

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA**

**FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES ET BIOLOGIE**

**DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

## **MEMOIRE**

Projet de fin d'étude en vue d'obtention du diplôme de Master II en sciences  
Agronomiques

Spécialité : Biotechnologie des plantes Aromatiques et Médicinales et des Produits  
Naturels

## **THEME**

**Impact d'utilisation des isolats algériens de *Trichoderma* sp. sur la  
culture de la pomme de terre *Solanum tuberosum* L. en Algérie**

**DJAFER ANISSA**

**La soutenance aura lieu le /11/2011 à ; devant le jury composé de :**

<b>- Mr BEN MOUSSA M.</b>	<b>Pr</b>	<b>U.S.D.B</b>	<b>Président de jury</b>
<b>- Mme MOUMENE S.</b>	<b>MAA</b>	<b>U.S.D.B</b>	<b>Promotrice</b>
<b>-Mr KHEDDAM M.</b>	<b>Dr</b>	<b>C.N.C.C</b>	<b>Examineur</b>
<b>-Mr ALI OUSSALAH AEH.</b>	<b>MCA</b>	<b>U.S.D.B</b>	<b>Examineur</b>
<b>- Mme DJOUADI H.</b>	<b>C.N.D.L</b>	<b>I.N.P.V</b>	<b>Examinatrice</b>

**2010/2011**

-  
-  
  
ANNEE UNIVERSITAIRE 2010/2011

# Remerciements

*Avant toute chose, je remercie Dieu, le tout puissant, pour m'avoir donné la force, la patience, et la volonté pour achever ce modeste travail*

*Je suis au terme d'un parcours universitaire, pendant lequel, il a fallu donner beaucoup de persévérance et de ténacité dans le travail, jusqu'à Inchallah en retirer les fruits tant attendus.*

*A cet effet, je tiens à remercier particulièrement ma promotrice Mme MOUMENE S, pour son énergique contribution à ce travail, avec des idées originales et innovantes. Sa gentillesse, sa culture générale et son ouverture d'esprit en font une personne à fréquenter sans modération...!*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tous les membres du jury qui ont apporté leur expérience dans l'analyse de ce modeste travail et que je suis fière de citer :*

*Mr BEN MOUSSA M.*

*Mr KHEDDAM M.*

*Mr ALI OUSSALAH S.*

*Mme DJOUADI H.*

*Je présente mes remerciements à tous les professeurs de la spécialité en particulièrement Mme HOUMANI Z. qui nous accompagnée et encouragée sans relâche au cours de ces derniers années d'étude.*

*Je tiens également a remercié Ms BELLATRECHE M. de m'avoir aider à réaliser une partie de mon modeste travail.*

*Je voudrais exprimer aussi ma parfaite reconnaissance aux personnels de l'INPV et CNCC pour leurs aides, leurs disponibilités et leurs orientations tout au long de mon modeste travail*

*Je finirais par remercier tous ceux que j'aurais omis de nommer et qui auraient contribué de près ou de loin à l'élaboration et la concrétisation de ce modeste travail.*

## *RENDONS A CESAR...*

*A toute ma famille Djafer et principalement à mes parents qui m'ont toujours soutenu et qui ont toujours cru en moi. J'espère avoir été à la hauteur de vos espérances.*

*A mon frère Nassim et mes deux sœurs Imene et Mimi d'être toujours présents pour moi*

*A mon fiancé Okba qui m'a soutenu encouragé et surtout supporté mes caprices, Merci pour ta patience et ton soutien, sans toi ce travail n'en serait pas là.*

*A Mes Meilleures Amies*

- *Wafa la complice de mes fous rires et l'épaule sur laquelle je peux pleurer*
- *kiwi l'alliée fidèle de mes combats et la confidente de mes tourments et l'oreille attentive à mes paroles et désires*

➤ *A Gaby le soutien indéfectibles*

*A toute la promotion biotechnologie des plantes aromatiques et médicinales*

## Liste des figures

<b>Figure .1</b> Morphologie de la partie aérienne et la partie souterraine de <i>Solanum tuberosum</i> L.(Soltner, 1988) .....	7
<b>Figure.2</b> Production mondiale de la pomme de terre (FAOSTAT,2010).....	11
<b>Figure .3</b> Sections systématique de <i>Trichoderma</i> sp. et quelques espèces agrégées de Rifai (1969) (Bissett,1991).....	19
<b>Figure.4</b> Aspect cultural (A) et morphologique (B) (G : 600) de <i>Trichoderma</i> sp. (Moumene, 2008).....	20
<b>Figure.5</b> Cultures (1) et suspensions conidiennes (2) préparées à base d'isolats de <i>Trichoderma</i> sp (3) Aspect cultural des isolats Algériens de <i>Trichoderma harizianum</i> (Moumene et al ,2008 ; Labdi 2008).....	28
<b>Figure.6</b> Taux de germination des variétés de pomme de terre selon les traitements....	33
<b>Figure.7</b> Analyse de la variance modèle GLM du nombre de tiges par plant de pomme de terre.....	35
<b>Figure.8</b> Analyse de la variance modèle GLM de la longueur des tiges par plant de pomme de terre.....	37
<b>Figure.9</b> Analyse de la variance modèle GLM du nombre de feuilles par plant de pomme de terre.....	39
<b>Figure.10</b> Analyse de variance modèle GLM du nombre de fleurs par plant de pomme de terre .....	42
<b>Figure.11</b> Analyse de variance modèle GLM du poids sec de la partie aérienne du plant de pomme de terre .....	45
<b>Figure.12</b> Analyse de variance modèle GLM du nombre de tubercules par plant de pomme de terre.....	48

<b>Figure.13</b> Analyse de la variance modèle GLM du poids des tubercules produits par plant de pomme de terre .....	51
<b>Figure.14</b> Analyse de la variance modèle GLM du calibre des tubercules produits par plant de pomme de terre.....	53
<b>Figure.15</b> Analyse en composante principale (ACP) des différents paramètres en fonction traitements et des variétés.....	55
<b>Figure.16</b> Classification hiérarchique des différents paramètres en fonction des traitements et des variétés.....	56

## Liste des tableaux

<b>Tableau.1</b> Bilan global de production de la pomme de terre de consommation et de multiplication durant la campagne 2009/2010 (MADR, 2011) .....	13
<b>Tableau.2</b> Les principales maladies et principaux ravageurs de la pomme de terre (Bernhards, 1998).....	15
<b>Tableau.3</b> Données sur les variétés de pomme de terre utilisées (Peeten et al.,2007).....	25
<b>Tableau.4</b> Analyse de la variance du nombre de tiges par plant de pomme de terre selon les variétés et les traitements.....	34
<b>Tableau.5</b> Analyse de la variance de la longueur des tiges par plant de pomme de terre en fonction des variétés, temps et traitements.....	36
<b>Tableau.6</b> Analyse de la variance du nombre de feuilles par plant de pomme de terre selon les variétés, les traitements et le temps.....	38
<b>Tableau.7</b> Analyse de la variance du nombre de fleurs par plant en fonction des variétés et des traitements.....	41
<b>Tableau.8</b> Analyse de la variance du poids sec moyen de la partie aérienne du plant en fonction des variétés et des traitements.....	44

**Tableau.9** Analyse de la variance du nombre de tubercules par plant en fonction des traitements et des variétés.....47

**Tableau.10** Analyse de la variance du poids des tubercules par plant de pomme de terre en fonction des variétés et des traitements.....50

**Tableau.11** Analyse de la variance du calibre moyen des tubercules par plant en fonction des variétés et des traitements.....52

## Liste des planches

**Planche.1** Germination des plants de pomme de terre traités par les isolats de *Trichoderma* sp. (Tvir et Tco) (1) par rapport aux témoins (2).....32

**Planche.2** Effets des traitements à base de *Trichoderma* sp. Sur le nombre de feuilles et la longueur de tiges par rapport aux témoins durant la deuxième semaine.....40

**Planche.3** Floraison des variétés traitées par *Trichoderma* sp. par rapport aux traitements..43

**Planche.4** Parties aériennes desséchées de la variété Olympia traitée par l'isolat Pa de *Trichoderma* sp.....46

**Planche.5** Tubercules récoltés selon les variétés et les traitements.....49

# Sommaire

Introduction .....	2
--------------------	---

## *Chapitre II : Matériel et Méthodes*

1. Aperçu sur la pomme de terre.....	5
1.1 Historique.....	5
1.2 Taxonomie.....	5
1.3 Description des caractères botaniques .....	6
1.4 Variétés.....	9
1.5 Cycle végétatif.....	10
1.6 Exigences de la culture.....	13
1.7 Importance de la culture de pomme de terre.....	16
1.8 Situation actuelle de la pomme de terre en Algérie.....	17
1.9 Problèmes Phytosanitaires.....	20
<b>1.10</b> Lutte intégrée contre le mildiou de la pomme de terre.....	22
2.1 Aperçu sur les <i>Trichoderma</i> .....	25
2.1.1 Taxonomie.....	25
2.1.2 Morphologie .....	27
2.1.3 Ecologie.....	28
2.1.4 Mécanismes d'action des <i>Trichoderma</i> .....	29

2.1.5 Utilisation de <i>Trichoderma</i> .....	30
---	----

## ***Chapitre II : Matériel et Méthodes***

2.1 Introduction .....	34
2.2 Matériel utilisé.....	35
2.2.1 Matériel végétal .....	35
2.2.2 Matériel fongique .....	37
2.3 Méthodologie du travail.....	37
2.3.1 Installation de la culture.....	37
2.3.2 Préparation des suspensionsconidiennes de <i>Trichodermasp</i> application de traitements.....	38
2.3.3 Préparation du matériel végétal.....	39
2.4 Impact des traitements à base d'isolats de <i>Trichodermasp</i> . Sur la culture des variétés de pomme de terre .....	40
2.5 Analyse statistique .....	43

## ***Chapitre III : Résultats et Discussion***

3.1 Impact des traitements à base de <i>Trichoderma</i> sp. Sur quelques paramètres de croissance et de rendement des variétés de pomme de terre.....	45
3.1.1 Germination .....	45
3.1.2 Croissance végétative .....	47
3.1.3 Tubérisation .....	58
3.2 Etude des corrélations des paramètres de croissance et de rendement en fonction des traitements et des variétés .....	65

3.3 Discussion générale.....	69
Conclusion.....	74
Références bibliographiques.....	78
Table des matières	
Annexe	

# Introduction

## Introduction

La culture de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L) représente l'une des principales cultures vivrières. Elle occupe le quatrième rang, après le maïs, le blé et le riz (Widmark, 2010), avec une production mondiale d'environ 321 millions de tonnes en 2007 (Anonyme, 2008).

L'Algérie est classée comme le deuxième pays producteur de la pomme de terre dans le monde arabe et en Afrique. Elle occupe en moyenne 85.000 ha sur les 300.000 ha du maraîchage (Chehat, 2008).

Cependant, cette dernière peut être sujette à de nombreuses maladies d'origine fongique, bactérienne ou virale conduisant à la réduction de la production ainsi qu'à la dépréciation de la qualité du tubercule au champ et au cours de la conservation. C'est durant son stade végétatif qu'elle est vulnérable à la maladie (Widmark, 2010).

En effet, parmi les infections fongiques, le mildiou ou brûlure tardive causé par *Phytophthora infestans* est considéré comme une contrainte majeure pour la croissance et la production de la pomme de terre (Alim, 2010) car, une fois établie, elle peut se propager sur de longues distances par voie aérienne et infecter un grand nombre de parcelles (Maaaro, 2010). De même, les pertes de rendement occasionnées par le mildiou varient de 20 à 50% dans les pays développés et peuvent aller jusqu'à l'abandon total de la récolte dans le cas d'attaques sévères de variétés sensibles (Andrison et al., 1997 ; Goodwin et al., 1998; Zwankhien, 1998). Dans ce sens, la maladie a connu une large distribution dans le monde et reste le principal facteur limitant de la production (Duvauchelle et Andrison, 1996).

En Algérie, la superficie affectée par cette maladie a été estimée entre 1.200 et 2.000 ha, soit près du tiers de la superficie globale consacrée à la culture de pomme de terre qui est de près 6.000 ha. En effet, les plaines d'El Attaf, Arib, Aïn Sultan, Amra et Rouina réputées comme principales zones productrices de la pomme de terre ont été dévastées par

le mildiou durant la campagne 2005-2006 (Sofiane, 2007 in Ahmed-Serir et Moussaoui, B2011).

Toutefois, l'utilisation massive de fongicides systémiques a conduit à la sélection d'isolats résistants à ces matières actives, qui appartiennent principalement au groupe des phénylamides (métalaxyl) (Gisi et Cohen.,1996)

Dans le cadre de recherche de méthodes alternatives contre cette maladie redoutable, un projet de fin d'étude récent a porté sur l'inhibition *in vitro* de *Phytophthora infestans* agent du mildiou de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L) par *Trichoderma* sp, en Algérie. Les essais de confrontation directe entre les isolats antagonistes de *Trichoderma* sp. Et ceux de *P. infestans* ont révélé une forte inhibition de la croissance mycélienne et de la sporulation comme conséquence de la lyse du mycélium et des sporanges. D'autre part, le ré isolement des explants des cultures de l'agent pathogène confrontés a confirmé l'inhibition de leur reprise de croissance mycélienne après repiquage sur milieu de culture et de leur pouvoir pathogène sur feuilles détachées de la pomme de terre, après inoculation *in vitro*.

En outre, l'effet fongicide et mycoparasitaire de ces isolats antagonistes à l'égard de *P. infestans* constitueraient une contribution dans le biocontrol du mildiou de la pomme de terre par le renforcement de la résistance intrinsèque du matériel végétal à cette maladie redoutable (Saadoune, 2011).

Dans ce sens, le présent travail vise l'impact d'utilisation des isolats de *Trichoderma* sp. Sur la croissance et le rendement de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) dans le cadre du biocontrol de *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary. Agent causal du mildiou de la pomme de terre en Algérie.

Cette étude repose sur :

- La mise en culture de quatre variétés de pomme de terre en pots.
- L'impact des isolats de *Trichoderma* sp. sur la croissance et le rendement de la culture des variétés de pomme de terre testées.

# **Chapitre I**

## **Données bibliographiques**



---

## 1. Aperçu sur la pomme de terre

### 1.1 Historique

La pomme de terre existe depuis plus de 8 000 ans. D'après les recherches réalisées, l'Amérique du Sud serait la terre natale de ce légume. Au XVI<sup>ème</sup> siècle, à la recherche de trésors et du pays d'El Dorado, les conquistadors espagnols ont découvert la pomme de terre dans les potages des indigènes. Dès lors, le précieux légume entreprend son périple vers l'Europe (FPPTQ,2000a). Il passe en Italie puis, en Espagne à la fin du XVI<sup>ème</sup> siècle, s'introduit en Angleterre, puis regagne l'Irlande. Dès le milieu du XVII<sup>ème</sup> siècle, il est connu en Allemagne et de là, s'est propagé vers l'est, suivant les colonies allemandes qui s'enfoncent dans les pays slaves et vers l'ouest, pays de Montbéliard, Franche-Comté et Alsace (Poitrineau, 2001). Au début du XVIII<sup>ème</sup> siècle, la plante fut introduite en Amérique du Nord (Encarta, 2004).

En Algérie, la pomme de terre a probablement, été introduite une première fois au XVI<sup>ème</sup> siècle par les Maures andalous qui ont propagé les autres cultures dans la région comme la tomate, poivron, maïs, tabac... puis, elle est tombée dans l'oubli n'ayant pas suscité d'intérêt. Dans la deuxième moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle, les colons l'ont cultivée pour leur usage, car les algériens y étaient réticents malgré les disettes successives. C'est la dernière grande famine des années 1830/1840 qui est venue à bout de cette opposition (Meziane, 1991).

### 1.2 Taxonomie

La pomme de terre est un tubercule comestible produit par l'espèce *Solanum tuberosum* L., appartenant à la famille des Solanacées. Le genre *Solanum*, comprend 1000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (Hawkes ,1990 ; Doré et Varoquaux ,2006).

On pensait autrefois que la pomme de terre était issue d'une plante sauvage unique, l'espèce *S.tuberosum*. Dès 1929, les botanistes avaient montré que cette origine était plus complexe et que l'on retrouvait parmi les ancêtres des espèces de pomme de terre cultivées, des plantes sauvages différentes (Rousselle et *al.*, 1996 ; Doré et Varoquaux,2006).

# **Chapitre II**

## Matériel et méthodes

## **2.1 Introduction**

Notre expérimentation s'est déroulée à la station régionale de la protection des végétaux (INPV) située dans la région de Boufarik wilaya de Blida. Elle a été réalisée sous serre en plastique. Elle consiste à la mise en culture des variétés de pomme de terre en pots soumis à différents traitements à base de suspensions conidiennes des isolats de *Trichoderma* sp. Pour voir leur impact sur la croissance et le rendement de la culture.

Ce travail nécessite l'utilisation d'un matériel végétal et d'un matériel fongique et le suivi d'une méthodologie rigoureuse comportant plusieurs étapes.

## **2.2 Matériel utilisé**

### **2.2.1 Matériel végétal**

Le matériel végétal de départ nous a été fourni par le CNCC d'EL Harrach sous forme de tubercules de semences de quatre variétés homologuées et certifiées à savoir : Olympia, Kondor, Spunta et Mozart dont les caractéristiques ont été rapportées par dans le tableau suivant :

**Tableau.4 Données sur les variétés de pomme de terre utilisées :**

	<b>Variétés</b>			
<b>Caractéristique</b>	Spunta	Kondor	Mozart	Olympia
<b>Provenance</b>	<b>Nederland</b>			
<b>Maturité</b>	mi-précoce, dormance mi-longue a longue	mi-précoce, mi-tardive, dormance longue	mi-précoce, mi tardive, dormance longue	mi-précoce, mi-tardive, dormance longue
<b>Description du tubercule</b>	Très gros allongée peau jaune	Très gros, ovale a allongée, rouge peau	Gros, ovale, forme uniforme rouge peau	oblong allongé, yeux assez superficiels, peau jaune, lisse à assez lisse, chair jaune.
<b>Type culinaire</b>	B	B	AB	C
<b>Date de certification</b>	12/11/2010	16/11/2010	05/11/2010	12/11/2010
<b>Calibrage (mm)</b>	35/55	35/44	35/50	35/50
<b>Rendement</b>	Élevé, calibrage uniforme	Très élevé, Calibrage uniforme	Bon a moyen, calibrage uniforme	Elevé, à bon Calibrage Uniforme
<b>Germe</b>	Grand, cylindrique et gros, radicules abondantes et nombreuses	Grand, conique Radicules assez nombreuses	Moyen, ovoïde radicules nombreuses, à peu nombreuses	bleu violacé, conique, pilosité forte.

(Peeten et *al.*,2007)

### 2.2.2 Matériel fongique

Notre travail repose sur l'utilisation de cinq isolats de la collection de *Trichoderma* sp. de Mme Moumène (Communication personnelle), ayant déjà fait l'objet d'un projet de recherche Duras/Nematus sur la biodiversité des nématodes et les champignons nématophages des cultures maraîchères (2005/2008) et les travaux de mémoires de fin d'étude de (Labdi, 2008), (Hamlaoui, 2009) et (Saadoune, 2011). Les isolats purifiés et conservés à l'abri des contaminations ont tous été produits en masse sur milieu PDA (Composition voir annexe) et incubées à la température de 28°C pendant 2 semaines (Labdi, 2008 ; Saadoune, 2011).

## **2.3 Méthodologie du travail**

L'expérimentation comporte trois étapes essentielles correspondant à la mise en culture des variétés de pomme de terre en pots, impact des traitements à base de *Trichoderma* sp sur la culture des variétés de pomme de terre testées, lecture et analyse des résultats.

### **2.3.1 Installation de la culture**

Elle nécessite la préparation du substrat et des pots, du matériel fongique servant comme traitements et du matériel végétal.

#### **2.3.1.1 Préparation du substrat et des pots**

Le substrat est composé de sol non utilisé prélevé d'une jachère de la station expérimentale de la SRPV de Boufarik et de la tourbe commercialisée en sacs. Ces derniers ont été soumis séparément à la stérilisation à la chaleur avant leur mise en pot pour éliminer tous les risques de contamination des plantes par les maladies phytopathogènes. Cette procédure consiste à mettre la tourbe dans des récipients métalliques recouverts de papier aluminium puis, les placer dans un four Pasteur réglée à une température de 100°C pendant une heure.

La stérilisation du sol nécessite un tamisage sur des plateaux métalliques qui seront soumis au chauffage à partir du feu de bois issu des bassines sur lesquelles seront placés ces derniers. Des pots de 30 cm de diamètre et 40 à 50 cm de profondeur sont remplis de

2/3 de sol et 1/3 de tourbe stérilisés puis, placés dans la serre pour faire l'objet de notre étude (Campobello et *al.*, 2002).

### **2.3.2 Préparation des suspensions conidiennes de *Trichoderma* sp et application de traitements**

Les isolats de *Trichoderma* sp. Ont été cultivées sur milieu PDA et incubées à 28 °c pendant 15 jours afin de favoriser leur sporulation(Fig.9). Des suspensions conidiennes ont été préparées en raclant la surface des cultures immergées avec de l'eau distillée stérile. Des filtrats concentrés en spores ont été obtenus en passant les suspensions à travers quatre couches de gaze stériles. Le taux de sporulation a été déterminé pour chaque filtrat concentré d'isolat à l'aide de la cellule de malassez sous microscope optique. Ainsi les concentrations ont été ajustées à  $10^6$  spores/ ml par de l'eau distillée stérile (Fig.9).

Les suspensions fongiques ainsi préparées ont été incorporés au substrat à raison d'une concentration de  $1 \times 10^6$  spores/ml où chaque pot a reçu 250 ml de chaque solution préparée à base de *Trichoderma* sp.(Caron et *al.*, 2002). Les suspensions sporales sont remplacées par de l'eau distillée stérile pour les pots témoins. Ainsi, six traitements ont été considérés à raison de six répétitions par variété. On distingue alors :

T0 : pots non traités (témoins).

T1 : pots + Pa

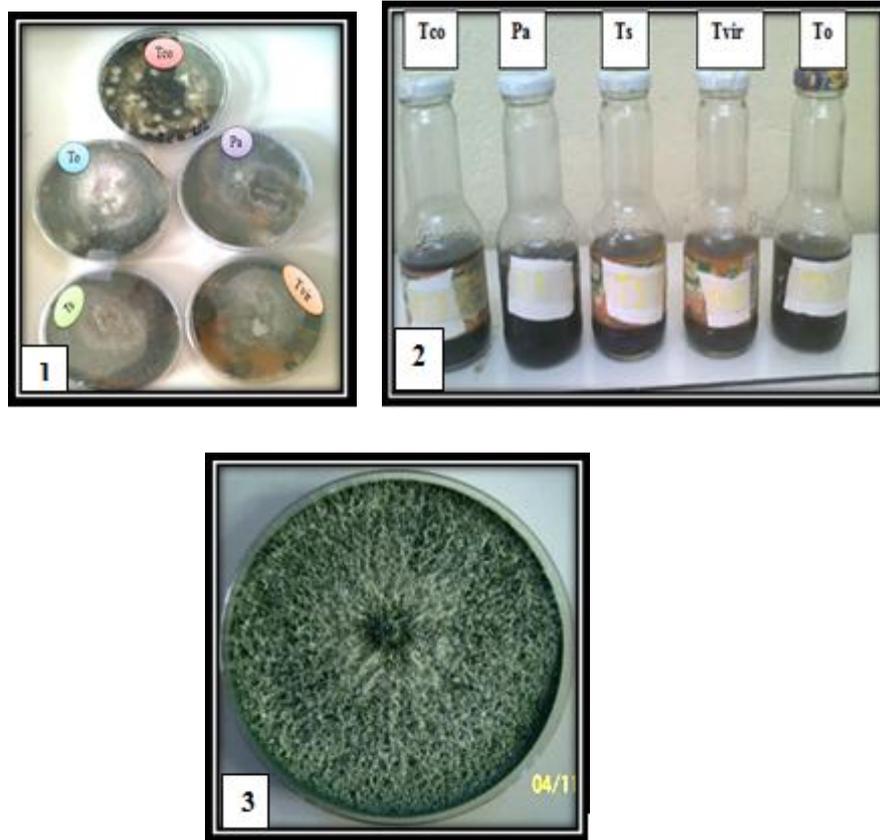
T2 : pots + Tco

T3: pots+ Ts

T4 : pots+ Tvir

T5 : pots+ to

L'ensemble des pots traités et témoins sont laissés au repos pendant deux semaines afin de permettre leur multiplication (Caron et *al.*,2002).



**Figure.9 Cultures (1) et suspensions conidiennes (2) préparées à base d'isolats de *Trichoderma* sp (3) Aspect cultural des isolats Algériens de *Trichoderma harizianum* (Moumene et al ., 2005/2008 ; Labdi 2008)**

### **2.3.3 Préparation du matériel végétal**

Les tubercules de semences fournies au stade de dormance ont été placés à l'obscurité et à une température de 23 à 25°C pour stimuler la germination dont la durée est de deux mois ou plus dépendant du facteur variétal. Les tubercules pré germés ont été désinfectés à l'hypochlorite de sodium à 1 % pendant 10 minutes, puis rincées abondamment sous courant d'eau et, exposés au séchage à l'air libre. Ces derniers ont été plantés à

raison d'un tubercule par pot à une profondeur de 4 à 5 cm puis arrosés afin de garder une certaine humidité.

### **2.4 Impact des traitements à base d'isolats de *Trichoderma* sp. Sur la culture des variétés de pomme de terre**

L'expérimentation a duré trois mois. Elle a débuté en serre le 19 mai 2011 et a pris fin le 19 août 2011. Ce protocole expérimental a été conçu en blocs aléatoires dans une serre de culture à la température ambiante et une photopériode de 12 h de lumière et 12 h d'obscurité qui est répartie en six blocs chaque micro parcelle contient 24 pots, le nombre total de pots utilisés est de 144 (Fig.10).

Chacune d'entre elles ont subi un traitement où six répétitions ont été prises en considération pour chaque variété. L'entretien des plantes se résume par un arrosage effectué tous les 2 jours à base d'eau du robinet. Cette fréquence d'arrosage est suffisante pour une culture de pomme de terre en pots parce que le drainage est faible, notamment quand la température est basse et que l'évaporation est faible

P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
O	M	K	S	O	M	K	S	O	M	K	S
<b>Ts</b>				<b>Tvir</b>				<b>Témoins</b>			

P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
O	M	K	S	O	M	K	S	O	M	K	S
<b>to</b>				<b>Pa</b>				<b>Tco</b>			

**Signification :**

- P: pot
- O: Olympia, M: Mozart, K: kondor, S: Spunta: variétés.
- To, Pa, Tco, Ts, Tvir (Isolats de *Trichoderma* sp),  
témoins : traitements.

**Figure.11 Schéma du dispositif expérimental**

Durant l'expérimentation, des résultats ont été enregistrés en suivant le développement de la plante chaque fin de semaine, depuis la plantation jusqu'au jour de la récolte.

Ainsi, selon les différents stades de développement des variétés de pomme de terre testées, des paramètres ont été déterminés pour notre étude comme :

- Taux de germination
- Nombre et longueur de tiges par plant
- Nombre de feuilles et fleurs par plant
- Le nombre moyen de tubercule par plant
- Le poids moyen du tubercule par plant
- Le calibre moyen du tubercule par plant

## **2.5 Analyse statistique**

Afin de vérifier l'efficacité des différents traitements fongiques testés et la comparaison entre les paramètres étudiés lors de l'expérimentation, nous avons utilisé pour notre analyse statistique le logiciel Systicat en déterminant la variance (analysis of variance) à l'aide du modèle GLM (general linear model), les différences ont été considérées significatives à  $p \leq 0,05$ .

L'hypothèse de l'efficacité antagoniste et stimulateur de croissance des isolats sur Les variétés par rapport aux paramètres étudiés sont testées par le modèle de la distance euclidienne à des facteurs contrôlé par le logiciel PAST (PAloeoontological statistics, ver.1.81b) (Hammer et *al.*,2001).

Les résultats obtenus sont ensuite représentés sous forme de graphes en fonction des variétés, des traitements et cela à l'aide du logiciel EXCEL.

# **Chapitre III**

## **Résultats et Discussion**

### 3.1 Impact des traitements à base de *Trichoderma* sp. Sur quelques paramètres de croissance et de rendement des variétés de pomme de terre

#### 3.1.1 Germination

La germination a été remarquable à la fin de la première semaine de plantation (26 mai) pour les pots traités à base de *Trichoderma* sp. Alors qu'elle n'a débuté qu'à partir de la deuxième semaine pour les pots témoins (fig.1).



**Planche.1 Germination des plants de pomme de terre traités par les isolats de *Trichoderma* sp. (Tvir et Tco) (1) par rapport aux témoins (2).**

En effet, les taux de germination enregistrés étaient variables selon les traitements et les variétés.

Dans ce sens, d'importants taux de germination ont été notés pour les traitements à base de (Fig.12) :

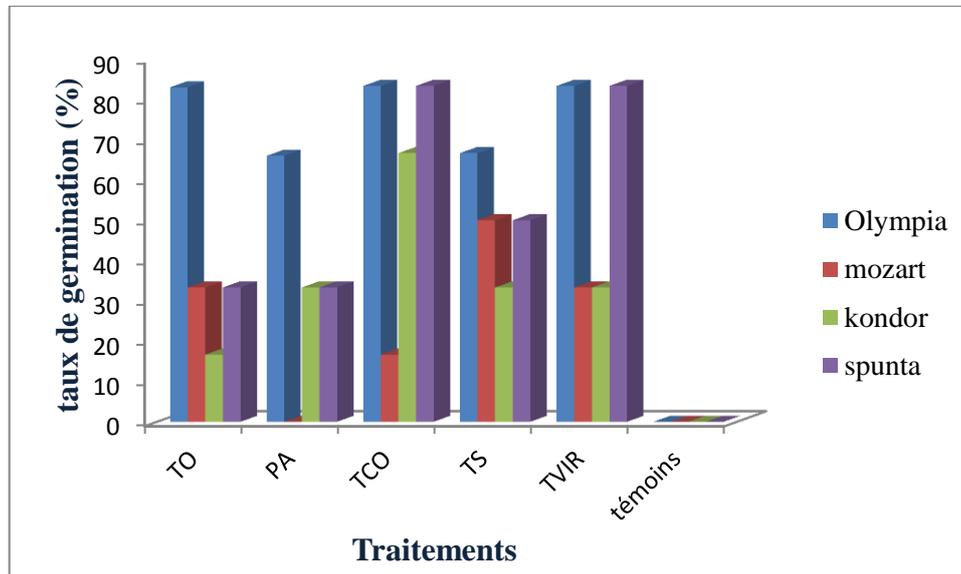
- To, Tco et Tvir (83,33%) sur la variété Olympia.
- Tco et Tvir (83,33%) sur la variété Spunta.

Cependant, des taux de germination inférieurs à 50% ont été enregistrés avec les traitements à base de (Fig.12) :

- To et Tvir (33,33%), Tco (16,67%) et Pa (0%) sur la variété Mozart.
- To (16,67%), Pa et Ts (33,33%) sur la variété Kondor.
- To et Pa (33,33%) sur la variété Spunta.

Par ailleurs, l'isolat Tco de *Trichoderma* sp. A été un bon stimulateur de la germination de toutes les variétés de pomme de terre mis à part la variété Mozart (Fig.12).

D'autre part, l'ensemble des isolats de *Trichoderma* sp. Ont montré leurs effets stimulateurs sur la germination des variétés de pomme de terre testées mise à part, l'isolat Pa sur la variété Mozart (Fig.12). De même, la stimulation de la germination de la variété Olympia a été induite par tous les isolats de *Trichoderma* sp. En revanche, seuls les isolats Tco, Ts et Tvir étaient stimulateurs de germination de la variété Spunta ( Fig.12).



**Figure.12 Taux de germination des variétés de pomme de terre selon les traitements**

### 3.1.2 Croissance végétative

Les plants de pomme de terre germés ont poursuivi leur croissance en évoluant en tiges feuillées, et fleurs durant les 3 mois d'expérimentation. L'évaluation des paramètres correspondants au cycle végétatif des plants a montré :

### 3.1.2.1 Nombre de tiges

L'analyse de variance du nombre de tiges par plant a montré une différence significative seulement entre les variétés (Tab.5).

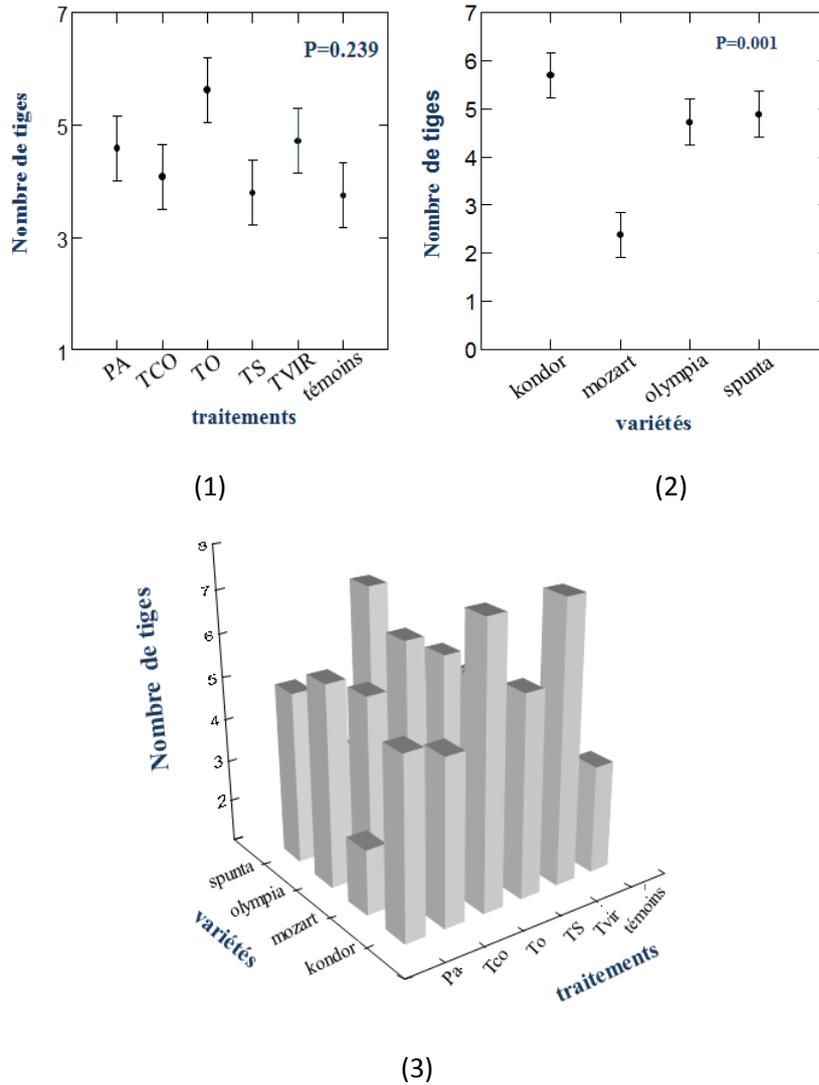
En revanche, en modèle GLM, le nombre de tiges par plant a montré une variabilité entre les traitements et les variétés. Ce qui a permis leur classement dans l'ordre décroissant suivant :

- Traitements : To (supérieur à 5 tiges/ plant), Tvir, Pa, Tco, Ts et témoins (inférieur à 5 tiges/ plant) (Fig 13.1).
- Variétés: Kondor (6 tiges/plant), Spunta et Olympia (5tiges/plant), Mozart (2tiges/plant) (Fig 13.2).

L'interaction entre les variétés et les traitements selon le nombre de tiges par plant a mis en évidence l'effet des traitements sur la stimulation du nombre de tiges par plant. Ainsi, Tvir et To ont induit un nombre supérieur à 5 tiges/plant sur la variété Kondor. Il en est de même pour Tco sur Mozart et To sur Spunta (Fig 13.3).

**Tableau.5 Analyse de la variance du nombre de tiges par plant de pomme de terre selon les variétés et les traitements :**

<b>Analyse</b>	<b>S.C.E</b>	<b>DDL</b>	<b>Carrés moyens</b>	<b>Test F</b>	<b>P</b>
<b>Facteurs</b>					
<b>Traitements</b>	10.129	5	2.026	1.530	0.239
<b>Variétés</b>	36.361	3	12.120	9.155	0.001



1. Selon les traitements
2. Selon les variétés
3. Selon les traitements et les variétés

**Figure.13 Analyse de la variance modèle GLM du nombre de tiges par plant de pomme de terre.**

### 3.1.2.2 Longueur des tiges

L'analyse de la variance de la longueur des tiges par plant a montré une différence hautement significative entre les facteurs temps (semaines), traitements et variétés (Tab.6).

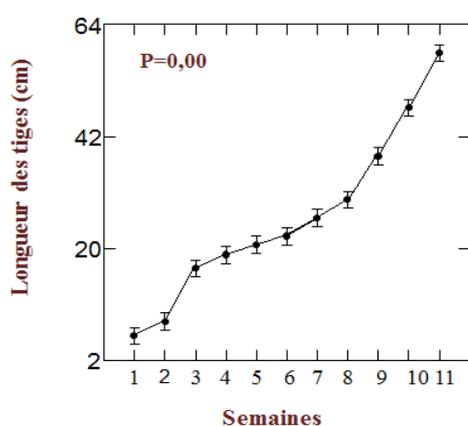
Les isolats de *Trichoderma* sp. ont stimulé l'élongation des tiges des variétés testées. La longueur des tiges a évolué en fonction du temps variant entre 7 et 57 cm (Fig 14.1)

D'autre part, en modèle GLM les traitements à base de *Trichoderma* sp. Et les variétés testées ont montré une stimulation de la croissance en longueur des tiges (PL.2). Ce qui a permis leur classement dans l'ordre décroissant suivant :

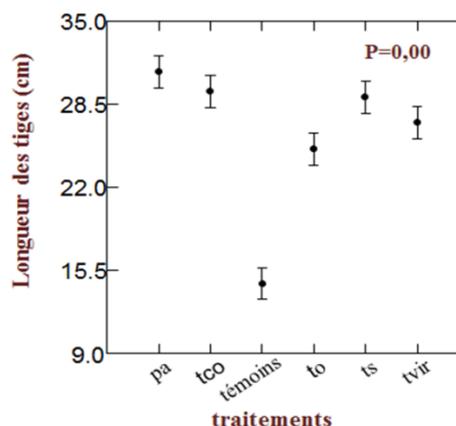
- Traitements : Pa (30,5 cm), Tco (29,5 cm), Ts (28,5 cm), Tvir (27 cm), To (25,5cm), Témoins (14 cm) (Fig 14.2).
- Variétés : Olympia (29 cm), Spunta (28 cm) et Kondor (27,5 cm), Mozart (19 cm) (Fig 14.3).

**Tableau.6 Analyse de la variance de la longueur des tiges par plant de pomme de terre en fonction des variétés, temps et traitements :**

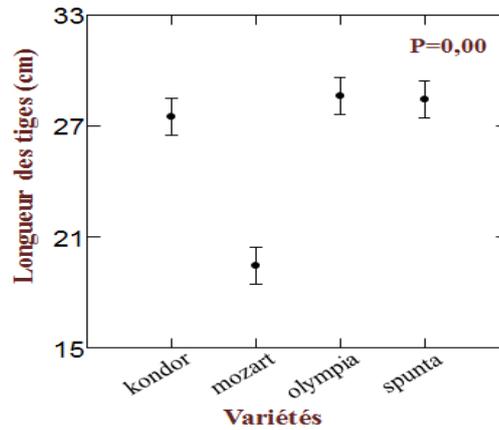
Analyse Facteurs	S.C.E	DDL	Carrés moyens	Test F	P
Temps (semaines)	67635.994	10	6763.599	101.462	0.000
Traitements	7987.136	5	1597.427	23.963	0.000
Variétés	3792.928	3	1264.309	18.966	0.000



(1)



(2)



(3)

1. Selon le temps
2. Selon les traitements
3. Selon les variétés

**Figure.14 Analyse de la variance modèle GLM de la longueur des tiges par plant de pomme de terre**

### 3.1.2.3 Nombre de feuilles

L'analyse de la variance du nombre de feuilles par plant de pomme de terre a montré une différence hautement significative entre les périodes (semaines), les traitements et variétés (Tab.7).

En effet, le nombre de feuilles par plant a évolué dans le temps. Il est compris entre 8 et 198 feuilles par plant (Fig 15.1). Les isolats de *Trichoderma* sp. ont stimulé la feuillaison des variétés de pomme de terre testées (PL.2).

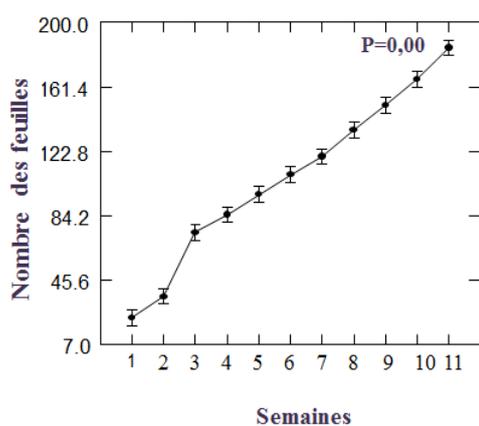
La variabilité du nombre de feuilles entre les traitements et les variétés en modèle GLM a permis leur classement dans l'ordre décroissant suivant :

- Traitements : Pa (137 feuilles /plant), Ts (120 feuilles /plant), Tvir (119 feuilles /plant), Tco (117 feuilles /plant), To (110 feuilles /plant), Témoins (50 feuilles /plant) (Fig 15.2)

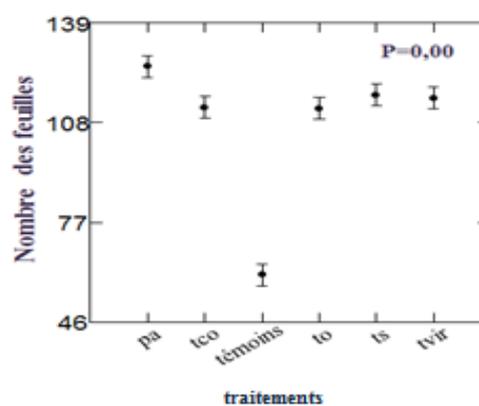
- Variétés : Spunta (138 feuilles /plant), kondor (123 feuilles /plant), Olympia (119 feuilles /plant), Mozart (65 feuilles/plant) (Fig 15.3).

**Tableau.7 Analyse de la variance du nombre de feuilles par plant de pomme de terre selon les variétés, les traitements et le temps:**

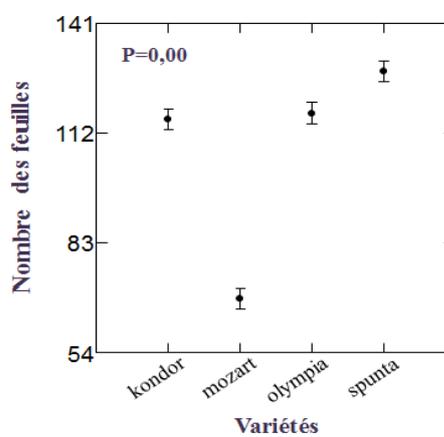
Analyse Facteurs	S.C.E	DDL	Carrés moyens	Test F	P
Temps(semaines)	628567.317	10	62856.732	124.288	0.000
Traitements	119623.495	5	23924.699	47.307	0.000
Variétés	140364.112	3	46788.037	92.515	0.000



(1)



(2)



(3)

1. Selon les semaines
2. Selon les traitements
3. Selon les variétés

**Figure.15** Analyse de la variance modèle GLM du nombre de feuilles par plant de pomme de terre



(1)



(2)



(3)

**Planche.2** Effets des traitements à base de *Trichoderma* sp. Sur le nombre de feuilles et la longueur de tiges par rapport aux témoins durant la deuxième semaine

#### 3.1.2.4 Nombre de fleurs

L'analyse de la variance du nombre de fleurs par plant a montré une influence hautement significative entre les traitements et les variétés (Tab.8). En effet, les isolats de *Trichoderma* sp. ont stimulé la floraison des variétés de pomme de terre testées. La

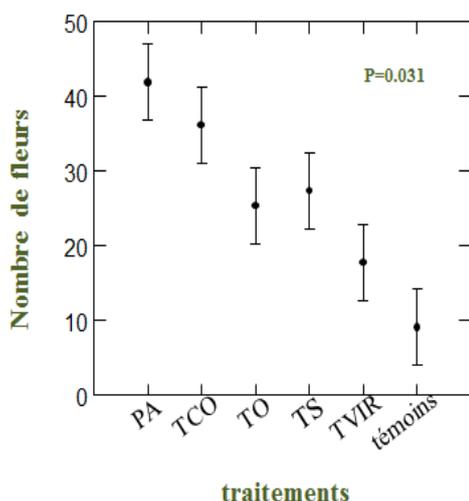
variabilité du nombre de fleurs par plant entre les traitements et les variétés en modèle GLM a permis leur classement dans l'ordre décroissant suivant :

- Traitements : Pa ( 43 fleurs / plant), Tco (38 fleurs / plant), Ts (29 fleurs / plant), To (25 fleurs / plant) et Tvir ( 19 fleurs / plant) ,Témoins ( 9fleurs / plant) (Fig 16.1).
- Variétés : kondor ( 37 fleurs / plant), Mozart( 23 fleurs / plant), Olympia (22fleurs / plant),Spunta (20fleurs / plant) (Fig 16.2).

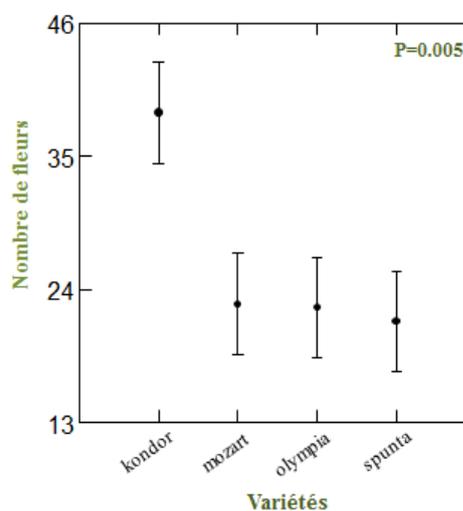
L'interaction entre les traitements et les variétés a montré une variation du nombre de fleurs par plant compris entre 20 et 50. Cependant, le nombre était réduit pour les témoins. La floraison de certaines variétés testées a été stimulée par certains isolats de *Trichoderma* sp. telles que la variété Kondor par les isolats Pa, Tco et Ts ainsi que la variété Spunta par l'isolat Pa (Fig 16. 3) (PL.3).

**Tableau.8 Analyse de la variance du nombre de fleurs par plant en fonction des variétés et des traitements :**

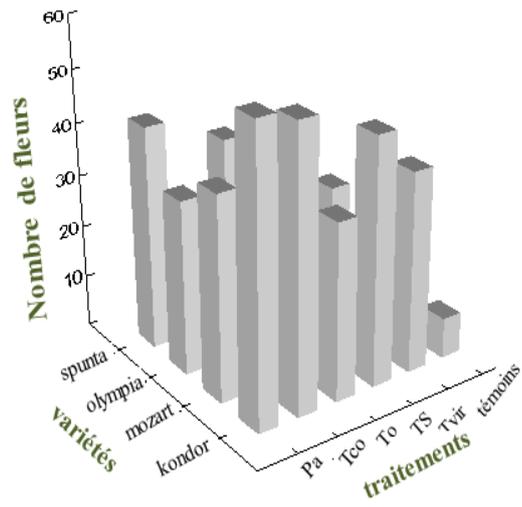
Analyse Facteurs	S.C.E	DDL	Carrés moyens	Test F	P
Traitements	1210.035	3	403.345	3.863	0.031
Variétés	2839.398	5	567.880	5.439	0.005



(1)



(2)



(3)

1. Selon les traitements
2. Selon les variétés
3. Selon les traitements et les variétés

**Figure.16** Analyse de variance modèle GLM du nombre de fleurs par plant de pomme de terre





**Planche.3 Floraison des variétés traitées par *Trichoderma* sp. Par rapport aux traitements**

**3.1.2.5 Poids sec de la partie aérienne du plant**

Après 11 semaines de développement, l'arrosage des plants a été arrêté. Les plants ont présenté une chlorose progressive conduisant au flétrissement et dessèchement total : c'est la sénescence ou défanage qui marque la fin du cycle de la pomme de terre (PL.4). Ainsi, le poids sec de la partie aérienne a été déterminé pour l'ensemble des variétés testées.

L'analyse de variance du poids sec de la partie aérienne du plant a montré une différence significative seulement entre les variétés utilisées (Tab.9). Les traitements n'ont pas montré de variabilité concernant le poids sec de la partie aérienne.

Cependant, la variabilité a affecté le poids sec de la partie aérienne du plant en modèle GLM. Ce qui a permis la mise en évidence de l'influence des traitements sur le poids sec de la partie aérienne du plant de chaque variété de pomme de terre et leur classement dans l'ordre décroissant suivant :

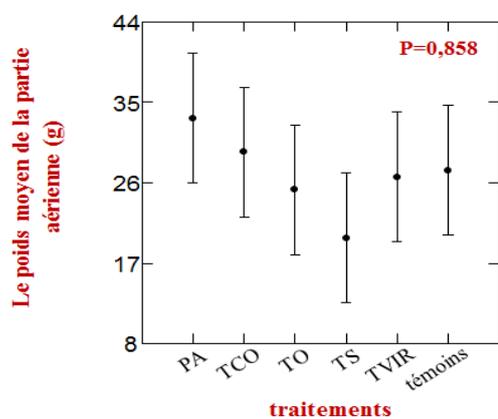
- Traitements : Pa (34g), Tco (33g), Témoins (31g), Tvir (30g), To(25g), Ts (19) (Fig.17.1)
- Variétés: Kondor (42g), Olympia (26g), Mozart (24g), Spunta (16g) (Fig.17.2).

L'interaction entre les traitements et les variétés testées a mis en exergue un important poids sec de la partie aérienne (30 à 50g) sur la variété Kondor pour les isolats : Tvir,Tco

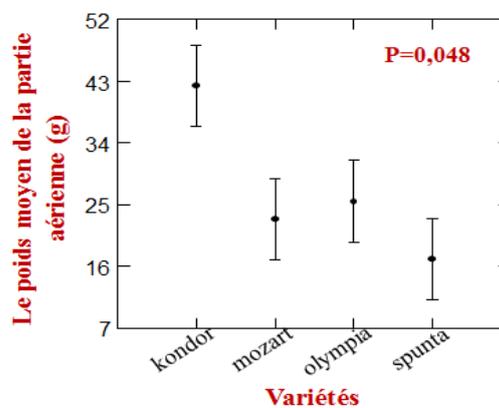
et Pa , mais reste faible par rapport à celui enregistré par les témoins sur la variété Mozart (60 g) (Fig 17.3).

**Tableau.9 Analyse de la variance du poids sec moyen de la partie aérienne du plant en fonction des variétés et des traitements :**

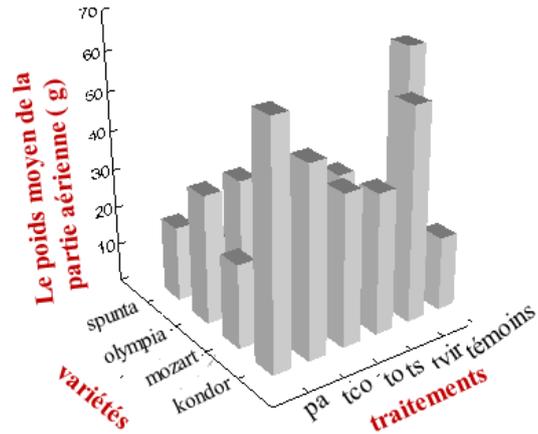
Analyse Facteurs	S.C.E	DDL	Carrés moyens	Test F	P
Traitements	396.029	5	79.206	0.375	0.858
Variétés	2117.119	3	705.706	3.339	0.048



(1)



(2)



(3)

1. Selon les traitements
2. Selon les variétés
3. Selon les traitements et les variétés

Figure.17 Analyse de variance modèle GLM du poids sec de la partie aérienne du plant de pomme de terre



les parties aériennes



Olympia Pa



Olympia témoin

## **Planche.4 Parties aériennes desséchées de la variété Olympia traitée par l'isolat Pa de *Trichoderma* sp.**

### **3.1.3 Tubérisation**

Après défanage, Les tubercules de pomme de terre ont été conservés dans les pots dans la serre pendant deux semaines pour arriver à maturité avant la récolte. Ainsi, le nombre, le poids des tubercules produits par plant ainsi que leur calibre ont été déterminé pour l'ensemble des variétés après la récolte. En revanche, le défanage a porté beaucoup plus sur les plants témoins. Ceux traités étaient vigoureux même après trois mois et demi de croissance, ils n'ont pas connus de vieillissement ni de sénescence. On a été obligé d'interrompre le cycle par stress hydrique. Vu la chaleur et l'importance de l'évapotranspiration, les plants ont fanés puis desséchés.

#### **3.1.3.1 Nombre de tubercules**

L'analyse de variance du nombre de tubercules produits par plant a montré une différence non significative entre les traitements testés et les variétés utilisées (Tab.10).

En revanche, en modèle GLM ce paramètre a fait ressortir une très faible stimulation de la production de tubercules pour le traitement Tvir (2 tubercules/plant) qui reste proche de celle de Pa, Ts et les témoins (proche de 2 tubercules/plant). Cependant, une réduction de la production de tubercules a été notée pour Tco et To (inférieur à 2 tubercules/plant) (Fig 18.1).

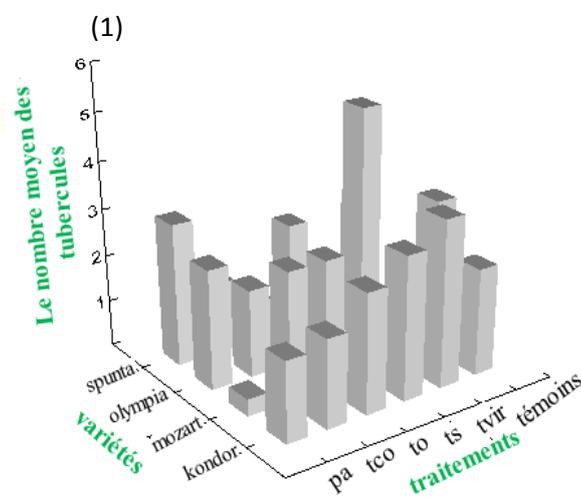
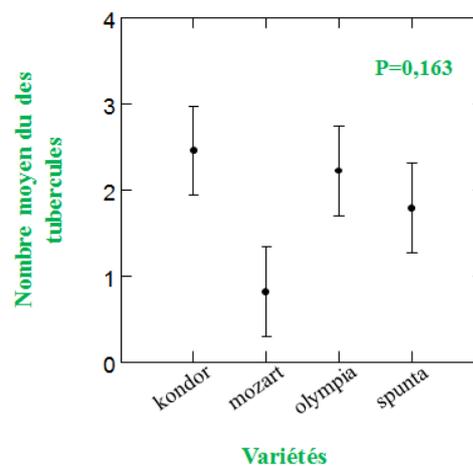
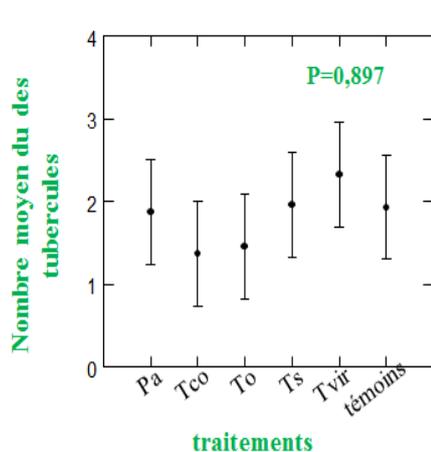
Par ailleurs, les variétés n'ont pas montré une variation dans la production des tubercules (2 tubercules/plant) pour les variétés Kondor, Olympia et Spunta. Cependant, une très rare production a été remarquable sur la variété Mozart (Fig 18.2).

Ces faibles rendements en tubercules remettent en cause les hypothèses suivantes :

L'interaction entre les traitements et les variétés a montré une variation du nombre de tubercules produits par plant variant de 1 à 3 sur les quatre variétés, et pour les différents traitements mise à part, la variété Olympia qui a produit 6 tubercules/plant pour le traitement Tvir (fig 18.3).

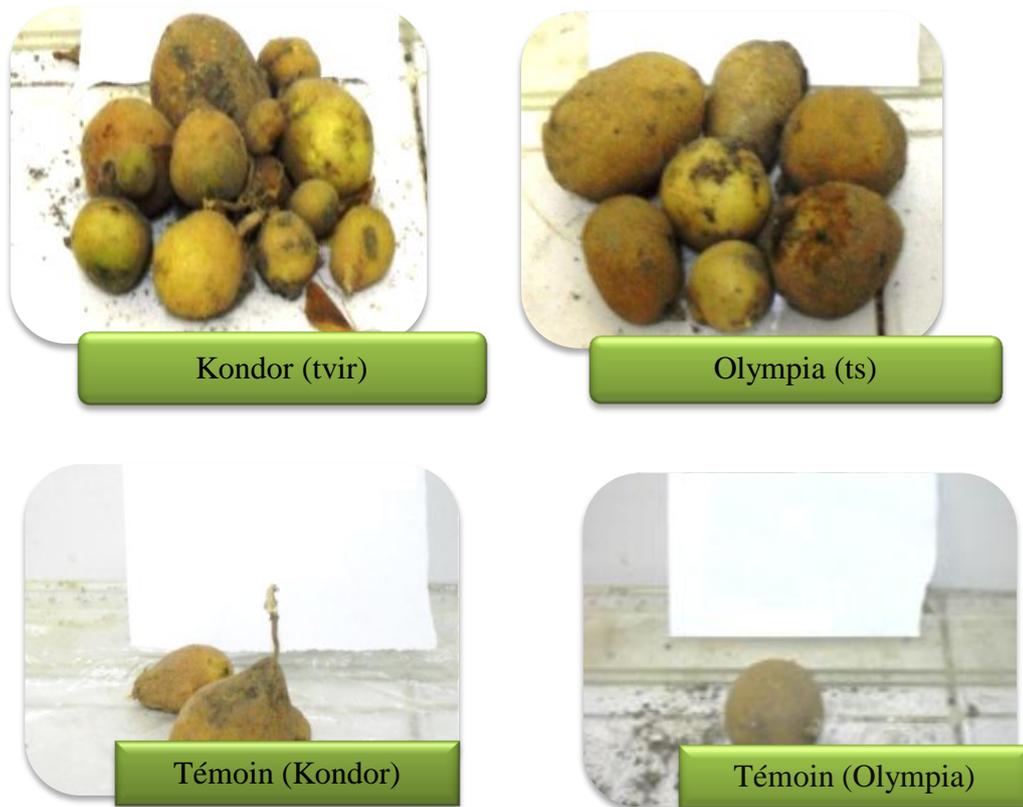
**Tableau.10 Analyse de la variance du nombre de tubercules par plant en fonction des traitements et des variétés :**

Facteurs \ Analyse	S.C.E	DDL	Carrés moyens	Test F	P
Traitements	2.513	5	0.503	0.313	0.897
Variétés	9.427	3	3.142	1.960	0.163



1. Selon les traitements
2. Selon les variétés
3. Selon les traitements et les variétés

**Figure.18** Analyse de variance modèle GLM du nombre de tubercules par plant de pomme de terre.



**Planche.5** Tubercules récoltés selon les variétés et les traitements.

### 3.1.3.2 Poids des tubercules par plant

L'analyse de variance du poids des tubercules produits par plant a montré une différence significative seulement entre les traitements (Tab.11). Ainsi, les isolats de *Trichoderma* sp testés ont stimulé le poids des tubercules produits par plant.

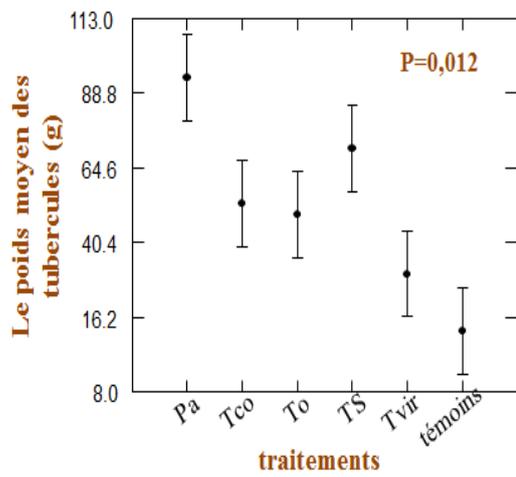
Ce paramètre a révélé en modèle GLM une variabilité entre les traitements et les variétés de pomme de terre. Ce qui a permis leur classement dans l'ordre décroissant suivant :

- Traitements : Pa (90,2 g), Ts (72g), Tco (54,4g), To (48g), Tvir (38g), Témoins (10g) (Fig.19.1).
  
- Variétés : Le poids de tubercules produits a dépassé 50 g pour la variété Kondor mais reste aux alentours de cette valeur pour les autres variétés mis à part la Spunta dont le poids est plus faible (Fig.19.2).

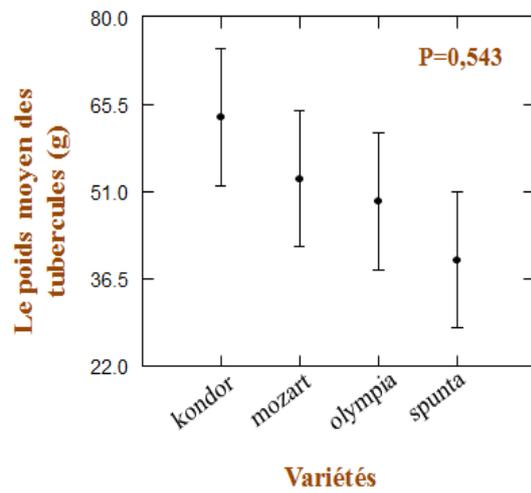
L'interaction entre les traitements et les variétés a montré que le poids moyen des tubercules était plus élevé à 50g sur la variété Kondor pour les traitements To, Pa et celle de Mozart pour les traitements Pa et Tvir (Fig.19.3).

**Tableau.11 Analyse de la variance du poids des tubercules par plant de pomme de terre en fonction des variétés et des traitements :**

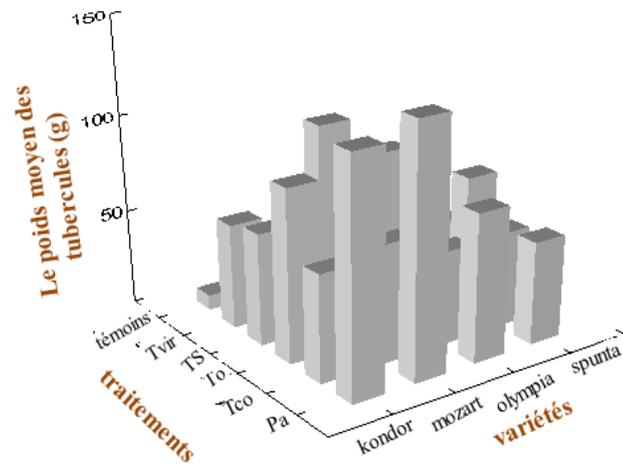
<b>Analyse</b> <b>Facteurs</b>	<b>S.C.E</b>	<b>DDL</b>	<b>Carrés moyens</b>	<b>Test F</b>	<b>P</b>
<b>Traitements</b>	16846.152	5	3369.230	4.354	0.012
<b>Variétés</b>	1722.956	3	574.319	0.742	0.543



(1)



(2)



(3)

1. Selon les traitements
2. Selon les variétés
3. Selon les traitements et les variétés

**Figure.19 Analyse de la variance modèle GLM du poids des tubercules produits par plant de pomme de terre**

**3.1.3.3 Calibre moyen des tubercules**

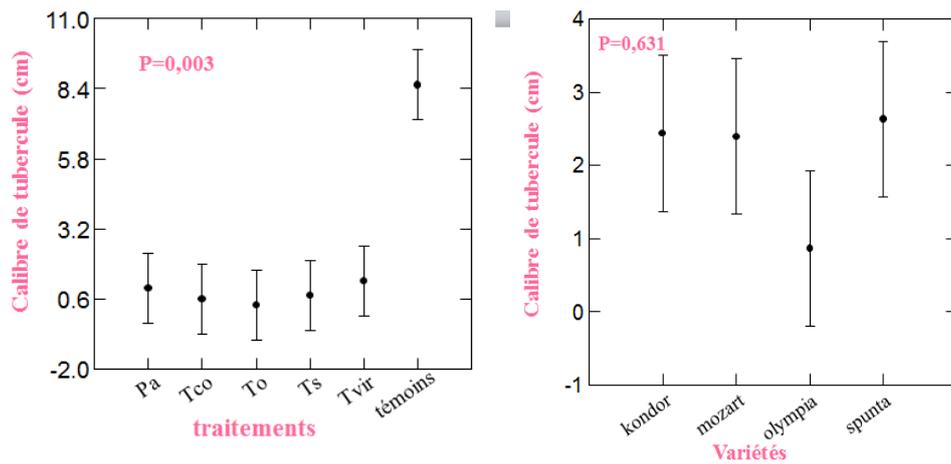
L'analyse de la variance du calibre moyen des tubercules a montré une différence hautement significative seulement entre les traitements.

En modèle GLM, le calibre des témoins était plus important (8cm) que celui des plants traités par *Trichoderma* sp (Fig 20.1) (1cm). Ainsi, ces traitements fongiques n'ont pas stimulé le grossissement des tubercules produits.

L'interaction entre les traitements et les variétés n'a pas montré l'effet stimulant des isolats de *Trichoderma* sp. Sur le grossissement des tubercules produits, d'où les témoins des variétés testées ont présenté des calibres plus importants (Fig 20.3).

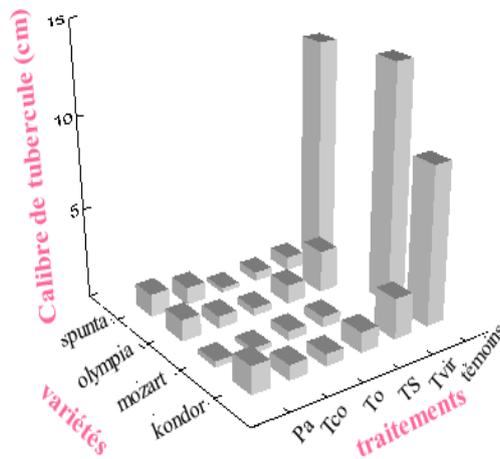
**Tableau.12 Analyse de la variance du calibre moyen des tubercules par plant en fonction des variétés et des traitements :**

Analyse Facteurs	S.C.E	DDL	Carrés moyens	Test F	P
Traitements	201.995	5	40.399	5.960	0.003
Variétés	12.013	3	4.004	0.591	0.631



(1)

(2)



(3)

1. Selon les traitements
2. Selon les variétés
3. Selon les variétés et les traitements

**Figure.20** Analyse de la variance modèle GLM du calibre des tubercules produits de pomme de terre

### 3.2 Etude des corrélations des paramètres de croissance et de rendement en fonction des traitements et des variétés

Une analyse en composante principale a été utilisée pour effectuer une analyse globale des résultats. Cette analyse est effectuée sur les six traitements, les quatre variétés et l'ensemble des paramètres étudiés. L'étude des corrélations a été réalisée sur deux axes. Axe1 représenté par la catégorie de données présentant de fortes contributions (88.59%) et l'axe2 représenté par les données de faibles contributions (4.66 %) (Fig.21). En effet, les calculs de la distance euclidienne sur la base d'une similarité de -1.4, ont montré la présence de 4 groupes (Fig.21 et Fig.22). Chaque groupe renferme des paramètres étudiés sur les différentes variétés. Cependant, le groupe 4 renferme les six traitements (Fig.20 et Fig.21)

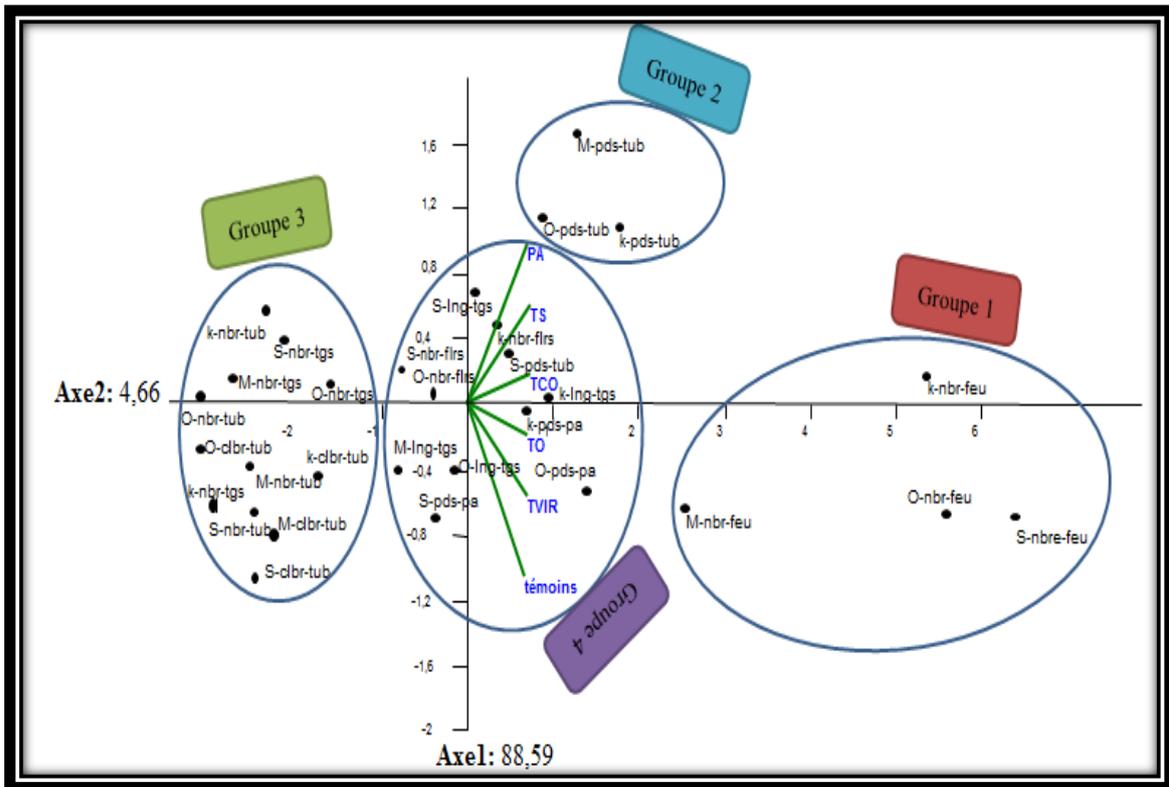
Si l'angle maximum entre les vecteurs est inférieur à 90°, ceci suggère que tous les vecteurs sont corrélés positivement entre eux.

Ainsi, en considérant l'axe 1, les traitements à base des isolats de *Trichoderma sp.* : Pa, Tco, Ts, To et Tvir ont été corrélés positivement avec les paramètres du groupe 4 (Fig.21). D'autre part, les isolats Pa, Tco et Ts sont corrélés positivement avec les paramètres du groupe 2 (Fig.21). En revanche, la corrélation était négative avec le groupe 3 mais faible avec le groupe 1 (Fig.21).

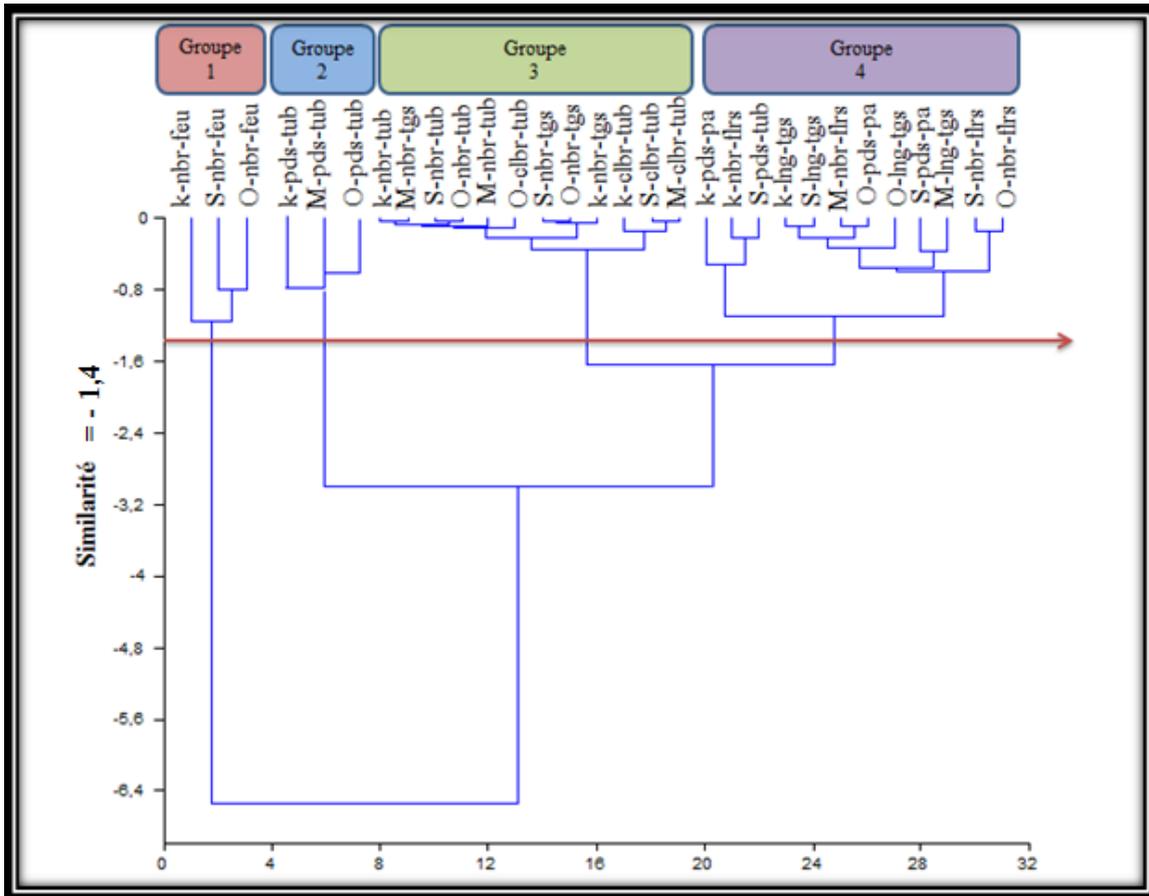
En conclusion, les isolats de *Trichoderma sp.* ont tous montré une corrélation positive avec les paramètres suivants (Fig.22) :

- Longueur des tiges pour les quatre variétés.
- Nombre de fleurs pour les quatre variétés.
- Poids sec de la partie aérienne pour les variétés Kondor, Olympia et Spunta.
- Poids des tubercules produits par plant pour la variété Spunta.

Par ailleurs, Les isolats de *Trichoderma sp.*: Pa, Tco et Ts ont montré une corrélation positive avec le poids des tubercules produits par plant pour les variétés Kondor, Mozart et Olympia (Fig.22).



**Figure.21** Analyse en composante principale (ACP) des différents paramètres en fonction traitements et des variétés.



**Figure.22 Classification hiérarchique des différents paramètres en fonction des traitements et des variétés**

### 3.3 Discussion générale

En résumé, les isolats de *Trichoderma* sp. Testés ont montré leur effet stimulant sur la germination et la croissance végétative notamment le nombre et la longueur de tiges ainsi que, le nombre de feuilles et de fleurs. Une légère stimulation a porté également sur le poids sec de la partie aérienne sous l'effet des isolats Pa et Tco.

En revanche, la tubérisation a été retardée pour l'ensemble des traitements et des variétés. Le nombre de tubercules produit par plant a fait ressortir une très faible stimulation de la production pour l'isolat Tvir mais toujours proche de ceux de Pa, Ts et des témoins. Comme, ils ont aussi légèrement stimulé le poids des tubercules produits par plant mais, ce

dernier reste faible même pour les témoins. D'autre part, le calibre des tubercules obtenus à partir des plants témoins était le plus important. Ainsi, les isolats de *Trichoderma* sp. N'ont pas stimulé le grossissement des tubercules produits.

En effet, ces résultats coïncident avec ceux de nombreux travaux rapportés par la bibliographie. Les travaux de Baker. (1988) et de Lynch et *al.*(1991a) ayant montré que certaines souches du *Trichoderma* semblaient exercer une action stimulatrice sur la croissance de certaines plantes.

En effet, Lynch et *al.*(1991a, b) ont étudié l'effet du *Trichoderma* sur la croissance de la laitue et son aptitude à lutter contre le *Rhizoctonia solani* Kühn et le *Pythium ultimum* Trow, des agents de la fonte des semis. Ils ont aussi démontré l'effet de certaines souches du *Trichoderma* sur la croissance de la laitue et la germination des graines.

D'autre part, Bielecki (1973) a affirmé que l'activité hormonale peut entraîner la production de substances promotrices ou inhibitrices de la germination.

Par ailleurs, Caron et *al.*(2002) ont étudié l'activité antagoniste de *Trichoderma harzianum* MAUL-20 contre cinq champignons telluriques phytopathogènes : *Fusarium oxysporum radialis lycopersicum*, *P. ultimum*, *R. solani*, *S. sclerotiorum* et *V. dahliae* et sur la germination des graines du concombre et de la tomate et leur croissance en serre. Les résultats ont montré que la majorité des souches du *Trichoderma* est parvenue à stimuler les paramètres de croissance des plants de tomate à des degrés variables. Cette stimulation s'est traduite essentiellement par une meilleure croissance axiale et une biomasse plus importante.

La stimulation de la biomasse a été observée non seulement dans les parties aériennes, mais aussi dans les parties racinaires qui ont augmenté de 270 à 325 % par rapport au témoin. Cette augmentation a été notée aussi bien pour les poids frais que pour les poids secs, ce qui montre qu'il s'agit d'un accroissement général du métabolisme et non seulement d'une absorption excessive d'eau.

Ceci est en accord avec les travaux de Windham et *al.*(1986) qui ont démontré que l'addition du *T. harzianum* et du *T. koningii* Oudermans à un sol préalablement autoclavé

augmentait le poids sec des racines ainsi que de la partie aérienne de la tomate et du tabac de 213 à 291 % par rapport au témoin non traité.

Mieux encore, Hibar et al.(2005) ont comparé l'état des plants de tomate inoculés par une souche pathogène du *F. oxysporum* Schlechtend.:Fr. Et par ces deux espèces : *T. harzianum* et *T. viride* avec des plants témoins sains non inoculés et non traités. Ils ont constaté que les plants traités par le pathogène et la première espèce antagoniste présentaient un développement végétatif et racinaire plus important. Les souches du *T. harzianum* ont donc amélioré les paramètres de croissance des plantes, alors que le *T. viride* a induit une réponse similaire à celle des témoins.

En effet, la majorité des travaux qui ont démontré l'effet stimulateur de croissance ont porté sur l'espèce *T. harzianum*. Ainsi, Besnard et Davet (1993) ont sélectionné, à partir de 100 souches de *Trichoderma* sp. , deux souches du *T. harzianum* ayant exercé un effet à la fois stimulant sur le pourcentage de germination, la matière sèche et le nombre moyen de fleurs des plants de tomate et de concombre, et inhibant le *Pythium*.

Ces résultats confirment les travaux de Kleifeld et Chet (1992) qui ont rapporté que la stimulation de croissance des plantes par le *T. harzianum* serait due à l'augmentation du transfert des nutriments à partir du sol jusqu'aux racines grâce à la colonisation de celles-ci par le *Trichoderma*.

Dans ce sens, Ousley et al.(1994) ont précisé que le *T. harzianum* améliore l'acheminement des nutriments du compost des mycorhizes. Ces auteurs ont d'ailleurs supposé que la réponse de stimulation des plantes est due à la production de métabolites  $\mu$  thermostables qui stimulent directement la croissance des plantes ou à la capacité du *T. harzianum* à inactiver les matières toxiques du sol qui inhibent la croissance des plantes.

Par ailleurs, les travaux de Baker et al.(1984) ont montré que le poids sec de plantes de radis avait augmenté de plus de 274 % après traitement par la souche T-95 du *T. harzianum*.

En outre, Gravel et *al.*(2005) ont démontré que l'inoculation de la tomate avec une souche du *T. atroviride* P. Karst permettait également d'augmenter significativement la surface racinaire et le poids des plantules de tomate *in vitro* ainsi que le rendement commercialisable en serre.

D'autre part, Bielecki (1973) a rapporté que la symbiose mycorhizienne augmente l'efficacité d'absorption des plantes, plus particulièrement celle de l'eau et des éléments peu mobiles dans le sol comme le phosphore. Ainsi, la présence du champignon dans le cortex des racines de la plante-hôte change la physiologie et la morphologie de cette dernière. De même, les cellules des racines colonisées ont une durée de vie plus longue.

En revanche, le retard de la tubérisation ainsi que les faibles rendements en nombre de tubercules et leur faible calibre peuvent être interprétés par la stimulation et la prolongation de la phase de croissance végétative des variétés testées de pomme de terre et par l'influence des conditions expérimentales. En effet, notre expérimentation a porté sur une culture de pomme de terre d'arrière-saison en pots, pendant une période chaude et à longues journées lumineuses. Or, ces conditions ne sont pas favorables pour de bons rendements. Dans ce contexte, de nombreux travaux ont rapporté que les jours courts, ou plus précisément l'obscurité de longue durée, favorisent une induction précoce de la tubérisation. De même, ce sont les températures fraîches qui lui sont le plus favorables (MAPA, 2003). Ainsi, il serait préférable de tester ces isolats sur des cultures de pomme de terre de saison et étudier leur modalité d'action pour une meilleure tubérisation. Un dosage de cytokinines et gibberellines s'impose pour réduire la phase de croissance et stimuler la phase de tubérisation.

En se basant sur les observations de Vreugdenhil et Struik (1989) indiquant que l'acide gibbérellique retarde la tubérisation et celles de Lian et *al.*(1998) confirmant que sa stimulation est induite par les cytokinines.

Par ailleurs, la croissance foliaire nécessite des besoins nutritionnels qui par épuisement ont entraîné un retard de la production des tubercules. Dans ce sens, Rousselle et *al.*(1996)

ont confirmé que l'azote est le facteur déterminant du rendement de la culture. Il favorise dans un premier temps le développement du feuillage puis la formation et le grossissement des tubercules. Ils ont recommandé l'apport d'une fertilisation d'entretien à la culture de la pomme de terre. Comme, ils ont suggéré que les éléments azotés et potassiques ont une grande influence sur la répartition des calibres des tubercules produits.

Il est impératif donc de faire des analyses du sol traité par les différents isolats de *Trichoderma* sp. Suivant le cycle de développement de la culture. D'autre part, les conditions favorables à la tubérisation n'étaient pas présentes. Ces derniers peuvent être la conséquence d'une forte concentration d'inoculum entraînant l'épuisement des éléments nutritifs majeurs pour leur développement ce qui a conduit à l'insuffisance ou l'appauvrissement du sol en éléments indispensables au grossissement des tubercules. Ainsi, la présence de *Trichoderma* sp. En masse dans la rhizosphère a probablement perturbé la régulation hormonale ce qui a retardé la tubérisation.

Selon Alabouvette et *al.*(1983), le carbone et l'azote influent énormément sur la croissance des champignons. Les *Trichoderma* n'échappent pas à cette règle, leur développement varie selon les quantités de carbone et de l'azote offertes par le milieu. Il est nécessaire donc de déterminer la concentration en spores de chaque isolat après la récolte.

# Références bibliographiques

### 3.3 Discussions générale

En résumé, les isolats de *Trichoderma* sp. Testés ont montré leurs effets stimulants sur la germination et la croissance végétative notamment le nombre et la longueur de tiges ainsi que, le nombre de feuilles et de fleurs. Une légère stimulation a porté également sur le poids sec de la partie aérienne sous l'effet des isolats Pa et Tco.

En revanche, la tubérisation a été retardée pour l'ensemble des traitements et des variétés. Le nombre de tubercules produit par plant a fait ressortir une très faible stimulation de la production pour l'isolat Tvir mais toujours proche de ceux de Pa, Ts et des témoins. Comme, ils ont aussi légèrement stimulé le poids des tubercules produits par plant mais, ce dernier reste faible même pour les témoins. D'autre part, le calibre des tubercules obtenus à partir des plants témoins était le plus important. Ainsi, les isolats de *Trichoderma* sp. N'ont pas stimulé le grossissement des tubercules produits.

En effet, ces résultats coïncident avec ceux de nombreux travaux rapportés par la bibliographie.

Les travaux de (Baker, 1988) et de (Lynch *et al.*,1991a) ayant montré que certaines souches du *Trichoderma* semblaient exercer une action stimulatrice sur la croissance de certaines plantes.

En effet, (Lynch *et al.*,1991a, b) ont étudié l'effet du *Trichoderma* sur la croissance de la laitue et son aptitude à lutter contre le *Rhizoctonia solani* Kühn et le *Pythium ultimum* Trow, des agents de la fonte des semis. Ils ont aussi démontré l'effet de certaines souches du *Trichoderma* sur la croissance de la laitue et la germination des graines.

D'autre part, (Bielecki ,1973) a affirmé que l'activité hormonale peut entraîner la production de substances promotrices ou inhibitrices de la germination.

Par ailleurs, (Caron *et al.*, 2002) ont étudié l'activité antagoniste de *Trichoderma harzianum* MAUL-20 contre cinq champignons telluriques phytopathogènes : *Fusarium oxysporum radices lycopersicum*, *P. ultimum*, *R. solani*, *S. sclerotiorum* et *V. dahliae* sur la germination des graines du concombre et de la tomate et leur croissance en serre. Les

résultats ont montré que la majorité des souches du *Trichoderma* sont parvenues à stimuler les paramètres de croissance des plants de tomate à des degrés variables. Cette stimulation s'est traduite essentiellement par une meilleure croissance axiale et une biomasse plus importante. La

stimulation de la biomasse a été observée non seulement dans les parties aériennes, mais aussi dans les parties racinaires qui ont augmenté de 270 à 325 % par rapport au témoin. Cette augmentation a été notée aussi bien pour les poids frais que pour les poids secs, ce qui montre qu'il s'agit d'un accroissement général du métabolisme et non seulement d'une absorption excessive d'eau.

Ceci est en accord avec les travaux de (Windham *et al.*,1986) qui ont démontré que l'addition du *T. harzianum* et du *T. koningii* Oudermans à un sol préalablement autoclavé augmentait le poids sec des racines ainsi que de la partie aérienne de la tomate et du tabac de 213 à 291 % par rapport au témoin non traité.

Mieux encore, (Hibar *et al.*,2005) ont comparé l'état des plants de tomate inoculés par une souche pathogène du *F. oxysporum* Schlechtend.:Fr. et par ces deux espèces : *T. harzianum* et *T. viride* avec des plants témoins sains non inoculés et non traités. Ils ont constaté que les plants traités par le pathogène et la première espèce antagoniste présentaient un développement végétatif et racinaire plus important. Les souches du *T. harzianum* ont donc amélioré les paramètres de croissance des plantes, alors que le *T. viride* a induit une réponse similaire à celle des témoins.

En effet, la majorité des travaux qui ont démontré l'effet stimulateur de croissance ont porté sur l'espèce *T. harzianum*. Ainsi, (Besnard et Davet,1993) ont sélectionné, à partir de 100 souches de *Trichoderma* sp. , deux souches du *T. harzianum* ayant exercé un effet à la fois stimulant sur le pourcentage de germination, la matière sèche et le nombre moyen de fleurs des plants de tomate et de concombre, et inhibant le *Pythium*.

Ces résultats confirment les travaux de (Kleifeld et Chet, 1992) qui ont rapporté que la stimulation de croissance des plantes par le *T. harzianum* serait due à l'augmentation du transfert des nutriments à partir du sol jusqu'aux racines grâce à la colonisation de celles-ci par le *Trichoderma*.

Dans ce sens, (Ousley *et al.*,1994) ont précisé que le *T. harzianum* améliore l'acheminement des nutriments du compost des mycorhizes. Ces auteurs ont d'ailleurs supposé que la réponse de stimulation des plantes est due à la production de métabolites thermostables qui stimulent directement la croissance des plantes ou à la capacité du *T. harzianum* à inactiver les matières toxiques du sol qui inhibent la croissance des plantes.

Par ailleurs, les travaux de (Baker *et al.*,1984) ont montré que le poids sec de plantes de radis avait augmenté de plus de 274 % après traitement par la souche T-95 du *T. harzianum*.

En outre, (Gravel *et al.*,2005) ont démontré que l'inoculation de la tomate avec une souche du *T. atroviride* P. Karst permettait également d'augmenter significativement la surface racinaire et le poids des plantules de tomate *in vitro* ainsi que le rendement commercialisable en serre.

D'autre part, (Bialeski, 1973) a rapporté que la symbiose mycorhizienne augmente l'efficacité d'absorption des plantes, plus particulièrement celle de l'eau et des éléments peu mobiles dans le sol comme le phosphore. Ainsi, la présence du champignon dans le cortex des racines de la plante-hôte change la physiologie et la morphologie de cette dernière. De même, les cellules des racines colonisées ont une durée de vie plus longue.

En revanche, le retard de la tubérisation ainsi que les faibles rendements en nombre de tubercules et leur faible calibre peuvent être interprétés par la stimulation et la prolongation de la phase de croissance végétative des variétés testées de pomme de terre et l'influence des conditions expérimentales. En effet, notre expérimentation a porté sur une culture de pomme de terre d'arrière saison en pots, pendant une période chaude et à longues journées lumineuses. Or, ces conditions ne sont pas favorables pour de bons rendements. Dans ce contexte, de nombreux travaux ont rapporté que les jours courts, ou plus précisément l'obscurité de longue durée, favorisent une induction précoce de la tubérisation. De même, ce sont les températures fraîches qui lui sont le plus favorables (Anonyme, 2003). Ainsi, il serait préférable de tester ces isolats sur des cultures de pomme de terre de saison et étudier leurs modalités d'action pour une meilleure tubérisation. Un dosage de cytokinines et gibberellines s'impose pour réduire la phase de croissance et stimuler la phase de tubérisation.

En se basant sur les observations de (Vreugdenhil et Struik, 1989) indiquant que l'acide gibbérellique retarde la tubérisation et celles de (Lian *et al.*, 1998) confirmant que sa stimulation est induite par les cytokinines.

Par ailleurs, la croissance foliaire nécessite des besoins nutritionnels qui par épuisement ont entraîné un retard de la production des tubercules. Dans ce sens, (Rousselle *et al.*, 1996) ont confirmé que l'azote est le facteur déterminant du rendement de la culture. Il favorise dans un

premier temps le développement du feuillage puis la formation et le grossissement des tubercules. Il a recommandé l'apport d'une fertilisation d'entretien à la culture de la pomme de terre. Comme, il a suggéré que les éléments azotés et potassiques ont une grande influence sur la répartition des calibres des tubercules produits.

Il est impératif donc de faire des analyses du sol traité par les différents isolats de *Trichoderma* sp. Suivant le cycle de développement de la culture. D'autre part, les conditions favorables à la tubérisation n'étaient pas présentes. Ces deniers peuvent être la conséquence d'une forte concentration d'inoculum entraînant l'épuisement des éléments nutritifs majeurs pour leur développement ce qui a conduit à l'insuffisance ou l'appauvrissement du sol en éléments indispensables au grossissement des tubercules. Ainsi, la présence de *Trichoderma* sp. En masse dans la rhizosphère a probablement perturbé la régulation hormonale ce qui a retardé la tubérisation.

Selon (Alabouvette *et al.*, 1983), le carbone et l'azote influent énormément sur la croissance des champignons. Les *Trichoderma* n'échappent pas à cette règle, leur développement varie selon les quantités de carbone et de l'azote offertes par le milieu. Il est nécessaire donc de déterminer la concentration en spores de chaque isolat après la récolte.

# Conclusion

## Conclusion

Ces dernières années ont vu naître de nombreuses études traitant de la sélection d'agents microbiens pour leur potentiel antagoniste contre des agents phytopathogènes ( Harman, 2000).

Parmi les champignons antagonistes qui ont démontré un bon potentiel de lutte, le *Trichoderma* sp est sans conteste le plus rapporté dans la littérature (Elad *et al.*, 1982 ; Harman,2000). De nombreux isolats de ce genre, ont été identifiés comme eliciters de mécanismes de défense et donc agents de lutte biologique contre un large spectre de phytopathogènes. Parallèlement, certaines études ont démontré leur aptitude à stimuler la croissance de certaines plantes (Mouria *et al.*,2008).

En Algérie, des travaux de recherche récents ont révélé l'effet eliciteur de certains isolats algériens de *Trichoderma* sp. Dans le biocontrol *in vitro* des isolats de *P.infestans* agent du mildiou de la pomme de terre en Algérie (Saadoune, 2011). Dans ce sens, on a jugé opportun d'étudier l'impact de ces cinq isolats algériens de *Trichoderma* sp. (Pa , To, Tco,Ts et Tvir) sur la croissance et le rendement de quatre variétés de pomme de terre (Kondor,Olympia,Mozart et Spunta). En effet, l'ensemble des isolats du *Trichoderma* sp a montré ses effets stimulants sur la germination et la croissance végétative notamment le sur nombre et la longueur de tiges ainsi que, sur le nombre de feuilles et de fleurs.

Une légère stimulation a porté également sur le poids sec de la partie aérienne sous l'effet des isolats Pa et Tco.

En revanche, la tubérisation a été retardée pour l'ensemble des traitements et des variétés. Le nombre de tubercules produit par plant a fait ressortir une très faible stimulation de la production pour l'isolat Tvir mais toujours proche des de ceux de Pa, Ts et des témoins. Comme, ils ont aussi légèrement stimulé le poids des tubercules produits par plant mais, ce dernier reste faible même pour les témoins. D'autre part, le calibre des tubercules obtenus à partir des plants témoins était le plus important.

En revanche, le retard de la tubérisation ainsi que les faibles rendements en nombre de tubercules et leur faible calibre peuvent être interprétés par la stimulation et la prolongation de la phase de croissance végétative des variétés testées de pomme de terre ainsi que par l'influence des conditions expérimentales défavorables à la tubérisation.

En conclusion, cette présente étude a confirmé l'effet phytostimulant des isolats de *Trichoderma sp.* Sur la croissance de la partie aérienne des variétés de pomme de terre testées. Cependant, cette stimulation a perturbé le cycle de développement des plantes. Ainsi, la prolongation de la phase de croissance a permis une meilleure vigueur de leur partie aérienne et a empêché leur sénescence pour activer la tubérisation à savoir la production et le grossissement des tubercules. Il est impératif de réduire la période de croissance en agissant sur les hormones stimulatrices de la tubérisation pour de meilleurs rendements de la culture.

Dans ce sens, l'application de ces isolats algériens de *Trichoderma sp.* Sur les cultures pérennes et sur celles à croissance aérienne développée est une approche prometteuse qui permet de réduire l'utilisation des fongicides et des phytostimulants tout en minimisant le coût de production et les impacts négatifs sur l'environnement.

En revanche, ce travail ne constitue qu'une première étape dans la recherche des agents biostimulants. Des essais complémentaires seront nécessaires et devront confirmer les performances mises en évidence.

Ainsi, à partir de ce modeste travail plusieurs voies s'ouvrent à la recherche:

- Déterminer la concentration en spores de chaque isolat de *Trichoderma sp.* et pour chaque variété après la récolte.
- Identification moléculaire des isolats les plus efficaces.
- Production en masse et formulation des isolats pour essai en plein champ.
- Étude toxicologique avant l'application des extraits au champ.
- Recherche et application de biofertilisants stimulant la production du nombre de tubercules et leur grossissement.
- Analyse des composés minéraux du sol traité avant la culture et après la récolte comparé à celui des témoins pour déterminer l'effet bio-fertilisant de ces isolats fongiques.

- Analyse de la partie aérienne des variétés de pomme de terre traitées par les isolats de *Trichoderma* sp. Et celles des témoins après la récolte.
- Dosage et identification des hormones végétales des variétés testées traitées par les isolats de *Trichoderma* sp. Comparées aux témoins.
- Analyse phytochimique des variétés de pomme de terre traitées dans le but de déterminer la nature et la composition des métabolites secondaires impliqués dans la défense contre les maladies phytopathogènes.
- Application des isolats de *Trichoderma* sp. (Tco,To,Pa) comme phytostimulants sur d'autres cultures.
- Recherche d'autres microorganismes éliciteurs et phytostimulants pour améliorer la croissance et le rendement des cultures.
- Tester l'effet insecticide de ces isolats sur les ravageurs qui sont redoutables aussi sur les cultures.

# Références bibliographiques

**Ait Yahia, C. (1996).** Contribution à l'étude de l'antagonisme in vitro de *Trichoderma harzianum* vis à vis de l'agent de Fusariose vasculaire chez la lentille et le melon. thèse . d'Ing Agro.Chlef ,50p.

**Ahmed-Serir, B. et Moussaoui, A. (2011).** Le mildiou de la pomme de terre *Solanum tuberosum* L. En Algérie : Caractérisation culturelle et pathogénique de trois isolats Algériens de *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary. Th. Ing.Univ. Saad Dahleb de Blida : 47.

**Alabouvette C., Couteaudier Y. et louvet J. (1983).** Importance des phénomènes de compétition nutritive dans l'antagonisme entre microorganismes, pp 7-16. XXIV. Colloque de la société Française de phytopathologie, n°34, Bordeaux (FR).

**Alim, Y. (2010).** La filière de pomme de terre en Algérie : 12-13.

**Al-Mughrabi, K. (2004).** Pathologiste de la pomme de terre New brunswick Canada:1.

**Andriveau, D. (1994).** Dynamics of the survival and infectivity to potato tubers of sporangia of *Phytophthora infestans* in three different soils. Soil Biologie and biochemistry 26: 945-952.

**Andriveau, D. et Lebreton, L. (1997).** Mildiou de la pomme de terre, ou en sommes-nous après 150 ans?. Phytoma, 494 (Mai 1997) p : 24-27.

**Andriveau, D. et Lucas, M. J. (1998).** Des associations de variétés pour lutter contre le mildiou de la pomme de terre: est-ce possible ?. Premier colloque transnational sur les lutttes biologiques, intégrée et raisonnée. 21, 22, 23 janvier 1998 p: 55-56.

**CIP (1995).** Centre Internationale de la patate

**CIDES(1999).** Cahier de références techniques. Micro propagation pour l'entreprise serricole. Centre d'Information et de Développement Expérimental en Serriculture (CIDES) : [www.cides.qc.ca](http://www.cides.qc.ca)

**FPPTQ (2000a).** Histoire de la pomme de terre. Fédération des Producteurs de Pomme de Terre de Québec (FPPTQ) : [www.fpptq.qc.ca](http://www.fpptq.qc.ca)

**FPPTQ( 2000b).** Valeur nutritionnelle de la pomme de terre. Fédération des Producteurs de Pomme de Terre de Québec (FPPTQ) : [www.fpptq.qc.ca](http://www.fpptq.qc.ca)

**MAPA, (2003).** Age physiologique et préparation des semences. Ministère de

L'Agriculture, des Pêches et de l'Aquaculture : [www.gnb.ca](http://www.gnb.ca)

**ENCARTA, (2004).** La pomme de terre.

**Anonyme ,( 2008).** Année internationale de la pomme de terre  
[www.Potatoe2008.org/fr/index.htm](http://www.Potatoe2008.org/fr/index.htm).

**FAOSTAT, (2010).** Faostat, produit par pays <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>

**MADR, (2011).** Services de statistiques des cultures, ministère d'agriculture et de développement rural.

**Bellahcene,M et Chet I, (1997).** Cellular and molecular mechanisms involved in the interaction between *T.harzianum* et *Pythium ultimum*. *Appl. Envir.Microbiol.* 63;2095-2099.

**Baker, R. (1988).** *Trichoderma* spp. as plant-growth stimulants, *CRC Crit. Rev. Biotechnol.* 7 (2): 97-106.

**Baker, R., Y. Elad et I. Chet, (1984).** The controlled experiment in the scientific method with special emphasis on biological control. *Phytopathology* 74 : 1019-1021.

**Bedin, P.(1986).** Le désherbage de la pomme de terre. *Pomme Terre fr.*, 433 : 63-67.

**Benhamou N. et Chet I.(1996).** Parasitism of *Sclerotium rolfsii* by *Trichoderma harzianum*

:ultrastructure and cytochemical aspects of the interaction. *Phytopathology* 86, p. 405-416.

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

**Besnard, O.(1992).** Etude de souche trichoderma à la fois stimulatrices de croissance de plantes et antagoniste du *Phyitium utimum*. Thèse de doctorat. Université Montpellier, 107p.

**Bialeski, R.L.( 1973).** "Phosphate pools, phosphate transport, and phosphate availability", *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 24 : 225-252

**Bissett, J. (1991).** A revision of the genus *Trichoderma*. I. Section *Pachybasium*. *Can. J. Bot.*, 69: 2373-2417

**Bissett, J. (2004).** Commentaires de l'adresse internet suivante : [http ://www.Medicalglossary.Org/fungi\\_mitosporic\\_fungi\\_definitions.html](http://www.Medicalglossary.Org/fungi_mitosporic_fungi_definitions.html).

**Blaeser, P. and Steiner, U. (1998).** Antifungal activity of plant pathology extracts against potato late blight (*Phytophthora infestans*). In Modern Fungicides and Antifungal Compounds II. 12th International Reinhardtsbrunn Symposium, Freidrichroda, Thuringia, Germany, 24th-29th May 1998. Review of Plant Pathology 78: 936.

**Boulahia (2008).** Contribution des assurances agricoles au développement rural durable en Algérie cas de : la caisse régionale de mutualité Agricole (CRMA) Wilaya de Constantine.P36.

**Botton, B., Breton, A ., Fevre ,M.,Guy, P., Larpent ,J.P, et Veau, P.1985.** moisissures utiles et nuisibles, importance industrielles. Ed. Masson. 364p.

**Camporota, P. 1985.** Antagonisme in vitro de *Trichoderma* spp. vis-à-vis de *Rhizoctonia solani* Kühn. Agronomie 5 (7) : 613-620.

**Caron,J.L. Laverdière, P.O. Thibodeau et R.R. Bélanger.2002.** Utilisation d'une souche indigène de *trichoderma harzianum* contre cinq agents pathogènes chez le concombre et la tomate de serre au Québec. Phytoprotection 83: 73-87.

**Catchpole A.H., Hillman J., 1969.** Effect of ethylene on tuber initiation in *Solanum tuberosum* L. Nature 223, 1387-1388.

**Chehat, F.2008.** La filière pomme de terre Algérienne : une situation précaire. Journée d'étude sur la filière pomme de terre : Situation actuelle et perspective. INA EL HARRACH : 1-11.

**Corbaz R. 1990.** Principes de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes, 650. Presses polytechniques universitaires, Paris (FR).

**Compobello E.W.A. Drenth H.H., et Leifrink R.S., 2002.** Culture professionnelle de Pomme de terre. Plantation. 2<sup>ème</sup> édition Agricole. 307 p.

**Cournut, B. 1984.**Le genre *Trichoderma* hyphomycètes. Th. : Pharmacie : Marseille; 77 p.

**Cruz, J. Et Llobell,A. 1999.**Purification and properties of a basic endo-B. 1,6-glucanase (BGN 16.1) from the diagnostic fungus *trichoderma harzianum* european journal of biochemistry 265:145-151.

**Cruz, J. Et Pintor-toroj., Benitez, T., et Llobell, A. 1995.** Purification and characterization of an endo B-1,6-gulcanase from *trichoderma harzianum* that is related its mycoparasitism. Journal of bacteriology. American society for microbiology. Vol. 177, N°7:1864-1871.

**Cuypers, B., and Hahlbrock, K. 1988.** Immunohistochemical studies of compatible and incompatible interactions of potato leaves with *Phytophthora infestans* and of the nonhost response to *Phytophthora megasperma*. Canadian Journal of Botany 66 : 700-705.

Danielson et Davey, 1973 in

**Darpoux R et Debelley M., 1967.** Les plantes sarclées. Edition. J.B. Baillière et fils France. Collection d'Enseignement Agricole. 307p.

**Davet, P. 1983.** Introduction et conservation des trichoderma dans le sol. In les antagonismes microbiens. Modes d'action et application à la lutte biologique contre les maladies des plantes. -24<sup>e</sup> Colloq. Soc. Fr. Phytopathol., Bordeaux, 26 mai 1983. Versailles : INRA, p. 159-168.

**Davet, P. 1986.** Activité parasitaire des Trichoderma vis-à-vis des champignons à sclérotés; corrélation avec l'aptitude à la compétition dans un sol non stérile. Agronomie 6 (9) : 863-867.

**Dennis C. Et Webster J., 1971 .** Antagonism properties of species of *Trichoderma*. II. Production of volatile antibiotics. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 57 (1), 41-48.

**Dommergues, y., et Mangenot, F. 1970.** Ecologie microbienne du sol. Ed. Masson et cie ,796p.

**Donnelly D.J., Coleman W.K., Coleman S.E., 2003.** Potato microtuber production and performance : A review . American journal of potato research, vol 80: 103-115.

**Doré .C, Varoquaux F, Coordinateur. 2006.** Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées IRNRA.

**Dubois, 2009.** Mildiou de la pomme de terre : raisonner ses interventions et choisir le fongicide adapté ; <http://www.syndicat-agricole.com/actualites/vie-pratique-pomme-de-terre-mildiou-de-la-pomme-de-terre-raisonner-ses-interventions-et-choisir-le-fongicide-adapte&fldSearch=:FGEN6FMD.html>.

**Duvauchelle, S. et Andrivon, D. 1996.** Le mildiou et son agent *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. In **Rousselle, P.; Robert, Y. Et Croisnier, J.C.** Ed. INRA et ITCF. France: 607.

**Elad Y., Chet I., Boyle P. Et Henis Y., 1983.** Parasitism of *Trichoderma* spp. On *Rhizoctonia solani* and *Sclerotium rolfsii*. Scanning electron microscopy and fluorescence microscopy. *Phytopathology*, 73: 85-88.

**El Kharbotly,A.; Leonards-schippers,C.; Huigen,D.J.; Jaccobsen ,E. ; Pereira, A. Et Stiekeman , W.J. 1994.** Segregation analysis and RFLP mapping of the R1 and R3 alleles conferring race. Specific resistance To *P. infestans* (mont.) de Bary in progeny of dihaploid potato parents. *Molecular and genetic* 242: 749-754.

**El kharbotly ,A.; Palomino-Sanchez, C.; Salamini, F.; Jacobsen,E. Et Gerbhart,C. 1996.** R6 and R7 alleles of potato conferring race-specific resistance To *P. infestans* (Mont.) de Bary identified genetic loci clustering with the R3 locus on chromosome XI. *Theoretical and Applied genetics* 92:880-884.

**Garrett, K. A., and Mundt, C. 2000.** Host diversity can reduce potato late blight severity for local and general patterns of primary inoculum. *Phytopathology* 90 : 1307- 1312.

**Gaucher, D., Duvauchelle, S. Et Andrivon, D. 1998.** Mildiou de la pomme de terre le champignon évolue, la lutte aussi ! *Perspectives Agricoles* 236: 1-20.

**Gisi, I.U. et Cohn, Y. 1996.** Resistance to phenylamide fungicide : A case study with *phytophthora infestans*. PhD Thesis, Wageningen Agricultural University, Netherlands:147.

**Gravel, V., C. Martinez, H. Antoun et R.J. Tweddell. 2005.** Stimulation de la croissance de plants de tomate en hydroponie par le *Pseudomonas putida* et le *Trichoderma atroviride*. 97e Assemblée annuelle de la Société de protection des plantes du Québec, 9 et 10 juin 2005. *Phytoprotection* 86 : 71-79.

**Grison C. 1989.** Les relation sol-racine et leur incidence sur le comportement de la plante. Pomme de terre FR.N 451-63-68.

**Goodwin, S.B. ; Sujkowski, L.S. et Fry, W.E. 1998.** Genetic change within population of *P.infestans* in the united states ans Canada during 1994 to 1996: Role of migration and recombination. *Phytopathology* 88: 939-949.

**Hammer,O.; Harper, D.A.T. et Ryan , P.D. 2001.** PAST : Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 1-9.  
[http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm).

**Hanrman, G. E. 2000.** Myths and dogmas of biocontrol. Changes inperceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant Dis.* 84:377-393.

**Harman,E.G.; Howell,R.C.; Viterbo,A.;Chet,I.& Lorito,M. 2004.***Trichoderma* species-opportunistic, avirulent, plant symbionts. *Nat.Microbiol. Rev.* 2: 43-56.

**Harrison, J.G. 1992.** Effects of the aerial environnement on late blight of potato foliage a review. *Plant Pathol.*

**Hartmans K.J., VanLoon C.D. 1987.** Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. I. Influence of storage period and temperature on sprouting characteristics. *Potato Research.* Vol. 30, 397-409.

**Hawkes J.G., 1990.** The potato, Evolution, biodiversity and genetic resources. London, Belhaven Press, 259 p.

**Hamlaoui, Y. 2009.** Efficacité de quelques isolats algériens fongiques de *trichoderma harziamum* et *paeciliomyces lilacinus* sur les némathodes à galles genre Meloidoyne. Thèse. Ing. Univ. Saad Dahlab de Blida Algérie : 49.

**Henfling, J. W. 1987.** Le mildiou de la pomme de terre. Bulletin d'information technique, C. I. P, Lima Pérou, p: 23-30.

**Hibar, K., M. Daami-Remadi, H. Khiareddine et M. El Mahjoub. 2005.** Effet inhibiteur in vitro et in vivo du *Trichoderma harzianum* sur *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 9 (3) : 163-171.

**Hmouni, A., M. Massoui et A. Douira. 1999.** Étude de l'activité antagoniste de *Trichoderma* sp. Et de *Gliocladium* spp. à l'égard de *Botrytis cinerea*, agent causal de la pourriture grise de la tomate. Al Awamia 100 : 75-92.

**Howell CR. 2003.** Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases : The history and evolution of current concepts. *Plant. Dis.*87, p. 4-10.

**Jefferies R.A., Lawson H.M. 1991.** A key for the stages of development of potato (*Solanum tuberosum*). Annals of Applied Biology. Vol. 119, 387-399.

**Kleifeled, O. et I. Chet. 1992.** *Trichoderma harzianum* - Interaction with plants and effects on growth response. *Plant Soil* 144 (2) : 267-272.

**Kraus A., Marschner H., 1982.** Influence of nitrogen nutrition, day-length and temperature on contents of gibberellic acid and abscisic acid and on tuberization in potato plants. *Potato research* 25, 13-21.

**Krause, R.A., Massie, L.B. Et Hyre, R.A. 1975.** Blitecast, a computerized forecast of potato late blight. *Plant Disease* 59 :95 - 98.

**Kredics,L.,Antal,Z.,Manczinger ,L.,Szekeres,A.,kevel,F.,et Nagy,E. 2003.** Influence of environmental parameters on *Trichoderma* strains biocontrol potential. *Food technol .biochnol.*41(1):37-42.

**Kooistra, Sander. 1991.** Less sickness equals better working: Prevention of absenteeism due to sickness in the Netherlands,35 p103-049-250 (*Last edited on 2002/02/27 18:30:12 US/Mountain*)

**Kulling,C.,Mach,R.L.,Lorito,M., et Kubicek,C.P. 2000.** Enzyme diffusion from *Trichoderma atroviride* (*5T. harzianum p1*) To *Rhizoctonia solani* is a prerequisite for Triggering of *Trichoderma* ech42 gene expression before mycoparasitic contact.Applied and environmental microbiology vol,N°5:2232-2234.

**Labdi, C.EH. 2008.** Caractérisation et identification des isolats Algériens fongiques en vue d'utilisation contre les nématodes à galles du genre *Meloidogyne*. Thèse d'ingénieur en agronomie. Phytopathologie. Université Saad Dahlab de Blida :51 .

**Lacey, J. 1965.** The infectivity of soils containing *Phytophthora infestans*. Annals of Applied Biology 59 : 363-380.

**Laing, C. 1998.** Le mildiou de la pomme de terre. Bulletin d'information de la Division de la Gestion des Demandes d'Homologation et de l'Information, Agence de Réglementation de la Lutte Parasitaire, Canada, juin 1996.

**Lamy Krafft, P. et M.F. Roquebert. 1981.** Analyse des interactions entre deux champignons antagonistes : *Trichoderma viride* Pers. Et *Botrytis cinerea* Pers. Ex Fr. Études préliminaires. Cryptogam. Mycol. 2 : 137-151.

**Leonard-Schippers,C.,Gieffers,W.,Salamini,F., et Gelberdt,C. 1992.** The R1 gene conferring race-specific resistance to *P. infestans* in potato is located on potato chromosome V. Molecular and general genetics 233:278-283.

**Lepoivre,P. 2003.** Phytopathologie basses moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte. Ed press agronomiques gembloux.

**Lian Y., Dong H.R., Jin L.P., Ji Y.B., Lin H., Zou Y., 1998.** Effect of inductive stimulus on the changes of endohormones during microtuber formation in vitro in *Solanum tuberosum* L. Adv Hort 2:494-498.

**Li,X.; Van, E.C.K.; Rooppe, H.J.; Van Der Voort,J.N.M.; Huigen ,D.J.; Stam, P. Et Jacobsen , E. 1998.** Autotetraploids and genetic mapping using common AFLP markers: the R2 allele conferring resistance. To *phytophthora infestans* mapped on potato chromosome 4. Theoretical of Applied genetic 96:1121-1128.

**Lynch, J.M., R.D. Lumsden, P.T. Atkey et M.A. Ousley. 1991a.** Prospects for control of Pythium damping-off of lettuce with Trichoderma, Gliocladium and Enterobacter spp. Biol. Fertil. Soils 12 : 95-99.

**Lynch, J.M., K.L. Wilson, M.A. Ousley et J.M. Whipps. 1991b.** Response of lettuce to Trichoderma treatment. Lett. Appl. Microbiol. 12 : 56-61.

**Malet, M. 1992.** Comment désherber la pomme de terre ? pomme terre fr.468, 15-19.

**Malajszczuk, N. 1983.** Microbial antagonism to *Phytophthora* pp 197 - 217 in *Phytophthora* its biology, taxonomy, ecology and pathology. D C Erwin, S Bartnicki-Garcia & P H Tsao (eds). American Phytopathological Society, St Paul.

**Maroo, E.B. 2010.** Stratégies de lutte 2010 contre le mildiou de la pomme de terre. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/2010-late-blight.htm>.

**Méziane D., 1991.** Histoire de la pomme de terre. Diététique n°25 pp : 29.

**Mouria, A., A. Ouazzani-Touhami, A. Douira, R. Benkirane, A. Mlaiki et M. El Yachioui. 1997a.** Antagonisme in vitro de Trichoderma spp. vis-à-vis de *P. oryzae*. Al Awamia 96 : 9-17.

**Mouria, A., A. Ouazzani-Touhami, A. Mlaiki, M. El Yachioui et A. Douira. 1997b.** Lutte biologique contre *Helminthosporium oryzae* : Antagonisme in vivo des Trichoderma

spp. vis-à-vis de *H. oryzae*. Troisième congrès de l'Association Marocaine de Protection des Plantes, Rabat, 23-24 déc. P. 113-116.

**Obata-Sasamoto H., Suzuki H., 1979.** Activities of enzymes relating to starch

synthesis and endogenous levels of growth regulators in potato stolon tips during tuberization. *Physiologia Plantarum* 45, 320-324

**Okazawa Y., 1967.** Physiological studies on the tuberization of potato plants. *Journal of Faculty of Agriculture Hokkaido university.* 55, 267-347.

**Ousley, M.A., J.M. Lynch et J.M. Whipps. 1994.** Potential of *Trichoderma* spp. as consistent plant growth stimulators. *Biol. Fertil. Soils* 17 (1) : 85-90.

**Ouazzani-Touhami, A., A. Douira, R. Benkirane, M. El Oirdi, F. Bouslim, L. Zidane, N. Gmira et N.E. El Haloui. 1994.** Antagonisme in vivo de certaines espèces fongiques vis-à-vis de *Verticillium dahliae*. *Rev. Rés. APAMA* 7 : 197-211.

**Pal, K.K., et Mcspadden- Gardner, B. 2006.** Biological control of plants pathogens. *the plant Health instructor* vol. 10, N°2:1094-1117.

**Palmer C.E, Smith, O.E., 1969.** Cytokinins and tuber initiation in the potato *Solanum tuberosum* L. *Nature* 221, 279-280.

**Paitier, G. 1980.** Le mildiou de la pomme de terre. *Phytoma*, Avril 1980, p: 23-27.

**Paquet, M. 1999.** Etude de l'efficacité de *Streptomyces griseoviridis* var *geldanus*, souche EF-76. Comme agent de lutte biologique contre *Phytophthora fragariae*. Mémoire de M.sc. Université Laval. Canada. 129p

**Peeten H.G., Shipper E., Baarveld H.R., 2007.** catalogue néerlandais des variétés de la pomme de terre. 164 : 1-164.

**Pieterse, C. M. J., Dewit, P. J. G. M., and Govers, F. P. M. 1992.** Molecular aspects of the potato - *Phytophthora infestans* interaction. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 98 : 85-92.

**Poitrineau A., 2001.** Les Solanacées. In *UNIVERSALLIS*

**Pruski K., Astatkie T., Nowak J., 2002.** Jasmonate effects on in vitro tuberization

and tuber bulking in two potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) under different media and photoperiod conditions. (Society for In Vitro Biology). In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant 38: 203-209.

**Radtke W. Et Rieckmann W. Maladies et ravageurs de la pomme de terre.in**

Gelsenkirchen-Buer, Editions Th. Mann, 1991. Un album in-4, cartonnage éditeur, 168pp.

**Rifai, M.A.m1969.**A revision of the genus *Trichoderma*.Mycologia.Papers, 116 :1-56

**Rousselle, P., Robert, Y. Et Grosnier, J.C. 1996.** La pomme de terre, amélioration, ennemis, maladie et utilisation. I.N.R.A. Paris : 607.

**Rouxel, F., et Lechappe, J. 1991.** Etat de connaissance sur quelques maladies importantes.III. la maladie du pied haricot due *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum* et *Trielaviopsis basicola*.P.M.H.Revue Horticole N°306 :51-56 .

**Saadoune, A. 2011.** Antagonisme des isolats algériens de *Trichoderma* sp. à l'égard des isolats algériens de *Phytophthora infestans* agent responsable du mildiou de la pomme de terre *Solanum tuberosum* L. en Algérie. Th.Ing. Univ. Saad Dahlab de Blida : 63.

**Schwinn, F.J., Margot, P. 1991.** Control with chemicals. In: Ingram, D.S., Williams, P.H. (Eds.), Advances in Plant Pathology. *Phytophthora infestans*, the Cause of Potato Late Blight, Vol. 7. Academic Press Limited, San Diego, CA, USA, pp. 225–265.

**Semal, L. 1989.** Traité de pathologie végétal.Ed.press agronomiques de gembloux.621p.

**Sofiane ,M. (2007).** Mildiou : La menace sur la pomme de terre persiste.

<http://www.djazairess.com/fr/lqo/511883>.

**Soltner , D.(1988).** Les grandes productions végétales. Collection Scientifique des Technologies Agricoles. 16ème édition 494p.

**Suttle ,J.C. (1998).** Involvement of ethylene in potato microtuber dormancy. Plant Physiology. 118: 843-848.

**Sugiyama, J. (1987)** Pleomorphic fungi: the diversity and its taxonomic implications. Tokyo: Elsevier, pp. 29-56, 325 p.

**Van Oigen,M. (1991).** Identification of the major characteristics potato cultivars which affect yield loss caused by late blight. PhD thesis, Wageningen Agricultural university:116.

**Van Loon,C.D. et Bouma ,J . (1978).** A case study on the effect of soil compaction on potato growth in a loamy soil.2. Potato Reponses.Neth,J.agric.sci .26,421-429.

**Whipps,J.M. (2001).** Microbial interaction and biotechnol in the Rhizoshère. Journal of experimental botany vol.52:487-511.

**Vreugdenhil D.Et Struik P.C. (1989).** An integrated view of the hormonal regulation of tuber formation in potato (*Solanum tuberosum* L). Physiologia Plantarum 75, 525-531.

**Windham, M.T.; Elad, Y. Et Baker, R. (1986).** A mechanism for increased plant growth induced by *Trichoderma* spp. Phytopathology 76 : 518-521.

**Widmark, P.O. (2010).** The late bilght pathogen, phytophthora inferstans. TH de doctorat. Swedish University of Agricultural Sciences: 69.

**Zwankhuzien,M.J. (1998).** Potato late blight epidemics and population structure ofphytophthora infestans. PhD thesis. Wageningen Agricultural University, Netherlands: 147.

Annexe

## Annexes

Tableau 1 : Evolution de taux (%) de germination de la première semaine chez les quatre variétés en fonction des traitements :

	Olympia	Mozart	Kondor	Spunta
TO	83,33	33,33	16,67	33,33
PA	66,66	0	33,33	33,33
TCO	83,33	16,67	66,66	83,33
TS	66,66	50	33,33	50
TVIR	83,33	33,33	33,33	83,33
témoins	0	0	0	0

Composition du milieu de culture à base de (PDA). Composition de milieu de culture Johnson et Booth, 1983 in Hammi, 2003.

- 20g d'agar-agar
- 20g glucose
- 1000 ml d'eau distillée
- 200g pomme de terre.

# Table des matières

Introduction .....	2
--------------------	---

## *Chapitre II : Matériel et Méthodes*

. Aperçu sur la pomme d terre.....	5
1.1 Historique.....	5
1.2 Taxonomie.....	5
1.3 Description des caractères botaniques .....	6
1.4 Variétés.....	9
1.5 Cycle végétatif.....	10
1.5.1 La plantation.....	10
1.5.2 Le développement des fanes.....	10
1.5.3 Développement des stolons.....	10
1.5.4 Développement des tubercules .....	10
1.5.5 Défanage.....	11
1.5.6 Récolte.....	11
1.6 Exigences de la culture.....	13
1.6.1 Température et humidité du sol.....	13
1.6.2 Approvisionnement en eau.....	13
1.6.3 Ameublissement du sol.....	13
1.6.4 Besoins nutritionnels.....	13
1.6.5 Besoins hormonales.....	14
1.6.5.1 Gibbérellines.....	14

