contact entre les hyphes d’un isolat donné et ceux du testeur dans le cas d’une réaction de type C2 peut être due à un excès de croissance induit par la translocation du cytoplasme des cellules mortes aux cellules adjacentes suite à l’échec de l’anastomose des hyphes.

4.2. Etude du pouvoir pathogène et du comportement variétal: L’étude du pouvoir pathogène et du comportement variétal a été respectivement réalisé sur les 37 isolats et sur 9 variétés de pomme de terre.

4.2.1. Pouvoir pathogène des isolats: L’étude du pouvoir pathogène des isolats de *R. solani* a été réalisée sur des tubercules semences appartenant à la variété Désirée. Le pouvoir pathogène des isolats est estimé par le pourcentage de l’indice du chancre des tiges (ICT). Les différents degrés de l’échelle de notation du chancre des tiges obtenus sont indiqués dans la figure 12.

L’analyse de la variance a montré une différence très hautement significative pour le facteur isolat ($P < 0,0001$) et ce au seuil de 5 % (Tableau VIII). Le classement des moyennes du pourcentage du chancre des tiges par le test de LSD fait ressortir neuf groupes homogènes présentant des chevauchements (Tableau IX).

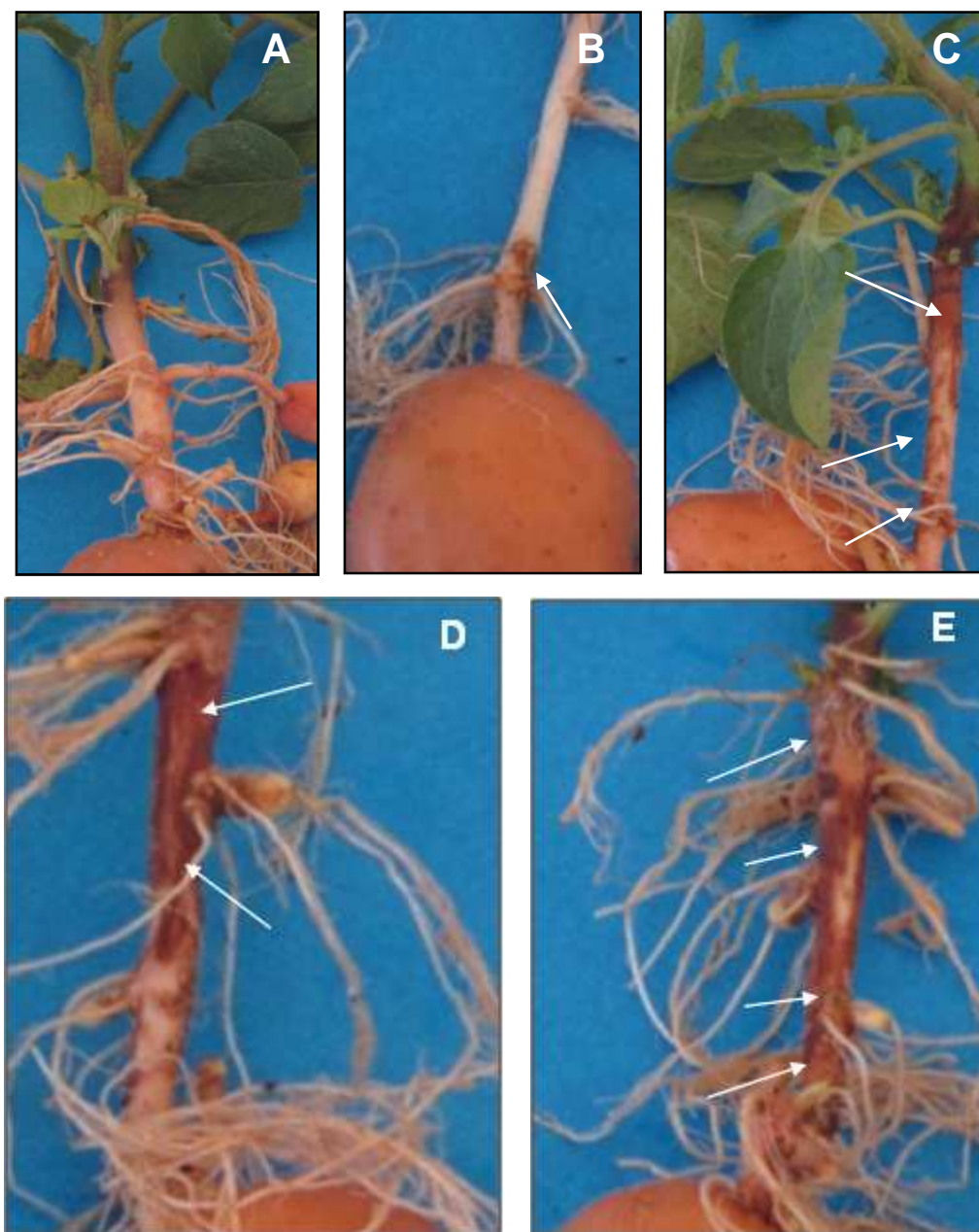


Figure 12 Différents degrés du chancre des tiges obtenus lors du test de pathogénicité. **A:** Témoin non inoculé. **B:** Tige montrant une seule lésion < 25 mm (degré de l'échelle de notation 1) **C:** Tige montrant une seule lésion de 25 à 50 mm (degré de l'échelle de notation 2). **D:** Tige montrant une lésion > 50 mm (degré de l'échelle de notation 3). **E:** Lésions entourant complètement la tige (degré de l'échelle de notation 4)

TABLEAU VIII Analyse de la variance des indices de chancre des tiges pour le facteur isolats au seuil de 5%.

SOURCES DE VARIATION	SC	ddl	CM	F	P
ISOLATS	10337,9	37	279,4	3,649	0,000
VARIATION RESIDUELLE	5820,0	76	76,6		

Les isolats ont présenté une variabilité dans leur agressivité vis à vis de la variété Désirée. Le pourcentage de l'indice du chancre des tiges varie de 5,55 (isolat S.8.12) à 68,3 (isolat B.4.12) (Tableau IX, Fig. 13). L'isolat B.4.12 s'est montré le plus agressif de la collection des isolats algériens.

Les plants de pomme de terre ont été récoltés après 30 jours du semis pour évaluer les valeurs des paramètres étudiés, cette période coïncide avec la période où les tiges commencent à développer une résistance aux infections ultérieures du pathogène (Simons et Gillian, 1997).

Le choix de la variété Désirée afin d'évaluer le pouvoir pathogène des isolats algériens de *R.solani*, est basé sur le fait que tous les isolats algériens appartiennent au groupe d'anastomose AG-3, et d'après les travaux de Rauf et al.(2007), Woodhall et al. (2007), Bienkowski (2010) et Naz et al.(2008), cette variété de pomme de terre est sensible aux isolats de *R.solani* appartenant au groupe d'anastomose AG-3. Selon Carling et Leiner, (1986), Lehtonen et al.(2008) et Woodhall et al.(2007), l'évaluation de l'agressivité des isolats peut être estimée par le pourcentage de l'indice du chancre des tiges. L'utilisation ICT comme indice de l'agressivité des isolats de *R.solani* faisant partie du groupe d'anastomose AG-3, relève du fait que le symptôme le plus préjudiciable de l'attaque de la pomme de terre par ce groupe d'anastomose est le chancre des tiges, contrairement aux autres groupes d'anastomose affectés à la pomme de terre qui sont responsables d'attaques d'autres organes (Woodhall et al., 2007). En outre, ce symptôme influence directement les pertes tant d'ordre quantitatif (réduction du rendement) que qualitatif (réduction du calibre des tubercules produits) que peut connaître la pomme de terre (Hideet Horrocks, 1993).

Les résultats du test de pathogénicité, ont montré une grande variabilité d'agressivité des isolats. Cette variabilité qui s'étale sur une fourchette large allant de 5,55% à 68,3 % indiquant une grande variabilité génétique au sein de la collection étudiée. Cette variabilité peut être due à la provenance des isolats de différentes régions du pays géographiquement éloignées les uns des autres.

TABLEAU IX Moyennes des pourcentages de l'indice du chancre des tiges (ICT) et classement des isolats selon le test LSD au seuil de 5%.

ISOLATS	MOYENNES DE L'ICT	GROUPES HOMOGENES
S.8.12	5,55	A
T.3.12	6,66	A
T.1.12	6,66	A B
OS.1.12	6,69	A B C
A.12	7,00	A B C
B.6.12	7,15	A B C
S.10.12	8,33	A B C
BO.12	8,33	A B C
D.2.12	8,33	A B C
S.3.12	14,33	A B C
S.D.12	15,48	A B C D
T.4.12	22,50	A B C D E
BT.2.12	25,42	A B C D E F
F.2.12	30,48	A B C D E F
F.1.12	31,83	A B C D E F
BS2.12	33,33	A B C D E F
OS.4.12	37,4	A B C D E F G
BT.1.12	40,48	B C D E F G H
F.4.12	40,48	B C D E F G H
S.1.12	40,48	B C D E F G H
F.5.12	41,67	C D E F G H
B.3.12	41,67	C D E F G H
S.2.12	41,68	C D E F G H
S.5.12	45,48	D E F G H
S.9.12	46,43	D E F G H
B.2.12	47,77	D E F G H
T.2.12	50,00	E F G H
OS.3.12	50,00	F G H
D.1.12	50,00	F G H
S.4.12	50,40	F G H
S.6.12	50,42	F G H
F.6.12	50,43	F G H
OS.2.12	52,58	F G H
F.3.12	57,14	G H I
B.1.1	61,31	G H I
S.7.1	65,61	H I
B.4.12	68,3	I

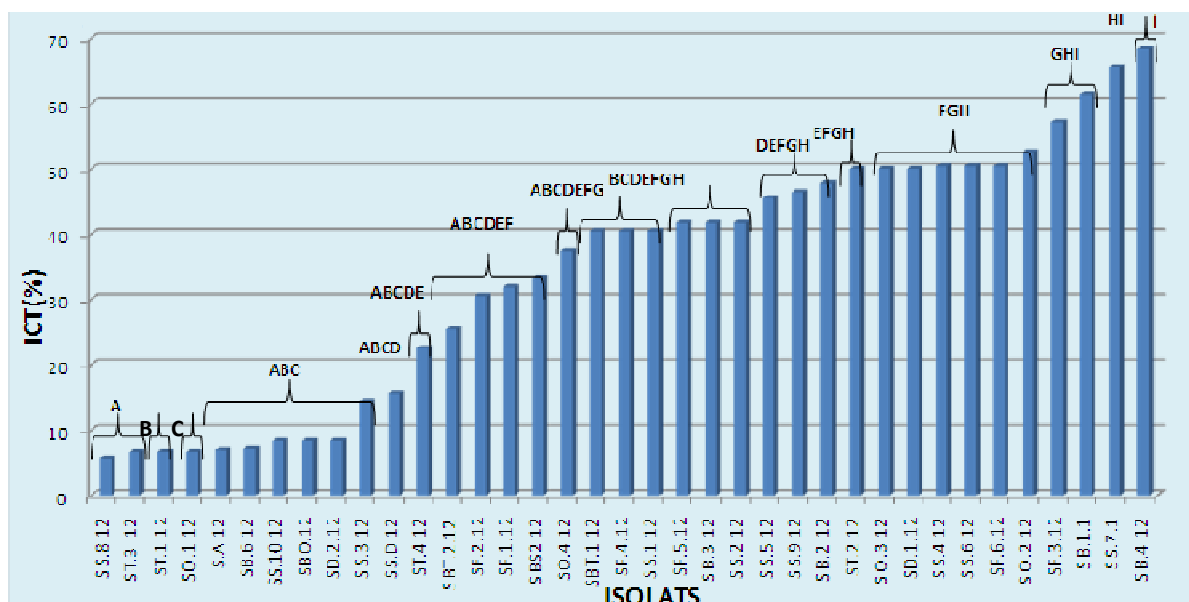


Figure 13 Classements des isolats en fonction des moyennes des pourcentages de l'indice du chancre des tiges selon le test LSD au seuil de 5%.

4.2.2. Comportement variétal: Le comportement de 9 variétés (Désirée, Bartina, Timate, Diamant, Sarpo Mira, Kondor, Fabula, Ultra, Lesita) de pomme de terre a été étudié vis-à-vis de l'isolat (B. 4 .12). Cette isolat s'est montré le plus agressif lors du test de pathogenecité. Le comportement de ces variétés a été évalué par l'estimation des paramètres suivants: la sévérité du chancre des tiges et des stolons, la sévérité du rhizoctone brun (production de sclérotés sur les tubercules), le calibre des tubercules produits ainsi que la réduction du rendement. Cette étude a mis en évidence une grande variabilité de réponses des différentes variétés à l'attaque de *R.solani*, et ce pour tous les paramètres évalués. Au terme de cette étude on a pu classer les variétés testé par rapport à leur tolérance à l'attaque de ce pathogène.

4.2.2.1. Sévérité du chancre des tiges: La sévérité du chancre des tiges a été estimée par l'indice ICT exprimé en pourcentage. Les 9 variétés de pomme de terre se sont montrés sensibles au chancre des tiges (Fig. 14). L'analyse de la variance du paramètre chancre des tige pour les facteurs variétés et blocs a révélé un effet significatif pour le facteur variété et un effet non significatif pour le facteur blocs (Tableau X)

TABLEAU X Analyse de la variance du chancre des tiges pour les facteurs variétés et blocs.

SOURCES DE VARIATION	SC	ddl	CM	F	P
VARIÉTÉS	566,61	8	70,83	3,5225	0,010
BLOCS	58,72	2	29,36	1,4603	0,260
VARIATION RÉSIDUELLE	321,71	16	20,11		

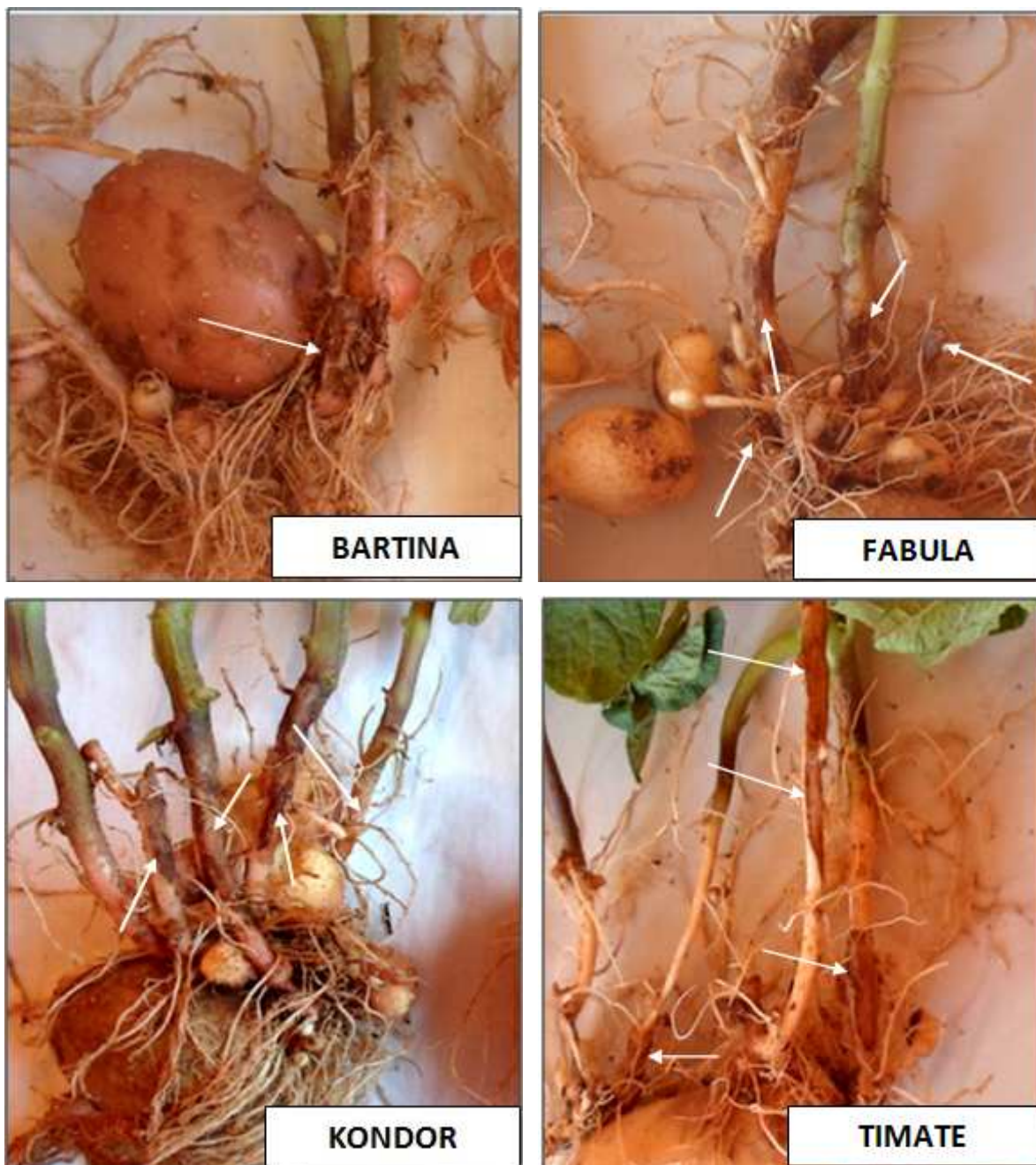


Figure 14 Symptômes du chancre des tiges de chancre des tige(flèches) sur quelques variétés de pomme de terre

Le classement des moyennes du pourcentage du chancre des tiges par le test de LSD au seuil de 5 % pour le facteur variété fait ressortir quatre groupes homogènes (Tableau XI, Fig.15). Les pourcentages les plus faibles de l'indice du chancre des tiges ont été enregistrés chez les variétés Bartina (15,08%) et Diamant (16,98%). Les variétés Fabula, Ultra, Sarpo Mira, Kondor et Lésita ont respectivement montré des pourcentages des indices de 18,75, 19,41, 20,27, 35,73, 36,04 %. Les pourcentages des indices les plus élevés ont été enregistrés chez les variétés Désirée (54,83%) et Timate (56,68%) (Tableau XI).

TABLEAU XI Classement selon le test LSD de la moyenne des pourcentages des indices du chancre des tiges sous l'influence du facteur variété.

VARIETES	MOYENNES DES POURCENTAGES DES ICT	GROUPES HOMOGENES
BARTINA	15,08	A
DIAMANT	16,98	A
FABULA	18,75	A B
ULTRA	19,41	A B
SARPO MIRA	20,27	A B
KONDOR	35,73	A B
LESITA	36,04	A B
DESIREE	54,83	B
TIMATE	56,68	C

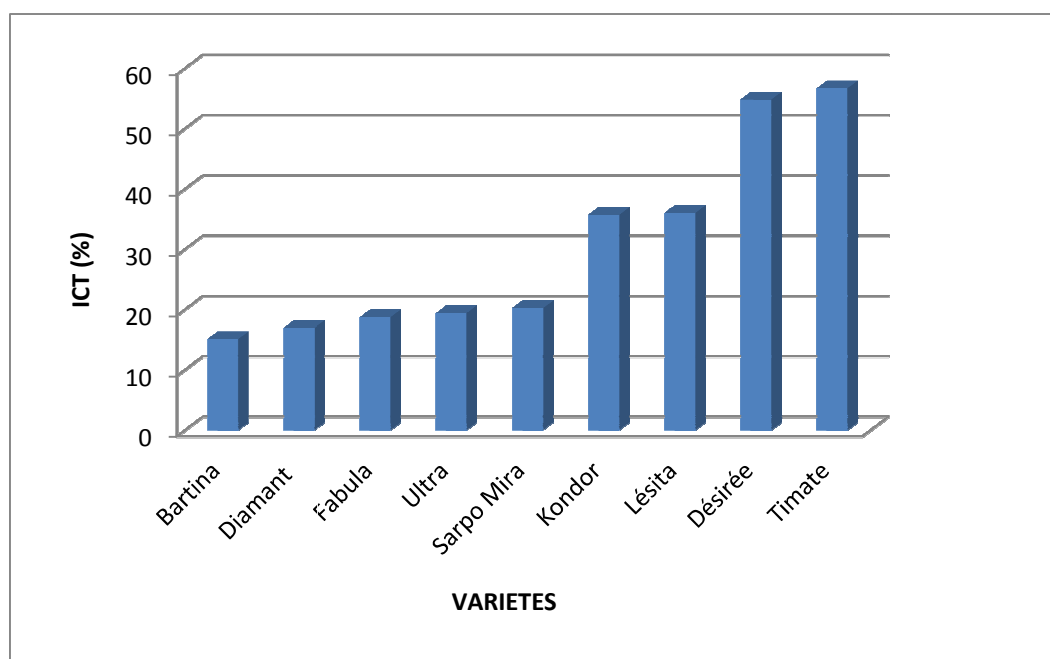


Figure 15 Classement des variétés selon l'indice de chancre des tiges (ICT)

4.2.2.2. Sévérité du chancre des stolons: La sévérité du chancre des stolons a été estimée par l'indice ICS exprimé en pourcentage. Les 9 variétés de pomme de terre se sont montrés sensibles au chancre des stolons. L'analyse de la variance du paramètre chancre des stolons pour les facteurs variétés et blocs a révélé un effet significatif pour le facteur variété et un effet non significatif pour le facteur blocs (Tableau XII).

TABLEAU XII Analyse de la variance du chancre des stolons pour les facteurs variétés et blocs

SOURCE DE VARIATION	M	ddl	CM	F	P
VARIETES	609,20	8	76,15	3,8708	0,010
BLOCS	62,72	2	31,36	1,5940	0,23
VARIANCE RÉSIDUELLE	314,77	16	19,67		

Le classement des moyennes du pourcentage du chancre des tiges selon le test de LSD au seuil de 5 % pour le facteur variété fait ressortir trois groupes homogènes (Tableau XIII, Fig.16). Le pourcentage le plus faible de l'indice du chancre des stolons a été enregistré chez la variété Bartina (15,25%). Les variétés Ultra, Désirée, Kondor, Timate, Sarpo Mira, Lesita et Fabula ont respectivement montré des pourcentages relativement plus élevés: 16,85, 17,75, 19,31, 20,17, 21,73, 22,14 et 22,83 %. Le pourcentage le plus élevé a été enregistré chez la variété Diamant (32,65 %) (Tableau XIII).

TABLEAU XIII Classement selon le test LSD à 5% des indices du chancre des stolons (ICS) pour le facteur variétés

VARIETES	MOYENNES DES POURCENTAGES DES ICS	GROUPES HOMOGENES
BARTINA	15, 25	A
ULTRA	16, 85	A B
DESIRÉE	17, 75	A B
KONDOR	19, 31	A B
TIMATE	20, 17	A B
SARPO MIRA	21,73	A B
LESITA	22,14	A B
FABULA	22,83	B
DIAMANT	32,65	C

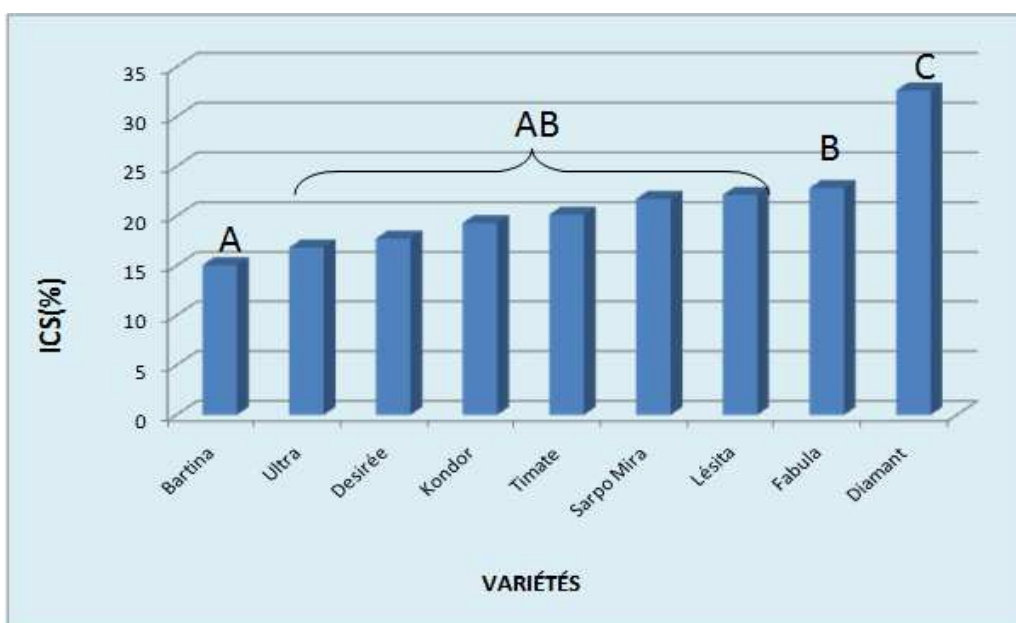


Figure 16 Classement des variété selon l'indice de chancre des stolons (ICS)

4.2.2.3. La sévérité du rhizoctone brun: La sévérité du rhizoctone brun est estimée par l'indice du rhizoctone brun (IRB) exprimé en pourcentage. Les tubercules fils de toutes les variétés inoculés ont montré des sclérotés après 90 jours.

L'analyse de la variance des indices moyens du rhizoctone brun (IRB) au seuil de 5% a révélé un effet hautement significatif pour le facteur variétés et non significatif pour le facteur blocs (Tableau XIV).

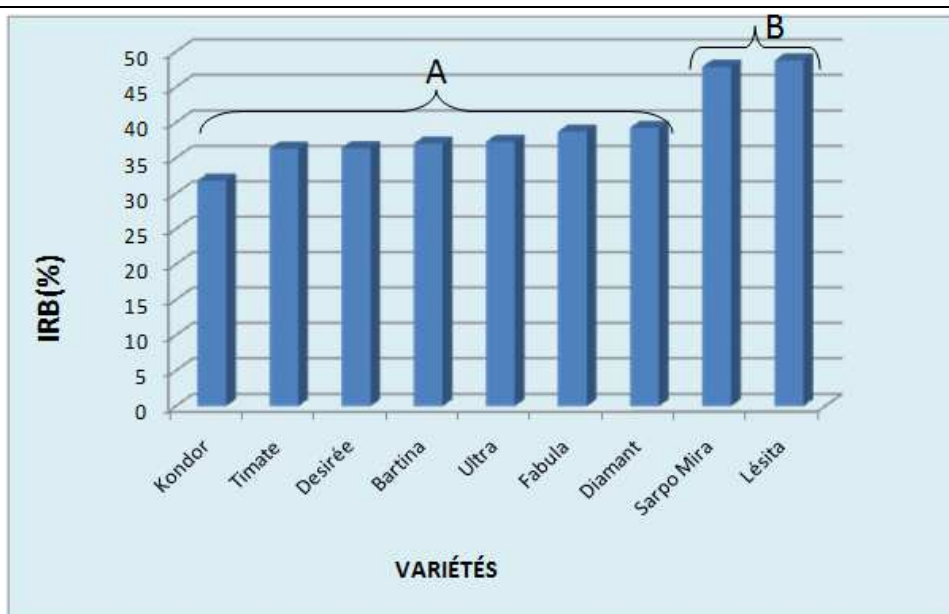
TABLEAU XIV Analyse de la variance de l'indice du rhizoctone brun .

SOURCE DE LA VARIATION	SC	ddl	CM	F	P
VARIETES	738,35	8	92,29	4,238	0,00
BLOCS	14,98	2	7,49	0,344	0,71
VARIANCE RESIDUELLE	348,48	16	21,78		

Le classement des indices moyen du rhizoctone brun par le test LSD au seuil de 5% nous a permis de distinguer deux groupes homogènes (Tableau XV, Fig. 17). L'indice du rhizoctone brun varie d'une variété à l'autre. Le pourcentage le plus faible de l'indice du rhizoctone brun a été enregistré chez la variété Kondor (31,84%). Les variétés Timate, Désirée, Bartina, Ultra, Fabula et Diamant ont respectivement montré des pourcentages relativement plus élevés : 36,34, 36,43, 37,07, 38,75 et 39,30. Les pourcentages de l'indice de rhizoctone brun le plus élevé a été enregistré chez les variétés Sarpo Mira (47,90) et Lésita (48,80) (Tableau XV).

TABLEAU XV Classement selon le test LSD à 5% des indices du rhizoctone brun (IRB) pour le facteur variétés

VARIETES	MOYENNES DES POURCENTAGES DES ICS	GROUPES HOMOGENES
KONDOR	31,84	A
TIMATE	36,34	A
DESIRÉE	36,43	A
BARTINA	37,07	A
ULTRA	37,31	A
FABULA	38,75	A
DIAMANT	39,30	A
SARPO MIRA	47,90	B
LESITA	48,80	B

**Figure 17** Classement des variétés selon l'indice de de rhizoctone brun (IRB).

4.2.2.4. Réduction du rendement: La réduction du rendement a été estimée par l'indice IRR exprimé en pourcentage. L'analyse de la variance des pourcentages de réduction du rendement a révélé un effet hautement significative pour le facteur variétés et un effet non significatif pour le facteur blocs (Tableau XVI).

TABLEAU XVI Analyse de la variance de la réduction du rendement sous l'influence des facteurs variétés et blocs.

SOURCE DE LA VARIATION	SC	ddl	CM	F	P
VARIÉTÉS	812,862	8	101,608	17,4067	0,0000
BLOCS	5,966	2	2,983	0,5110	0,609345
VARIANCE RESIDUELLE	5,837	16	93,396		

Le classement des pourcentages moyens de réduction du rendement par le test LSD au un seuil de 5 % nous a permis de distinguer trois groupes homogènes (Tableau XVII, Fig. 18). Les variétés Fabula, Ultra, Bartina, Lésita et Sarpo Mira ont respectivement enregistré les pourcentages de l'indice de réduction du rendement les plus faibles par rapport au témoin non inculé: 0,44, 0,72, 1,40, 3,11 et 3,25 %. La variété Kondor a montré un pourcentage de l'indice de réduction du rendement relativement élevé de l'ordre de 9,28%. Les pourcentages de l'indice de réduction du rendement les plus élevés ont été enregistrés chez les variétés Timate (12,87) et Désirée (13,41 %) (Tableau XVII).

TABLEAU XVII Classement des pourcentages moyens de réduction du rendement par le test LSD à un seuil de 5% sous l'effet du facteur variétés.

VARIÉTÉS	MOYENNES DES POURCENTAGES DES IRR	GROUPES HOMOGÈNES
FABULA	0,44	A
ULTRA	0,72	A
BARTINA	1,40	A
LESITA	3,11	A
SARPO MIRA	3,25	A
KONDOR	9, 28	B
TIMATE	12, 87	B C
DESIREE	13, 41	B C
DIAMANT	14,03	C

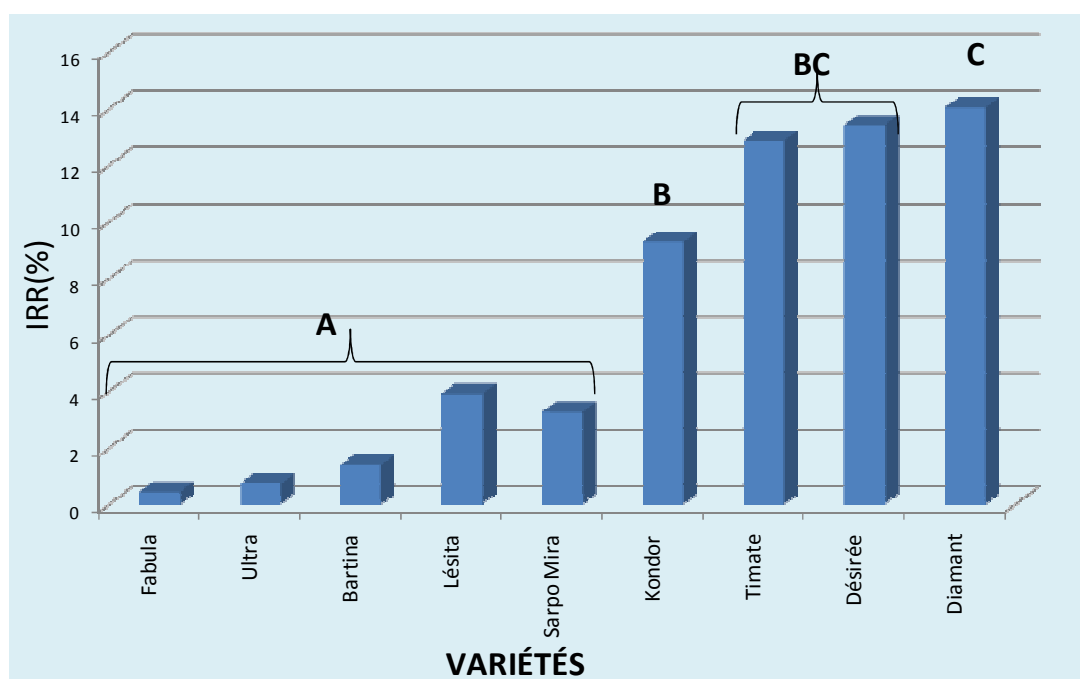


Figure 18 Classement des variétés selon l'indice de réduction du rendement (IRR).

4.2.2.4. Calibre des tubercules produits: Le calibre des tubercules produits a été estimé par l'indice ICTb exprimé en pourcentage. L'analyse de la variance des pourcentages de l'indice de calibre des tubercules a révélé un effet très hautement significative pour le facteur variétés et hautement significatif pour le facteur traitements. L'interaction de ces deux facteurs (variétés/traitements) a montré un effet significatif sur le pourcentage des indices du calibre des tubercules. L'effet du facteur bloc s'est montré non significatif (Tableau XVIII).

TABLEAU XVIII Analyse de la variance du calibre des tubercules sous l'effet des facteurs variétés, traitements, interaction variété/traitements et blocs.

SOURCE DE LA VARIATION	SC	ddl	CM	F	P
VARIÉTÉS	3181,9	8	397,7	6,929	0,000
TRAITEMENTS	573,2	1	573,2	9,985	0,005
VARIETES *TRAITEMENTS	1659,2	8	207,4	3,613	0,004
BLOCS	66,3	2	33,2	0,578	0,56
VARIANCE RESIDUELE	57,4	34	1951,7		

Le classement des pourcentages moyens de l'indice du calibre des tubercules par le test LSD au seuil de 5 % nous a permis de distinguer deux groupes homogènes pour le facteur traitements (Tableau XVIII), deux groupes homogènes pour le facteur variétés (Tableau XIX) et six groupes homogènes pour l'interaction des deux facteurs (variétés/traitements) (Tableau XX, Fig 20)

Le pourcentage de l'indice de calibre des tubercules s'est montré plus élevé chez les plants témoins (61,19) par rapport à ceux inoculés (54,67) (Tableau XVIII, Fig. 20).

TABLEAU XIX Classement des pourcentages moyens des indices de calibres des tubercules (ICTb) selon le test LSD à 5% et sous l'effet du facteur traitements.

TRAITEMENTS	MOYENNES DES POURCENTAGES DES ICTb	GROUPES HOMOGENES
PLANTS INOCULÉS	54,67	A
PLANTSTÉMOINS	61,19	B

Les pourcentages de l'indice de calibres des tubercules les plus faibles ont été enregistrés chez les variétés Désirée, Bartina, Sarpo-Mira, Kondor, Lesita, Diamon et Fabula avec des pourcentages des indices respectifs de: 44,56, 52,53, 54,08, 54,48, 56,85, 59,82 et 60,80 %. Les

pourcentages des indices les plus élevés ont été enregistrés chez les variétés Ultra (65,10 %) et Timate (73,14 %). Les variétés Désirée et Bartina n'ont pas montré de différence entre les pourcentages des plants témoins et ceux inoculés. Chez les variétés Ultra et Fabula, les pourcentages des indices se sont montrés plus élevés chez les plants inoculés que sur ceux des témoins non inoculés (Tableau, XIX Fig. 21).

TABLEAU XX Classement des pourcentages moyens des indices de calibres des tubercules (ICTb) selon le test LSD à 5% et sous l'effet du facteur variétés.

VARIÉTÉS	MOYENNES DES POURCENTAGES DES ICTb	GROUPES HOMOGENES
DESIRÉE	44,56	A
BARTINA	52,53	A
SARPO-MIRA	54,08	A
KONDOR	54,48	A
LESITA	56,85	A
DIAMANT	59,82	A
FABULA	60,80	A
ULTRA	65,10	B
TIMATE	73,14	B



Figure 19 Variabilité du calibre des tubercules fils des différentes variétés. I : inoculé T : témoin.

TABLEAU XXI Classement des calibres moyens des tubercules selon le test LSD à 5% et sous l'effet de l'interaction des deux facteurs étudiés variétés/traitements.

VARIETES	TRAITEMENTS	MOYENNES DES POURCENTAGES DES ICTb	GROUPES HOMOGENES
DÉSIRÉE	Inoculé	43,88	A
DÉSIRÉE	Témoin	45,25	A
KONDOR	Inoculé	48,21	A B C
SARPO MIRA	Inoculé	48,64	A B C
BARTINA	Inoculé	51,46	A B C D
BARTINA	Témoin	53,60	A B C D
DIAMANT	Inoculé	54,94	A B C D E
LESITA	Inoculé	55,15	A B C D E
TIMATE	Inoculé	57,40	A B C D E
LESITA	Témoin	58,54	B C D E F
FABULA	Témoin	59,33	C D E F
SARPO MIRA	Témoin	59,52	C D E F
ULTRA	Témoin	60,12	C D E F
KONDOR	Témoin	60,76	C D E F
FABULA	Inoculé	62,28	D E F
DIAMANT	Témoin	64,70	E F
ULTRA	Inoculé	70,09	F
TIMATE	Témoin	88,88	G

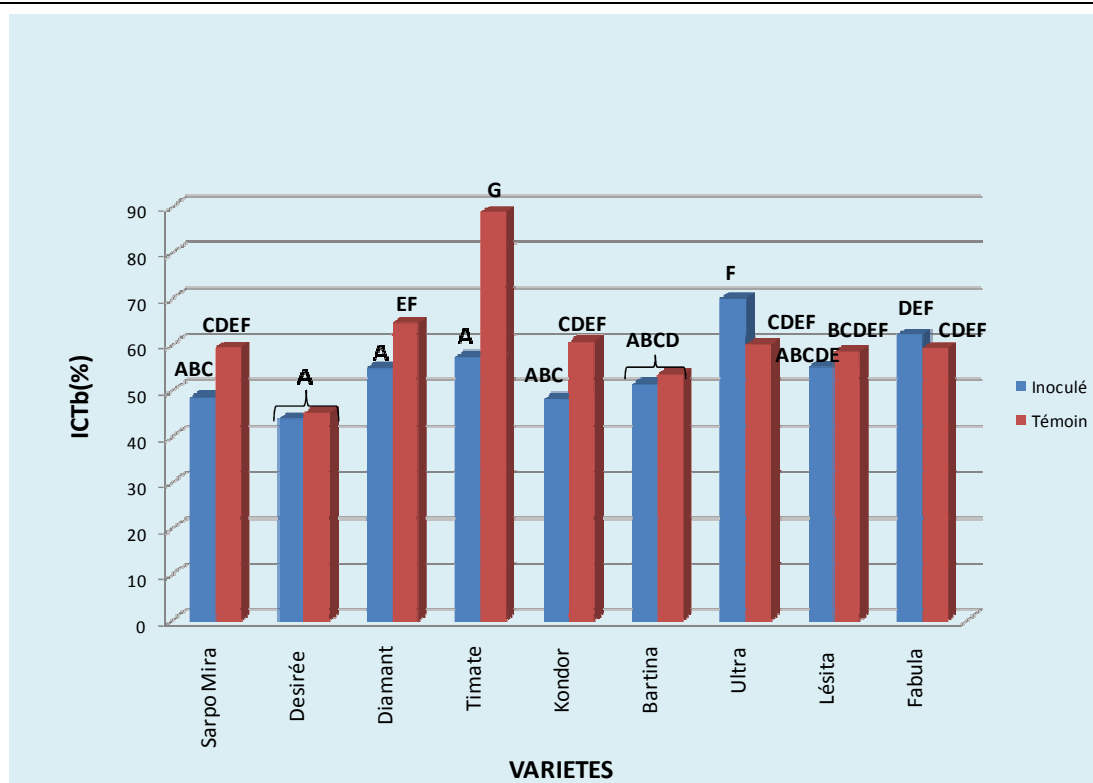


Figure 20 Classement des variétés selon l'indice du calibre des tubercules (ICTb).

4.2.3. Discussion

Les résultats obtenus ont révélé la sensibilité de toutes les variétés testées à l'isolat B.4.12 de *R. solani*. Ces variétés ont manifesté les symptômes typiques de la maladie à savoir le chancre des tiges et des stolons et la formation de sclérotas à la surface des tubercules fils (rhizoctone brun). La réponse de ces variétés à l'égard de cet isolat s'est caractérisée par une grande variabilité pour tous les paramètres étudiés (ICT, ICS, IRB, IRR, ICTb). Ces résultats confirment les résultats de plusieurs auteurs qui n'ont pas enregistré une variété de pomme de terre totalement résistante à *R. solani*. Parmi ces auteurs Djébali et Tarhouni. (2010), ces derniers ont étudié le comportement de 11 variétés de pomme de terre cultivées en Tunisie, toutes ces variétés se sont montrées sensibles aux attaques de ce champignon. En effet l'absence de résistance totale à ce pathogène parmi les variétés étudiées indique que la résistance de la pomme de terre à *R. solani* est polygénique (Tiemens-Hulsher et Lammets, 2012).

Le chancre des tiges et des stolons a été observé sur les neuf variétés étudiées, avec des valeurs de pourcentage de chancre des tiges plus importantes par rapport au chancre des stolons et ce pour toutes les variétés. Parmi celles-ci Diamant et Désirée ont montré les pourcentages des indices du chancre des tiges et des stolons les plus élevés. Naz et al. (2008) en étudiant la réponse de 14 variétés et 6 lignés de pomme de terre à un isolat très agressif de *R. solani* sous serre, ont signalé que la variété Désirée a montré les pourcentages de chancre des tiges et des stolons les plus élevés parmi les géotypes étudiés. En outre Khandaker et al. (2011) ont évalué le comportement de 11 variétés de pomme de terre cultivées en Bangladesh à l'égard de *R. solani* dans les conditions de champ, ces auteurs ont constaté que la variété Diamant est très sensible au chancre des tiges et des stolons.

Les tubercules fils des neuf variétés ont présenté des pourcentages de l'indice du rhizoctone brun variables. Les pourcentages de l'indice du rhizoctone ont été inférieurs à 50% pour toutes les variétés étudiées. Ce résultat est conforme à celui obtenu par Djébali et Tarhouni. (2010). Ces auteurs ont enregistré après 90 jours du semis des pourcentages de l'indice du rhizoctone brun inférieurs à 50%. Ces pourcentages d'indice du rhizoctone brun ont connu une augmentation de leurs valeurs quand les tubercules fils sont récoltés après 105 jours du semis, ce qui a été confirmé par Lootsma et Scholte. (1996) et Bains et al. (2002). Ces derniers ont constaté que la récolte des tubercules fils une fois ils ont atteint leur maturité réduit l'incidence de rhizoctone brun. De ce fait on peut constater que la résistance des variétés de pomme de terre au rhizoctone brun relève à la fois de leur hérédité et de la durée séparant leur maturité et leur récolte (Bains et al., 2002).

L'isolat B.4.12 de *R.solani* a induit une réduction du calibre des tubercules des variétés Kondor, Timate, Diamant, Sarpo Mira et Lésita. Au contraire, les tubercules fils des variétés Fabula et Ultra ont montré une augmentation du calibre des tubercules. L'augmentation du calibre des tubercules due à une attaque de *R. solani* a été également constaté par Hide et Horrocks (1993). Dans notre essai, les variétés Bartina et Désirée n'ont pas montré de différence dans le calibre des tubercules fils issus des plants témoins et des plants inoculés.

L'inoculation de l'isolat B.4.12 de *R. solani* a provoqué une réduction du rendement qui est variable d'une variété à l'autre. Cette réduction varie de 0,44 jusqu'à 14,03 %. Les résultats de notre étude n'ont montré aucune relation entre la couleur de peau et la réduction du rendement, en revanche Leach et Webb.(1993) ont observé un rendement bas chez les variétés à peau rouge par rapport à celles à peau blanche.

En outre, aucune corrélation n'a été constaté entre les chancre des tiges et des stolons avec le rhizoctone brun ou le calibre des tubercules. Simons et Gillian.(1997) ont par contre signalé une corrélation positive entre le chancre des tiges et des stolons avec le rhizoctone brun d'un coté et entre le chancre des tiges et des stolons et le calibre des tubercules d'un autre coté.

L'absence de variétés totalement résistantes parmi les variétés qu'on a étudié ainsi que la grande variabilité de reponses de ces dernière vis-à-vis de l'infection par *R.solani*, rendent indispensable la recherche d'une methode de classement de ces variétés. Dans notre cas on les a classé en fonction de leur tolérance a l'infection par ce pathogene. La tolérance est caractéristique des plantes capables de procurer une production acceptable en dépit de leur infection par un pathogène. Durant la présente étude elle est estimée par la réduction du rendement en tubercules (indiqué par l'indice de réduction du rendement IRR), par rapport auquel on a classé les variétés étudiés en tolérantes (Bartina, Fabula, et Ultra), moyennement tolérantes (Sarpo Mira, Lesita, et Kondor) et sensibles (Timate, Désirée et Diamant).

CONCLUSION GENERALE

5. CONCLUSION GENERALE

De nombreuses maladies interfèrent avec la culture de la pomme de terre. Parmi ces maladies, on peut citer celles causées par *Rhizoctonia solani* Kühn. Ce pathogène attaque différents organes de la plante en provoquant des symptômes de chancre (sur les tiges, les stolons et les racines) ainsi que la formation de sclérotés sur les tubercules fils. Ce champignon engendre des dommages tant quantitatifs que qualitatifs (Woodhal et al., 2007).

Au cours de la première étape de notre travail on a pu isoler et caractériser trente sept isolats de *R. solani*. L'isolement a été réalisé à partir de sclérotés présents sur les tubercules de pomme de terre provenant de différentes régions productrices de cette espèce. Ces isolats ont montré sur milieu PDA les caractéristiques morphologiques typiques de l'espèce *R. solani*. Par la suite, ces isolats ont été confrontés à des testeurs appartenant aux groupes d'anastomose AG-2-1, AG-4, AG-4-II, AG-11, AG-9 et AG-3 selon la technique de Bolkan et al. (1985). Les catégories d'interaction entre les isolats algériens et les différents testeurs ont révélé l'appartenance de tous ces isolats au groupe d'anastomose AG-3. Celui-ci est le plus présent sur la pomme de terre à travers le monde. Trente trois isolats identifiés ont montré une interaction appartenant à la catégorie C2 en confrontation avec le testeur AG-3, par conséquent les isolats algériens et ce testeur n'appartiennent pas à la même population de compatibilité végétative contrairement aux quatre isolats qui ont montré une interaction C3. Les résultats obtenus par la technique citée précédemment ont été confirmés par la technique de Macnish et al. (1997). Les résultats issus de cette technique nous ont permis de constater que les types d'interaction enregistrés à l'échelle macroscopique peuvent constituer un bon indicateur de la catégorie d'interaction microscopique et ce entre des isolats appartenant au groupe AG-3.

Les trente sept isolats étudiés se sont montrés virulents vis-à-vis de la variété de pomme de terre Désirée. Le degré d'agressivité de ces isolats était variable d'un isolat à l'autre. Cette variabilité peut être due à la provenance de ces isolats de plusieurs régions d'Algérie. Le comportement des neuf variétés de pomme de terre à l'égard de l'isolat de *R. solani* qui s'est montré le plus agressif lors du test de pathogénicité a révélé l'absence de variétés totalement résistantes à ce pathogène. La réponse de 9 variétés à l'égard de cet isolat s'est caractérisée par une grande variabilité pour tous les paramètres étudiés (le chancre des tiges et des stolons, le rhizoctone brun, la réduction du rendement et le calibre des tubercules produits). En outre, on a constaté l'absence de corrélation entre ces paramètres. Par rapport à la réduction du

rendement, ces variétés se sont montrées plus ou moins tolérantes à l'égard de l'isolat B4.12. Selon leur degré de tolérance, les variétés de pomme de terre étudiées ont été classées en tolérantes (Bartina, Fabula, et Ultra), moyennement tolérantes (Sarpò Mira, Lesitaet Kondor) et sensibles (Désirée, Timate et Diamant).

Ce travail a permis d'identifier pour la première fois le groupe d'anastomose auquel appartient une collection d'isolats algériens de *R.solani*. Le groupe d'anastomose a été identifié par fusion des hyphes dont les résultats doivent être confirmés par une technique moléculaire à savoir l'utilisation d'amorces spécifiques au groupe d'anastomose AG-3. Cependant, le nombre d'isolats étudiés ne peut pas être représentatif de la population de ce champignon à l'échelle nationale. En effet, il serait nécessaire de réaliser une étude plus exhaustive comprenant un nombre plus important d'isolats pour avoir une idée sur les autres groupes d'anastomose qui pourraient s'associer à la culture de pomme de terre en Algérie. Il serait également intéressant d'identifier les différentes espèces hôtes de ce champignon et ce afin d'établir un programme de rotation pertinents et par conséquent réduire les pertes causées par ce champignon. Par ailleurs, le nombre de variétés de pomme de terre étudiées semble réduit pour pouvoir donner une idée sur la présence ou l'absence de variétés de pomme de terre résistantes à ce pathogène d'autant plus que le catalogue nationale des variétés homologuées comporte 122. Par conséquent, il serait indispensable de réaliser un screening sur les variétés inscrites et ce sous différentes conditions environnementales.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abd-El salam, K.A. M., Moslem, A et Bahkali, A.H.2009. First morpho-molecular identification of *Rhizoctonia solani* AG-7 from potato tuber-borne sclerotium in Saudi Arabia. African Journal of Microbiology Research **3**(12): 952-956.
- Adams, M.J.et Hide, G.A.et Lapwood, D.H.1980.Relationships between disease levels on seed tubers, on crops during growth and in store potatoes. Introduction and black scurf. Potato research **23**: 201-214.
- Amrar, S. 2013. La culture de pomme de terre: production et possibilité pour la transformation. Journée de la pomme de terre. CCI. Dahra, 4 Décembre 2013, Mostaganem. 18 pp.
- Anderson, A.1982. The genetics and pathology of *Rhizoctonia solani*. Ann. Rev. Phytopathology **20**: 329-47.
- Anquiz, R et Martin, C.1989.Anastomosis groups, pathogenicity, and other characteristics of *Rhizoctonia solani* isolated from potatoes in Peru. Plant disease: 199-201.
- Anonyme, 2008. La Pomme de terre – Journée Information Agriculture du 7 février 2008. Agroscope Changins-Wädenswil et Agroscope Reckenholz-Tänikon.60 pp
- Bains, P. S., Bennypaul, H. S., Lynch, D. R., Kawchuk, L. M et Schaupmeyer, C. A. 2002. *Rhizoctonia* disease of potatoes (*Rhizoctonia solani*): Fungicidal efficacy and cultivar susceptibility. American Journal of Potato Research **79**: 99-106.
- Baker, R.et Martinson, C.A.1970.Epidemiology of diseases caused by *Rhizoctonia solani*. Pp. 172-188 In: Parmeter Jr., J.R. (Ed). *Rhizoctonia solani*, Biology and Pathology, University of California Press, Berkeley, USA.
- Balali, G.R., Neate, S.M., Kasalkheh, A.M., Stodart, B.J., Melanson, D. L et Scott, E.S. 2007. Intraspecific variation of *Rhizoctonia solani* AG-3 isolates recovered from potato fields in Central Iran and South Australia. Mycopathologia **163**: 105–115.

- Balali, GR.et Kowsari, M.2008.Pectic zymogram variation and pathogenicity of *Rhizoctonia solani* AG-4 to bean (*Phaseolus vulgaris*) isolates in Isfahan, Iran. Mycopathologia **158**: 377-84.
- Banville, G. J. 1989. Yield losses and damage to potato plants caused by *Rhizoctonia solani* Kühn. *American Potato Journal* **66**: 821-834.
- Banville, G.J., Carling, D.E. et Otrysko, BE.1996. *Rhizoctonia* diseases on potato.Pp. 321-330.In*Rhizoctonia Species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control*. Eds. B. Sneh, S. Jabaji-Hare, S. Neate, G. Dijst. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.
- Bolkan, H. A., Ribeiro, W.R. C.1985. Anastomosis Groups and Pathogenicity of *Rhizoctonia solani* Isolates from Brazil. *Plant Disease*: 599-601.
- Bourget, D.1998.Le grand livre des variétés de pomme de terre.Editions AD hoc81 pp.
- Brewer, M.T. et Larkin, P. R. 2005. Efficacy of several potential biocontrol organisms against *Rhizoctonia solani* on potato. *Crop protection* **24**: 939-950.
- Brown, C.R.1993. Origin and history of the potato. *American potato journal* **70**: 363-372.
- Budge, G. E., Shaw, M. W., Colyer, A., Pietravalle, S.et N. Boonham.2009. Molecular tools to investigate *Rhizoctonia solani* distribution in soil. *Plant Pathology* **58**: 1071–1080.
- Campion, C., Chatot, C., Perraton, B., Andrivon, D.2003. Anastomosis groups, pathogenicity and sensitivity to fungicides of *Rhizoctonia solani* isolates collected on potato crops in France. *Eur J Plant Pathol* **109**: 983–992.
- Campos, A.P.S. et Ceresini, P.C. 2006. Somatic incompatibility in *Rhizoctonia solani* AG-1 IA of soybean. *Summa Phytopathol* **32**: 247-254.
- Carling, D.E.1996. Grouping in *Rhizoctonia solani* by hyphal anastomosis reaction.Pp. 37-47.In*Rhizoctonia Species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control*. Eds. B. Sneh, S. Jabaji-Hare, S. Neate, G. Dijst. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.
- Carling, D.E., Brainard, K.A., Virgen-Calleros, G.et Olalde-Portugal, V.1998.First Report of *Rhizoctonia solani*AG-7 on Potato in Mexico. *Plant disease*, Volume **82**: 1-127.

- Carling, D. E., Pope, E.J., Brainard, K. A. et Carter, D.A.1999. Characterization of Mycorrhizal Isolates of *Rhizoctonia solani* from an Orchid, Including AG-12, a New Anastomosis Group. *Ecology and Population Biology* Vol. **89**, No. 10: 943-946.
- Carling, D.E., Leiner, R. H. et Kebler. 1987. Characterization of a New Anastomosis Group (AG-9) of *Rhizoctonia solani*. *Ecology and Epidemiology* **77**, no **11**: 1609-1612.
- Carling, D.E. et Leiner, R. H. 1986. Isolation and Characterization of *Rhizoctonia solani* and binucleate *R.solani*-like Fungi from Aerial Stems and Subterranean Organs of Potato Plants. *Ecology and Epidemiology*, vol .**76**,no.7 : 725-729.
- Carling, D.E. et Leiner, R. H.1990. Virulence of isolates of *Rhizoctonia solani* AG-3 collected from potato plant organs and soil. *Plant Disease*, 901-903.
- Carling, D.E., Baird, R.E., Gitaitis, R.D., Brainard, K.A., et Kuninaga, S. 2002. Characterization of AG-13, a Newly Reported Anastomosis Group of *Rhizoctonia solani*. *phytopathology*. Vol. **92**, No. 8: 893-899.
- Cecil, J. E.1993. Transformation de l'amidon à petite et moyenne échelle. *Food & Agriculture Org.*, 1993 -334 pp
- Ceresini, P.C., Shew, H. D., James, T.Y., Vilgalys, R. J. et Cubeta, M.A.2007. Phylogeography of the *Solanaceae*-infecting *Basidiomycota* fungus *Rhizoctonia solani* AG-3 based on sequence analysis of two nuclear DNA loci. *BMC Evolutionary Biology* **7** : 163,1-23
- CIP.1979. La pomme de terre, maladies et nématodes, le centre international de la pomme de terre, 66pp.
- CIP.1990. Maladies et ravageurs de la pomme de terre, manuel, centre international de la pomme de terre, 168 pp.
- CNCC. 2010. Bulletin des variétés, pomme de terre, 253pp.
- Cubeta, M. A. et Vilgalys, R.1997. Population Biology of the *Rhizoctonia solani* Complex. *Phytopathology*. Vol. **87**, No 4: 480-484.
- Dashwood, E. P., Burnett, E. M., Perombelon, M. C. M. 1991. Effect of a continuous hot water tr-

- eatment tubers on seed-borne. Potato Research **34**: 71-78 fungal pathogens.
- Demirci, E., Eken, C. et Dane, E. 2009. Biological control of *Rhizoctonia solani* on potato by *Verticillium biguttatum*. African Journal of Biotechnology Vol. 8 (11): 2503-2507.
- Djébali, N., Tarhouni, B. 2010. Field study of the relative susceptibility of eleven potato (*Solanum tuberosum* L.) Varieties and the efficacy of two fungicides against *Rhizoctonia solani* attack. Crop Protection **29**: 998-1002.
- El Bakali, A.M., Martin, M.P. 2006. Black scurf of potato. Mycologist 20 : 130 – 132.
- Ellissèche, D. 1996. Aspects physiologiques de la croissance et du développement. Pp. 71-124. In: La pomme de terre: production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations. Eds. P. Rousselle, Y. Robert et J. C. Crosnier. INRA, Paris.
- Errampalli, D., Peters, R. D., Maclsaac, K., Darrach, D. et Boswall, P. 2006. Effect of a combination of chlorine dioxide and thiophanate-methyl pre-planting seed tuber treatment on the control of black scurf of potatoes. Crop Protection 25: 1231-1237.
- Ferrucho, R.L., Cifuentes, J. M., Ceresini, P. et García-Domínguez, C. 2012. *Rhizoctonia solani* AG-3PT is the major pathogen associated with potato stem canker and black scurf in Colombia Agronomía Colombiana, **30**: 204-213.
- Fiers, M., Edel-Hermann, V., Chatot, C., LeHingrat, Y., Alabouvette, C et Steinberg, C. 2012. Potato soil-borne diseases. A review. Agronomy for Sustainable Development **32**: 93-132.
- Fox, R. 2006. *Rhizoctonia* stem and stolon canker of potato. Mycologist 20, (2006), 116-117.
- Frank, J. A., Leach, S. S. et Webb, R. E. 1976. Evaluation of potato clone reaction to *Rhizoctonia solani*. Plant Dis. Rep. **60**: 910-912.
- Frank, J.A. et Leach, S.S. 1980. Comparison of tuberborne inoculums in the *Rhizoctonia solani* disease of potato. Phytopathology **70**: 51-53.
- Gadzhiev, N. M., 1986: The nature of the inheritance of black scurf resistance in interspecific potato hybrids, In: perspectives to breed for an organic crop ideotype. Pp 227-235. Organic Crop Breeding. Van Bueren, T. L. et Myers, J.R. John Wiley & Sons, 282 p.

- Gallou, A.2011. Impact of *Rhizophagus* sp. (syn. *Glomus* sp.) and *Trichoderma harzianum* on the potato resistance against *Rhizoctonia solani* and *Phytophthora infestans*, two major potato pathogens. Thèse de doctorat, Université catholique de Louvain, Faculté d'ingénierie biologique, agronomique et environnementale,416 pp.
- González García, V., Portal Onco M. A. and Rubio V. 2006. Review. Biology and Systematics of the form genus *Rhizoctonia*. Spanish Journal of Agricultural Research **4**: 55-79.
- Godoy-Lutz, G., Kuninaga, S., Steadman, JR.et Powers, K.2008.Phylogenetic analysis of *Rhizoctonia solani* subgroups associated with web blight symptoms on common bean based on ITS-5.8S rDNA. J Gen Plant Pathol **74**: 32–40.
- Gosselin, B., Boulet, L.2009. La rhizoctonie. Réseau d'avertissements phytosanitaires, bulletin d'information n 4, pomme de terre, (2009),4 pp.
- Gurkanli, C.T., Ozkoc, I.et Gunduz, I.2009. Molecular and Conventional Identification and Pathogenicity of *Rhizoctonia solani* Isolates from Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) in Samsun, Turkey. J Phytopathol **157**: 686–696.
- Hawkes, J.G.1990. The potato, Evolution, Biodiversity and genetic resources. London, Belhaven Press, 259 pp.
- Heller, W.E.2009. *Rhizoctonia solani* (Kühn), cause de pourritures racinaires sur de nombreuses cultures .Station de recherche Agroscope.Herausgeber: Extension Gemüsebau Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Postfach, 8820 Wädenswil.3p.
- Hide, G.A.et Boorer, K.J.1991.Effects of drying potatoes (*Solanum tuberosum* L.) after harvest on the incidence of disease after storage.Potato Research **34**: 133-137.
- Hide, G.A.et Horrocks, J.K.1993.Influence of stem canker (*Rhizoctonia solani* Kuhn) on tuber yield, tuber size, reducing sugars and crisp colour in cv. Record. Potato Research **37**: 43-49.
- Hofman, T. W. et Jongebloed, P. H. J. 1988. Infection process of *Rhizoctonia solani* on *Solanum tuberosum* and effects of granular nematicides. Neth. J. P1.Path. **94**: 243-252.
- Hooker, W. J. 1981. *Compendium of potato disease*. First edition. American Phytopathological Society. St. Paul, MN, U.S.A., 125 pp.

- Hsiang, T. et Dean, J.D.2001. DNA sequencing for anastomosis grouping of *Rhizoctonia solani* isolates from *Poa annua*. International Turfgrass Society, Research Journal Volume **9**: 674-678.
- Huaman, Z.1986. Systematic, botany and morphology of the potato. Technical information bulletin 6. International potato center. Peru, Lima. 22pp.
- ITCMI. 2010, Fiche techniques valorisée des cultures maraîchères et Industrielles, la culture de pomme de Terre, 10 pp.
- Jeger, M.J., Hide, G.A., Van Den Boogert, P.H.J.F., Termorshuizen, A.J. et Van Baarlen, P.1996. Pathology and control of soil-borne fungal pathogens of potato. Potato Research, **39**: 437-469.
- Keijer, J.1996. The initial steps of the infection process. Pp. 149-162 In: *Rhizoctonia solani*. In *Rhizoctonia Species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control*. Eds. B. Sneh, S. Jabaji-Hare, S. Neate, G. Dijst. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht
- Keijer, J., Korsman, M.G., Dulleman, A.M., Houterman, P.M., De Bree, J. et Van Silfhout, CH.1997. In vitro analysis of host plant specificity in *Rhizoctonia solani*. Plant Pathology **46**: 659-669.
- Khandaker, M.M., Khair, A. et Bhuiyan, M. K.A.2011. Disease reaction of potato germplasms and true potato seeds against *Rhizoctonia solani* kuhn. Bangladesh J. Bot **40** (2): 193-196.
- Kondoh, M., Hirai, M. et Shoda, M.2000. Co-utilization of *Bacillus subtilis* and flutolanil in controlling damping-off of tomato caused by *Rhizoctonia solani*. Biotechnology Letters **22**: 1693-1697.
- Lahlali, R. et M. Hijri.2010. Screening, identification and evaluation of potential biocontrol fungal endophytes against *Rhizoctonia solani* AG3 on potato plants. FEMS Microbiol Lett **311**:152-159.
- Leach, S. S. et Webb, R. E.1993. Evaluation of potato cultivars, clones and a true seed population for resistance to *Rhizoctonia solani*. American potato journal (Vol. **70**): 317-328.
- Le Coz-gillet, S. et Hingand, L.1991. Utilisation d'anticorps spécifiques d'une fraction obtenue par

- chromatographie d'exclusion pour une amélioration de la caractérisation sérologique de *Rhizoctonia solani* Kuhn AG3. *Potato Research* **34**: 149-158.
- Lees, K., Cullen, D. W., Sullivan, L. et Nicolson, M. J. 2002. Development of conventional and quantitative real-time PCR assays for the detection and identification of *Rhizoctonia Solani* AG-3 in potato and soil. *Plant Pathology* **51**: 293–302.
- Lehtonen, M.J., Ahvenniemi, P., Wilson, P. S., German-Kinnari M. et Valkonen, J. P. T. 2008. Biological diversity of *Rhizoctonia solani* (AG-3) in a northern potato cultivation environment in Finland. *Plant Pathology* **57** : 141-151.
- Lootsma, M. et Scholte, K. 1996. Effects of soil disinfection and potato harvesting methods on stem infection by *Rhizoctonia solani* Kühn in the following year. *Potato Research* **39** : 15-22.
- Lubeck, M. et Poulsen, H. 2001. UP-PCR and UP-PCR cross blot hybridization as a tool for studying anastomosis group relationship in the *Rhizoctonia solani* complex. *FEMS Microbiology Letters*, volume **201**: 83-89.
- Lutaladio, N., Ortiz, O., Haverkort, A. et Caldiz, D. 2009. Sustainable potato production guidelines for developing countries. *fao*, année Internationale de la pomme de terre, 91pp.
- Macnish, GC., Carling, D.E. 1993. Characterization of *Rhizoctonia solani* AG-8 from bare patches by pectic isozyme (zymogram) and anastomosis techniques. *Phytopathology* **83**:922-927.
- Macnish, GC., Carling, D. E. et Brainard, K.A. 1997. Relationship of microscopic and macroscopic vegetative reactions in *Rhizoctonia solani* and the occurrence of vegetatively compatible populations (VCPs) in AG-8. *Mycol. Res.* **101** (1) : 61-68 (1997).
- MADR, 2013. Statistiques agricoles: superficies, serie b 2013.
- Mappa, D. 2010. Les productions légumières. *Educagri Editions*, 164 pp
- Meyer, K.M. 2002. Impact of nitrogen management strategies on yield, N-use efficiency, and *Rhizoctonia* diseases of Irish potato. These of master, Graduate Faculty of North Carolina State University, USA, 100 pp.
- Meksoud, S. et Ramdani, N. 2013. Comportement et caractérisation *in vitro* de quelques souches

de *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn vis-à-vis de *Trichoderma atroviride* P. Karst. Mem. Ingénieurat ENSA. El Harrach. Alger. 54 pp

Mohammed, A.S., El Hassan, S.M., Elballa, M. M.A et Elsheikh, E. A.E. 2008. The Role of *Trichoderma*, VA Mycorrhiza and Dry Yeast in the Control of *Rhizoctonia* Disease of Potato (*Solanum tuberosum* L.). U. of K. J. Agric. Sci. **16**(2): 284-300.

Mrabet, M., Djebali, N., Elkahoui, S., Miloud, Y., Saidi, S., Tarhouni, B. Et Mhamedi, R. 2013. Efficacy of selected *Pseudomonas* strains for biocontrol of *Rhizoctonia solani* in potato. *Phytopathologia mediterranea* **52**, 3 : 449-456.

Naz, F., Chaudhary, A.R., Abbasi, N.A., irfan-ul-haque., and Ahmad, Ir. 2008. Influence of inoculum levels of *Rhizoctonia solani* and susceptibility on new potato germplasm. *Pak. J. Bot.*, **40**(5): 2199-2209.

Nouad, M.A. 2008. La pomme de terre offre de bonnes perspectives économiques et sociales, filaha inove janvier fevrier 2009, foire internationale Filaha, 20 pp.

Nyabyenda, P. 2005. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique. Les Presses Agronomiques de Gembloux, A.S.B.L. 223pp.

Ogoshi, A. 1987. Ecology and pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* Kühn. *Ann. Rev. Phytopathol*, **25**: 125-43.

Oerke, E. C., Dehne, H. W., Schonbeck, F. et Weber, A. 1994. *Crop production and crop protection : Estimated losses in Major Food and Cash Crops*. Elsevier Science, Amsterdam. 808 pp.

Otten, W., Hall, D., Harris, K., Ritz, K. I., Young, M. et Gilligan, C. A. 2001. Soil physics, fungal epidemiology and the spread of *Rhizoctonia solani*. *New Phytologist*, **151** : 459-468.

Parameter, J. r. J. R., Whitney, H. S. 1970. Taxonomy and nomenclature of imperfect state. Pp. 7-19 In: *Rhizoctonia Solani*, Biology and Pathology. University of California Press.

Platt, H. W. 1989. Potato growth and tuber production as affected by inoculation of cut and whole seed with *Rhizoctonia solani* (AG-3) and the use of seed treatment fungicides. *American potato Journal* **66** : 365-378.

- Polese, J. M. 2006. La culture de pomme de terre. Editions Artemis, 95 pp.
- Rauf, C. A., Ahmad, L. et Ashraf.2007. Anastomosis groups of *Rhizoctonia solani*Kühn isolates from potato in Pakistan. Pakistan journal of botanic **39** (4): 1335-1340.
- Rossignol, L et Rousselle-Bourgeois,F.1996.Botanique, morphologie et taxonomie. Pp. 2-69.*In: La pomme de terre: production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations*. Eds. P. Rousselle,Y. Robert et J. C. Crosnier. INRA, Paris.
- Rousselle, P., Robert, Y. et Grosnier J. C. 1996. *La pomme de terre: production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations*. INRA, Paris. 607 pp.
- Secor,G.A. et Gudmestad, N.C. 2009. Managing fungal diseases of potato. Canadian Journal of Plant Pathology **21**: 213-221.
- Sharon, M., Kuninaga, S., Hyakumachi, M.et Sneh, B. 2006. The advancing identification and classification of *Rhizoctonia* spp using molecular and biotechnological methods compared with the classical anastomosis grouping. Mycoscience **47**: 299-316.
- Simons, S. A.et Gillian, C.A.1997. Relationship between stem canker, stolon canker, black scurf (*Rhizoctonia solani*) and yield of potato (*Solanum tuberosum*) under different agronomic Conditions. Plant Pathology **46**: 651-658.
- Sneh, B., Burpee, I. et Ogoshi, A.1991. Identification of *Rhizoctonia* Species. American Phytopathological Society, Saint Paul. 133 pp.
- Sneh, B.,Jabaji-Hare, S.,Neate, S.M.,Dijst, G. 1996.*Rhizoctonia* species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control. Springer science &business media,578 pp.
- Soltner, D. 2005. *Les grandes productions végétales*. 20^{ème} édition. Collections Sciences et Techniques agricoles. 472 pp.
- Stalper, J.A., Anderson,T. F. 1996.A synopsis of the taxonomy of téléomorphe connected with*Rhizoctonia solani*. Pp. 49-63. *In: Rhizoctonia Species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control*. Eds. B. Sneh, S. Jabaji-Hare, S. Neate, G. Dijst. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.

- Stevenson, W. R., Loria, R., Franc, G. D. et Weingartner, D. P. 2001. Compendium of potato diseases. Second edition. The American Phytopathological Society. St. Paul, MN, U.S.A., 106 pp.
- Strange, R. N. 2003. Introduction to plant pathology. John Wiley & Sons, 480 pp.
- Struik, P. C. 2007. Above-ground and below-ground plant development. Pp. 219-236. *In: Potato biology and biotechnology: Advances and perspectives*. Eds. D. Vreugdenhil, J. Bradshaw, C. Gebhardt, F. Govers, D. L. Ma Kerron, M. A. Taylor & H. A. Ross. Centre Wageningen, the Netherlands.
- Surinder, K. et K. G. Mukerji. 2004. Potato diseases and their management. Pp. 233-280. *In: Fruit and vegetable diseases*. Ed. K. G. Mukerji, Vol. 1. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Thrane, C., Nielsen, M.N., Sorensen, J. et Olsson, S. 2001. *Pseudomonas fluorescens* DR54 Reduces Sclerotia Formation, Biomass Development, and Disease Incidence of *Rhizoctonia solani* Causing Damping-Off in Sugar Beet. *Microb Ecol* **42** : 438–445.
- Tiemens-Hulshar, M., Lammerts, E. T. 2012. Perspectives to breed for organic crop ideotype. Pp. 227-235. *Organic Crop Breeding*. Van Bueren, T. L. et Myers, J. R. John Wiley & Sons.
- Tredway, L.P. et Burpee, L.L. 2001. *Rhizoctonia* diseases of turfgrass. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2001-1109-01.
- Truter, M. 2005. Etiology and alternative control of potato rhizoctoniasis in South Africa. master thesis in plant pathology in faculty of Natural and Agricultural Sciences, Department of Microbiology and Plant Pathology, University of Pretoria, 118pp.
- Tsrar, L. 2010. Biology, epidemiology and management of *Rhizoctonia solani* on potato. *Journal of Phytopathology* **158**:649-658 pp.
- Tsrar, L., Barak, R. et Sneh, B. 2001. Biological control of black scurf on potato under organic management. *Crop Protection* **20** : 145-150.
- Van den Boogert, P. H. J. F. et Luttikholt, A. J. G. 2004. Compatible biological and chemical control systems for *Rhizoctonia solani* in potato. *European Journal of Plant Pathology* **110**: 111-118.

- Vilgalys, R. et cubeta, M.A. 1994. Molecular systematic and population biology of *Rhizoctonia solani*. *Annu Rev Phytopathol* **32**:135-55.
- Vreugdenhil, D.2007. Potato biology and biotechnology, advances and perspectives. Elsevier Ltd, 856 pp.
- Werner, R., Jean-Marie, T. et Thomas, H.2008.Pp. 5-8. Etude variétale de la pomme de terre et liste suisse. La Pomme de terre, Journée Information Agriculture du 7 février 2008. Agroscope Changins-Wädenswil et Agroscope Reckenholz-Tänikon.
- Werner, H. 2009. *Rhizoctonia solani* (Kühn), cause de pourritures racinaires sur de nombreuses cultures. Fiche technique. Eds. Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 8820 Wädenswil. 3 pp.
- Wharton, P., Kirk, W., Berry, D et Snapp, S.2007. *Rhizoctonia* stem canker and black scurf of potato. Bulletin E2994. Michigan state university. 6 pp.
- Weinhold, A. R., Bowman, T. et Hall, D. H. 1982. *Rhizoctonia* disease on potato: Effect on yield and control by seed tuber treatment. *Plant Disease* **66**: 815-818.
- Woodhall, J. W. et Peters, J. C.2011. *Rhizoctonia* Potato Disease. Plant disease factsheet. The Food and Environment Research Agency (Fera), 3p.
- Woodhall, J. W., Adams, I. P., Peters, J. C., Harper, G. et Boonham, N. 2013. A new quantitative real-time PCR assay for *Rhizoctonia solani* AG3-PT and the detection of AGs of *Rhizoctonia solani* associated with potato in soil and tuber samples in Great Britain. *Eur. J. Plant Pathol.* **136**: 273-280.
- Woodhall, J. W., Lees, A. K., Edwards, S. G. et Jenkinson, P. 2007. Characterization of *Rhizoctonia solani* from potato in Great Britain. *Plant Pathology*. **56** : 286-295.
- Zekhroufa, A. 2010. Essais d'efficacité de deux matières actives fongicides (Fludioxinil et Mancozèbe) à l'égard de *Rhizoctonia solani* J. G. Kühn, agent causal du rhizoctone brun de la pomme de terre. Mém. Ingéniorat. ENSA. El Harrach. Alger. 45 pp.

Les sites internet

<http://faostat.org>

<http://plantdepomedeterre.org>
www.bayercropscience.com.mx