



# **CULTURES ABRITÉES**

**Tests d'efficacité de RootShield™  
contre *Pythium* de la tomate de  
serre du Québec**

**RAPPORT FINAL  
MAI 2003**

**Projet réalisé grâce à une contribution financière du ministère de l'Agriculture,  
des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ)**

---

**Pour information et commentaires :**

Centre de référence en agriculture  
et agroalimentaire du Québec  
2875, boulevard Laurier, 9<sup>e</sup> étage  
Sainte-Foy (Québec) G1V 2M2

Téléphone : (418) 523-5411 ou 1 888 535-2537  
Télécopieur : (418) 644-5944 ou (418) 646-1830  
Courriel : [client@craaq.qc.ca](mailto:client@craaq.qc.ca)

---

Les textes contenus dans ce document ont été reproduits tels que soumis par les responsables.

---

**Tests d'efficacité de RootShield™ contre *Pythium* de la tomate de serre du Québec**

*Rapport final de recherche*

*Présenté au*

**Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec  
(CRAAQ)**

*Présenté par*

**Johanne Caron, M.Sc.  
Lucie Laverdière, technologiste  
Horti-Protection inc.**

**MAI 2003**

## Table des matières

1. Liste des intervenants	7
2. Problématique et contexte	8
2.1 But du projet	8
3. Matériel et Méthodes	9
3.1 Matériel végétal	9
3.2 Matériel fongique	9
3.3 Traitements	9
3.4 Pratiques culturales	10
3.4.1 Les besoins nutritifs et conditions de croissance	10
3.5 Paramètres étudiés	12
3.6 Observation et prélèvements racinaires	12
3.7 Analyses statistiques	12
3.7.1 Rendements	12
3.7.2 Système racinaire	13
4. Résultats et discussion	14
4.1 Vérification ponctuelle de la présence de <i>Trichoderma</i> et de <i>Pythium</i> aux racines	14
4.2 Rendements	16
4.2.1 Fruits de catégorie #1	16
4.2.1.1 Fruits de catégorie #2	20
4.2.1.2 Fruits de catégorie #3	20
4.3 Apparence des plants et des systèmes racinaires à la récolte des plants	23
4.3.1 Apparence des plants	23
4.3.2 Apparence du système racinaire	23
4.4 Sévérité de la maladie à la récolte des plants	24
4.5 Isolement de <i>Pythium</i> et de <i>Trichoderma</i> des racines prélevées lors de l'évaluation finale des plants de tomate	26
5. Conclusions	27
6. Références bibliographiques	29

### Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Évolution des rendements en fruits de tomate de catégorie #1 obtenu suite à différents traitements impliquant RootShield et/ou <i>Pythium</i> pour 15 récoltes, Québec. _____	17
<b>Figure 2.</b> Évolution du nombre de fruits de tomate de catégorie #1 obtenu suite à différents traitements impliquant RootShield et/ou <i>Pythium</i> pour 15 récoltes, Québec. _____	17
<b>Figure 3.</b> Rendement total en fruits de tomate de catégorie #1 obtenu suite à différents traitements impliquant RootShield et/ou <i>Pythium</i> pour 15 récoltes, Québec. _____	18
<b>Figure 4.</b> Nombre total de fruits de tomate de catégorie #1 obtenu suite à différents traitements impliquant RootShield et/ou <i>Pythium</i> pour 15 récoltes, Québec. _____	19
<b>Figure 5.</b> Évolution des rendements en fruits de tomate de catégorie #3 obtenu suite à différents traitements impliquant RootShield et/ou <i>Pythium</i> après 17 récoltes, Québec. _____	21
<b>Figure 6.</b> Évolution du nombre de fruits de tomate de catégorie #3 obtenu suite à différents traitements impliquant RootShield et/ou <i>Pythium</i> après 17 récoltes, Québec. _____	21
<b>Figure 7.</b> Rendement en fruits de tomate de catégorie #3 obtenu suite à différents traitements impliquant RootShield et/ou <i>Pythium</i> , Québec. _____	22
<b>Figure 8.</b> Rendement en fruits de tomate de catégorie #3 obtenu suite à différents traitements impliquant RootShield et/ou <i>Pythium</i> , Québec. _____	23

### Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Besoins nutritifs de la culture de tomate de serre. _____	11
<b>Tableau 2.</b> Conditions moyennes de croissance des plants de tomate dans les serres _____	11
<b>Tableau 3.</b> Identification des champignons présents sur les racines de tomate traitées avec <i>Pythium</i> et/ou RootShield - Serre #3, Québec. _____	14
<b>Tableau 4.</b> Identification des champignons présents sur les racines de tomate traitées avec <i>Pythium</i> et/ou RootShield - Serre #4, Québec. _____	15
<b>Tableau 5.</b> Rendement total, nombre de fruits, poids moyen des fruits de catégorie #1 et rang occupé lorsque comparé aux différents traitements, Québec. _____	19
<b>Tableau 6.</b> Rendement total, nombre de fruits, poids moyen des fruits de catégorie #2, et rang occupé lorsque comparé aux différents traitements, Québec. _____	20
<b>Tableau 7.</b> Répartition par traitement et par défauts des fruits de catégorie #3, Québec. _____	22

<b>Tableau 8.</b> Évaluation visuelle moyenne de la sévérité de la maladie sur des racinaires de plants de tomate traités avec <i>Pythium</i> et/ou RootShield (Trichoderma).	25
<b>Tableau 9.</b> Identification des champignons présents sur les racines de tomate traitées avec <i>Pythium</i> et/ou RootShield™ - Serre #3 et #4, Québec.	26

### Liste des annexes

<b>Annexe 1.</b> Dispositif expérimental employé dans la serre #3 et #4	31
<b>Annexe 2.</b> ANOVA utilisé pour les rendements et l'évaluation des systèmes racinaires	33
<b>Annexe 3.</b> Rendement en fruits de tomate – serre #3, Québec, 2003	34
<b>Annexe 4.</b> Représentation visuelle des symptômes observés sur les racines des plants de tomates selon le traitement appliqué.	40

### Liste des photos

<b>Photo 1.</b> Comparaison entre les traitements Témoin, <i>Pythium</i> et RootShield, serre #3, Québec 2003.	40
<b>Photo 2.</b> Comparaison entre les traitements Témoin, <i>Pythium</i> , RootShield et RootShield (dose 1,5x) + <i>Pythium</i> , serre #3, Québec 2003.	40
<b>Photo 3.</b> Comparaison entre les traitements Témoin, <i>Pythium</i> , RootShield et RootShield (dose 1x) + <i>Pythium</i> , serre #3, Québec 2003.	40
<b>Photo 4.</b> Comparaison entre les traitements Témoin, <i>Pythium</i> , RootShield et RootShield (dose 2x) + <i>Pythium</i> , serre #3, Québec 2003.	40
<b>Photo 5.</b> Comparaison entre les traitements <i>Pythium</i> , RootShield (dose 1x) + <i>Pythium</i> , RootShield (dose 1,5x) + <i>Pythium</i> et RootShield (dose 2x) + <i>Pythium</i> , serre #3, Québec 2003.	41
<b>Photo 6.</b> Comparaison entre tous les traitements, serre #3, Québec 2003.	41
<b>Photo 7.</b> Comparaison entre les traitements Témoin, <i>Pythium</i> et RootShield, serre #4, Québec 2003.	42
<b>Photo 8.</b> Comparaison entre les traitements Témoin, <i>Pythium</i> , RootShield et RootShield (dose 1,5x) + <i>Pythium</i> , serre #4, Québec 2003.	42

**Photo 9.** Comparaison entre les traitements Témoin, *Pythium*, RootShield et RootShield (dose 1x) + *Pythium*, serre #4, Québec 2003. \_\_\_\_\_ 42

**Photo 10.** Comparaison entre les traitements Témoin, *Pythium*, RootShield et RootShield (dose 2x) + *Pythium*, serre #4, Québec 2003. \_\_\_\_\_ 42

**Photo 11.** Comparaison entre les traitements *Pythium*, RootShield (dose 1x) + *Pythium*, RootShield (dose 1,5x) + *Pythium* et RootShield (dose 2x) + *Pythium*, serre #3, Québec 2003. \_ 43

**Photo 12.** Comparaison entre tous les traitements, serre #3, Québec 2003. \_\_\_\_\_ 43

## 1. LISTE DES INTERVENANTS

**Requérant : *Horti-Protection inc.***

11, rue des Peupliers  
Sainte-Hélène de Breakeyville (Québec)  
G0S 1E1  
Tél.: (418) 832-0546  
Fax : (418) 832-0546  
[hortipro@mediom.qc.ca](mailto:hortipro@mediom.qc.ca)

**Conseillère scientifique : *Mme Martine Dorais, PhD, agronome – physiologiste***

*Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC)*  
Centre de Recherche en Horticulture  
Université Laval  
Sainte-Foy (Québec) G1K 7P4  
Tél. : (418) 656-2131 poste 3939  
Fax : (418) 656-7871  
[doraisma@EM.AGR.CA](mailto:doraisma@EM.AGR.CA)

**Collaborateurs : *Mme Liette Lambert, agronome***

*Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec*  
118, rue Lemieux  
Saint-Rémi de Napierville (Québec) J0L 2L0  
Tél. : (450) 454-2210 poste 224  
Fax : (450) 454-7959  
[liette.lambert@gouv.qc.ca](mailto:liette.lambert@gouv.qc.ca)

Le personnel technique des serres de l'Université Laval (Mmes Claudette Roy, Rachel Daigle et Nicole Deblois).



## 2. PROBLÉMATIQUE ET CONTEXTE

Les pertes moyennes estimées par l'action des micro-organismes nuisibles sur les racines représentent environ 15% de la production agricole (2) et dans le cas de complexes d'agents pathogènes, des pertes allant jusqu'à 60% ont été rapportées (20). Pour enrayer ces indésirables, les producteurs ont recours à tout un arsenal de pesticides (13; 19) et de fumigants (16) avec des résultats souvent mitigés (10; 13) et destructeurs des organismes utiles parce que non sélectifs. Les maladies racinaires sont difficiles à combattre avec les pesticides chimiques de synthèse ce qui conduit inévitablement à une multiplication des applications de fongicides et à une utilisation abusive de ces produits phytosanitaires. Une telle utilisation n'est pas économique pour le producteur en plus d'être nuisible, polluante, non sécuritaire et non écologique pour l'environnement (12).

Plusieurs micro-organismes peuvent avoir un effet bénéfique dans le contrôle des agents pathogènes du sol et ainsi minimiser l'effet délétère des pesticides sur la rhizosphère (1). La découverte d'agents de lutte biologique et la démonstration de leur capacité à réduire l'incidence et la sévérité des maladies ont tracé la voie à plusieurs recherches prometteuses (3; 5; 17). Une attention particulière a été portée aux champignons antagonistes principalement à cause de leur potentiel à diminuer la densité de l'inoculum des agents pathogènes (11; 18). Parmi les champignons antagonistes qui ont démontré un bon potentiel de contrôle, *Trichoderma* serait efficace contre plusieurs champignons pathogènes du sol (11; 12) : *Pythium* (6; 9); *Rhizoctonia solani* Kühn (17; 21); *Phytophthora cinnamomi* Rands (15), *Sclerotium rolfsii* Saccardo (4), etc... pour en nommer que quelques-uns. Certains de ces organismes pathogènes causent d'importants dégâts dans les cultures serricoles, ornementales, fruitières et légumières en s'attaquant particulièrement aux racines et au collet de ces cultures.

### 2.1 But du projet

Afin de répondre aux exigences de l'Agence de Réglementation de la Lutte Antiparasitaire (ARLA) en vue d'une demande d'homologation canadienne du biofongicide RootShield™ des essais devaient être conduits sur la tomate de serre. Les essais devaient comporter deux parcelles indépendantes, présentant les mêmes conditions de culture et de croissance. Ces essais sont complémentaires à d'autres essais effectués sur le concombre de serre et *Pythium* (en Alberta). La réalisation de ces essais pourra permettre l'homologation et la mise sur le marché, à très court terme, d'un agent de lutte biologique contre les micro-organismes racinaires nuisibles des cultures légumières en serre.

### 3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

#### 3.1 Matériel végétal

Des plants de tomate (cv trust de Ruiter) ont été cultivés dans des pains de laine de roche (Grodan X-tra) et sur matelas (Pargro). Le semis a été fait le 23 octobre, le repiquage le 21 novembre et la plantation le 18 décembre 2002. Pour chaque traitement, il y avait 24 plants (4 répétitions de 6 plants) et les répétitions ont été réparties aléatoirement dans la serre, selon la méthode du chapeau. Au total, 144 plants ont été traités dans chaque serre (0,01 ha). L'expérience a été répétée dans une autre serre possédant les mêmes caractéristiques.

#### 3.2 Matériel fongique

RootShield™ Drench a été inoculé, avant la plantation, le 11 décembre lors du transfert des plants dans la serre. Il a été appliqué à la dose recommandée de 75 g / 100 litres d'eau et chaque plant a reçu 250 ml de la solution à base de *Trichoderma*.

*Pythium* a été cultivé sur milieu P<sub>5</sub>ARP (14) et récolté après 7 jours. Il a été appliqué à une concentration de  $1 \times 10^3$  cfu/ml et chaque plant a reçu 50 ml de *Pythium*. Il a été déposé sous chaque pain de laine de roche lors de la plantation le 18 décembre, soit 7 jours après l'application de RootShield™.

Puisque aucun symptôme lié à la maladie n'était visible sur les plants un mois après l'inoculation et afin de s'assurer d'avoir la maladie au cours du projet, une seconde inoculation a été réalisée avec un mélange de différentes souches de *Pythium*. Ainsi, les agents pathogènes *Pythium ultimum* et *P. aphanidermatum* ont été cultivés *in vitro* sur milieu de culture Potato Dextrose Agar (PDA) et récolté après 7 jours de croissance. Les agents pathogènes ont été mélangés ensemble et homogénéisés. *Pythium* a été appliqué une seconde fois à une concentration de  $1,37 \times 10^4$  cfu/ml et chaque plant a reçu 50 ml de la bouillie. Les agents pathogènes ont été appliqués sous chaque pain de laine de roche le 20 janvier 2003.

#### 3.3 Traitements

**Les plants ont été traités selon les traitements suivants :**

- T1** - Plant non traité (contrôle)
- T2** - Plant + agent pathogène *Pythium*
- T3** - Plant + agent biologique RootShield™
- T4** - Plant + *Pythium* + RootShield™ (1 fois la dose recommandée)
- T5** - Plant + *Pythium* + RootShield™ (1,5 fois la dose recommandée)
- T6** - Plant + *Pythium* + RootShield™ (2 fois la dose recommandée)

### 3.4 Pratiques culturales

L'expérience a débuté en serre le 18 décembre 2002 et elle a pris fin le 15 avril 2003 (4 mois). Les traitements ont été répartis aléatoirement dans chaque serre (annexe 1). Les deux serres présentaient les mêmes caractéristiques et conditions de croissance. Par contre, à cause de l'hiver très froid et les forts vents enregistrés, la serre #4 est demeurée plus froide que la serre #3, mieux protégée des vents, ce qui a quelque peu ralenti le développement de ces plants en début de production. Malgré ce fait, la situation s'est régularisée rapidement en cours de production, annulant l'effet négatif observé tôt en saison.

Dès la mi-janvier, *Pythium* a été inoculé une seconde fois puisque aucun symptôme de la maladie n'était alors présent sur les plants, même si *Pythium* était observé lors de l'examen racinaire. Suite à cette seconde inoculation effectuée selon la technique mentionnée précédemment, et pour une durée de 2 semaines, les conditions normales de croissance ont été modifiées afin de favoriser le développement de la maladie. Les pains de laine de roche ont été saturés de la solution nutritive afin de stimuler le développement et l'agressivité de *Pythium*. *Pythium* se manifeste rapidement lorsque l'oxygène aux racines est moindre (8). Toutes les parcelles ont subi le même traitement.

La pollinisation a été effectuée à l'aide d'un vibreur électrique, la faible densité de plants ne justifiant pas l'introduction de bourdons dans les serres. Les plants ont été maintenus entre 4 et 5 fruits / grappe. Le premier effeuillage a été effectué le 23 janvier et la première récolte a eu lieu le 10 février. Elle s'est effectuée par la suite au rythme de 2 fois / semaine, pendant 8 semaines. Les fruits ont été récoltés le matin. Dans les serres, la lutte biologique aux insectes a été primée contre la mouche noire (*Hypoaspis miles*) et l'aleurode (*Encarsia formosa*). Aucun traitement fongique n'a été effectué.

#### 3.4.1 Les besoins nutritifs et conditions de croissance

Le pH et la conductivité électrique de la solution nutritive ont été vérifiés quotidiennement (tab. 1). Le 28 février, une application d'engrais foliaire a été effectuée pour corriger une carence en Magnésium (1 500 g de MgSO<sub>4</sub> / 100 L et 300 g d'oligo-éléments / 100 L). C'est le seul traitement qui a été effectué au cours du projet.

Le tableau 2 présente les conditions moyennes de croissance observées au cours de l'expérience. Les données ont été corrigées à chaque jour afin d'assurer les conditions optimales pour la croissance des plantes.

**Tableau 1.** Besoins nutritifs de la culture de tomate de serre.

<b>Paramètres de croissance</b>	<b>besoins nutritifs</b>
Solution nutritive	<b>Combinaison de :</b> 6-11-31* acide phosphorique** 15-0-0***
pH du bassin	entre 5.9 et 6.1
pH dans les matelas	entre 5.5 et 5.6
Conductivité électrique apport (CE)	entre 2.9 et 3.1 mS
Pourcentage de drainage	entre 26 à 34%

**Remarque :**

<u>Solution - mère :</u>	*	11 500 Kg dans 100 litres d'eau (concentré A)
	**	300 ml, pour équilibrer le pH
	***	8 500 Kg dans 100 litres d'eau (concentré B)

À partir des solutions – mères, une dilution de 1 litre de concentré A et 1 litre de concentré B ont été ajoutés par 100 litres d'eau, jusqu'à l'obtention de la conductivité électrique désirée.

**Tableau 2.** Conditions moyennes de croissance des plants de tomate dans les serres

<b>Paramètres de croissance</b>	<b>Conditions de croissance</b>
Température moyenne	18 ± 2°C la nuit 21 ± 2°C le jour
Température dans les pains de laine de roche	entre 18 et 20°C
Photopériode	16:8 L:N
Temps d'irrigation	6 min à chaque heure pour le premier mois (entre 7h00 et 18h00) 7 à 8 min à chaque heure pour le reste de l'expérience (entre 7h00 et 19h00)
Éclairage artificiel	Lampes à vapeur de sodium à haute intensité de décharge (HPS) 8 000 Lux
Injection de gaz carbonique (CO <sub>2</sub> )	800 ppm
Déficit de Pression de Vapeur (DPV) (Humidité relative)	0,5 Kpa (~75% H.R.)

### 3.5 Paramètres étudiés

- 1) Vérification bimensuelle de la présence de *Trichoderma* et de *Pythium* aux racines;
- 2) Rendement : données de récolte 2 fois par semaine;
- 3) À la récolte, apparence des plants sains ou malades : jaunissement, flétrissement, etc...;
- 4) À la récolte, apparence du système racinaire : nécrose, déformation, etc....;
- 5) Réisolier RootShield™ (*Trichoderma*) des racines;
- 6) Mise en culture (milieu P<sub>5</sub>ARP) des tissus symptomatiques pour détecter si *Pythium* a infecté les plants;
- 7) Déterminer la sévérité de la maladie.

### 3.6 Observation et prélèvements racinaires

Des racines ont été prélevées dans chaque répétition à l'aide de ciseaux et de pinces désinfectés entre chaque échantillonnage des différents traitements. Au laboratoire, les racines ont été déposées sur des milieux P<sub>5</sub>ARP et Solution Nutrient Agar avec antibiotiques (SNA<sup>++</sup>). Trois répétitions ont été faites par traitement. Les Pétri ont été observés 3 à 6 jours plus tard, selon l'organisme en cause.

### 3.7 Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel SAS (version 6.08) (SAS inc., Cary, NC). Pour les rendements, les données ont été analysées selon un plan en blocs aléatoires complets avec mesures répétées et pour l'évaluation des systèmes racinaires, les données ont été traitées selon un plan en blocs aléatoires complets.

#### 3.7.1 Rendements

Le plan en blocs aléatoires complets avec mesures répétées a permis de regrouper les résultats des deux serres puisque le test de normalité «*Mardia Skewness*» a été respecté dans toutes les analyses concernant les rendements (poids et nombre de toutes les catégories de fruit). Pour les rendements, l'unité expérimentale = l'unité échantillon et représentait un groupe de 6 plants. L'ANOVA est présenté à l'annexe 2.

Les données contenues dans ce rapport présentent **1)** l'évolution des rendements (poids et nombre) dans le temps, par traitement, **2)** le résultat de l'analyse statistique par poids et nombre, pour chaque catégorie de fruits et traitement. Les dates de récolte (17 récoltes) ont été remplacées par des numéros afin de faciliter la lecture des figures (consultez l'annexe 3 pour connaître les dates de récolte) et **3)** un tableau synthèse des observations incluant le poids moyen

des fruits par traitement. Pour les fruits de catégorie #1 seulement, les 2 premières récoltes ont été omises des analyses statistiques puisqu'elles étaient composées essentiellement de fruits de catégorie #3, ce qui rendait difficile l'analyse des résultats.

### ***3.7.2 Système racinaire***

Le plan en blocs aléatoires complets a permis de regrouper les résultats des deux serres puisque les deux tests de normalité «*Shapiro-wilk*» et «*Kolmogorov-Smirnov*» ont été respectés. Pour les systèmes racinaires, l'unité expérimentale était un bloc de 6 plants et l'unité échantillon représentait un plant. L'ANOVA est présenté à l'annexe 2. Les données contenues dans ce rapport présentent **1)** l'apparence du système racinaire suite à l'application des différents traitements et **2)** la visualisation des symptômes à l'aide de photos.

## 4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 4.1 Vérification ponctuelle de la présence de *Trichoderma* et de *Pythium* aux racines

Les résultats indiquent que *Trichoderma* et *Pythium* étaient bien présents au niveau racinaire dans les traitements concernés (tab. 3 et 4). Des racines ont été écrasées et observées au microscope optique et la présence de *Pythium* a été détectée à l'intérieur de celles-ci. Des champignons appartenants aux genres *Acremonium* et *Fusarium* (non pathogène) ont été notés dans certains traitements (données non montrées). Les racines des plants traités avec *Pythium* étaient plus brunes et friables lorsque comparées aux autres traitements. L'épiderme se détachant facilement de la zone corticale de la racine. Ces observations ont permis de vérifier le paramètre 1) et partiellement les paramètres 5) et 6).

**Tableau 3.** Identification des champignons présents sur les racines de tomate traitées avec *Pythium* et/ou RootShield - Serre #3, Québec.

Date de prélèvement	Champignon	Traitements					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
6 février	<i>Pythium</i>	-	+	-	+	+	+
	RootShield	-	-	+	+	+	+
18 février	<i>Pythium</i>	-	+	-	+	+	+
	RootShield	-	-	+	+	+	+
27 février	<i>Pythium</i>	-	+	-	+	+	+
	RootShield	-	-	+	+	+	+
13 mars	<i>Pythium</i>	-	+	-	+	+	+
	RootShield	-	-	+	+	+	+
27 mars	<i>Pythium</i>	-	+	-	+	+	+
	RootShield	-	-	+	+	+	+
14 avril	<i>Pythium</i>	-	+	-	+	+	+
	RootShield	-	-	+	+	+	+

#### Légende

+ = présence du champignon

- = absence du champignon

**T1** = Plant sans traitement  
**T2** = Plant + *Pythium*  
**T3** = Plant + RootShield (1,0 fois la dose recommandée)  
**T4** = Plant + *Pythium* + RootShield (1,0 fois la dose recommandée)  
**T5** = Plant + *Pythium* + RootShield (1,5 fois la dose recommandée)  
**T6** = Plant + *Pythium* + RootShield (2,0 fois la dose recommandée)

**Tableau 4.** Identification des champignons présents sur les racines de tomate traitées avec *Pythium* et/ou RootShield - Serre #4, Québec.

Date de prélèvement	Champignon	Traitements					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
6 février	<i>Pythium</i>	-	+	-	+	+	+
	RootShield	-	-	+	+	+	+
18 février	<i>Pythium</i>	-	+	-	+	+	+
	RootShield	-	-	+	+	+	+
6 mars	<i>Pythium</i>	-	+	-	+	+	+
	RootShield	-	-	+	+	+	+
20 mars	<i>Pythium</i>	-	+	-	+	+	+
	RootShield	-	-	+	+	+	+
3 avril	<i>Pythium</i>	-	+	-	+	+	+
	RootShield	-	-	+	+	+	+
15 avril	<i>Pythium</i>	-	+	-	+	+	+
	RootShield	-	-	+	+	+	+

### Légende

+ = présence du champignon  
 - = absence du champignon

**T1** = Plant sans traitement  
**T2** = Plant + *Pythium*  
**T3** = Plant + RootShield (1,0 fois la dose recommandée)  
**T4** = Plant + *Pythium* + RootShield (1,0 fois la dose recommandée)  
**T5** = Plant + *Pythium* + RootShield (1,5 fois la dose recommandée)  
**T6** = Plant + *Pythium* + RootShield (2,0 fois la dose recommandée)



## 4.2 Rendements

Les tomates ont été classées selon le classement utilisé dans l'industrie à savoir :

- **Fruit de catégorie #1** : fruit entre 90 et 400 g, sans défaut
- **Fruit de catégorie #2** : fruit entre 70 et 90 g, sans défaut
- **Fruit de catégorie #3** : fruit < 70 ou > 400 g  
fruits avec défauts

### Les causes du déclassement des fruits de la catégorie #3 étaient :

**Blessure mécanique** : causée lors des travaux serricoles.

**Chauffage** : Fruit qui touchait au polytube destiné au chauffage des serres.

**Fendillement** : craquelure présente sur l'épiderme du fruit, généralement provoquée par une variation importante d'humidité du substrat.

**Grosse** : fruit de très gros calibre (> 400 g).

**Petite** : fruit de petit calibre (< 70 g).

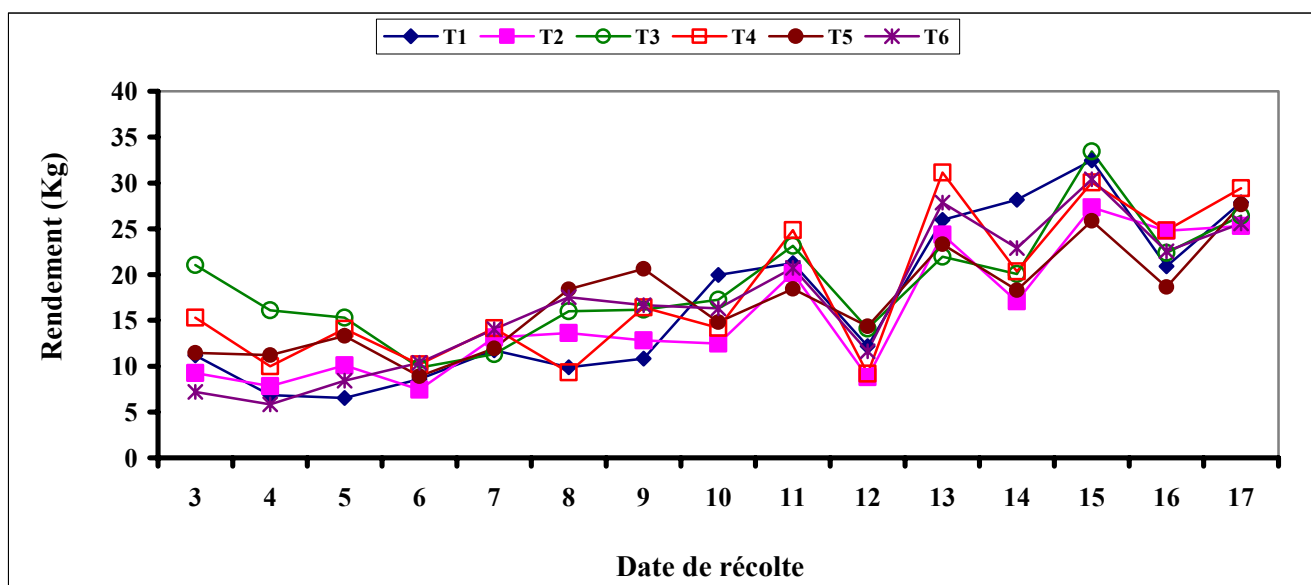
**Pourriture** : par des micro-organismes suite à une blessure (ex. : *Botrytis cinerea*).

**Pourriture apicale** : causée majoritairement par une carence en calcium.

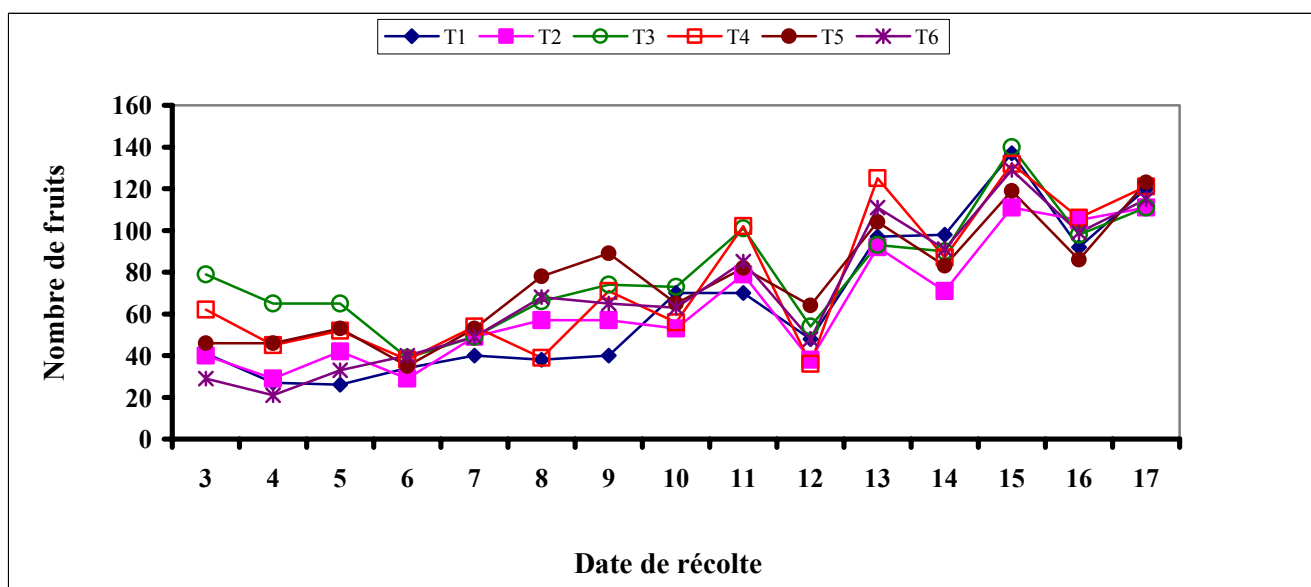
### 4.2.1 Fruits de catégorie #1

Les figures 1 et 2 présentent l'évolution des rendements au fil des récoltes (poids et nombre respectivement) tandis que les figures 3 et 4 indiquent les rendements totaux (poids et nombre) et les résultats des analyses statistiques. Le tableau 5 résume l'information contenue dans les figures et mentionne le poids moyen des fruits pour chaque traitement.

Les figures 1 et 2 démontrent que l'ajout de RootShield seul (T3) aux racines permet d'obtenir des rendements supérieurs aux autres traitements lors des premières récoltes. Par la suite, ce traitement se confond aux autres. Lorsque appliqué avant la plantation, *Trichoderma* a donc le temps de s'établir dans la rhizosphère et de stimuler le plant. Le traitement *Pythium* (T2) est souvent le moins performant.

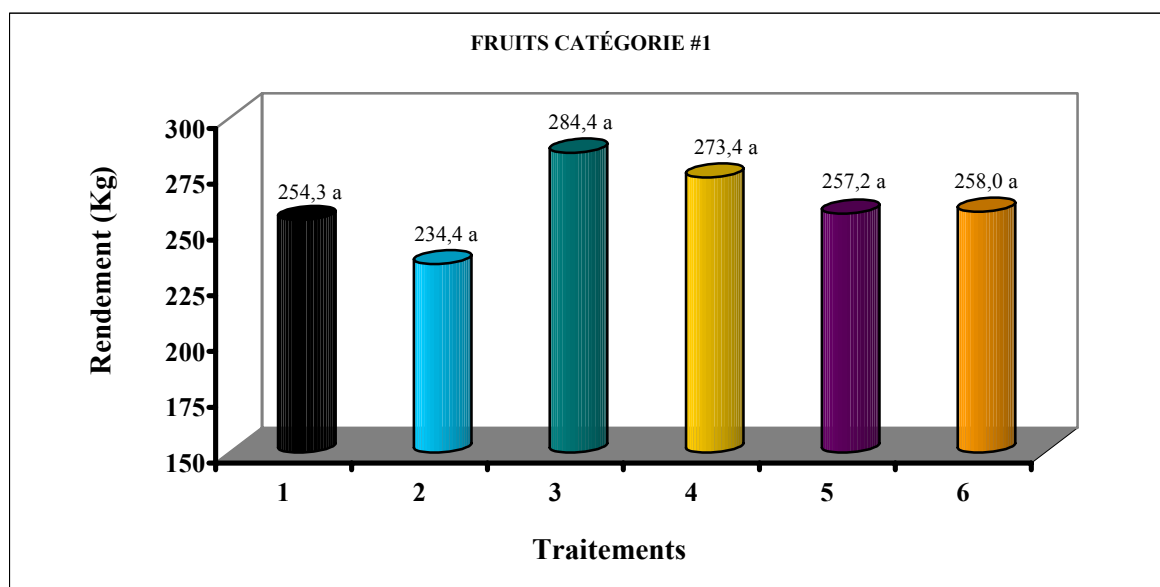


**Figure 1.** Évolution des rendements en fruits de tomate de catégorie #1 obtenu suite à différents traitements impliquant RootShield et/ou *Pythium* pour 15 récoltes, Québec. (T1 = Témoin sans traitement; T2 = *Pythium*; T3 = RootShield (dose 1x); T4 = RootShield (dose 1x) + *Pythium*; T5 = RootShield (dose 1,5x) + *Pythium*; T6 = RootShield (dose 2x) + *Pythium*).

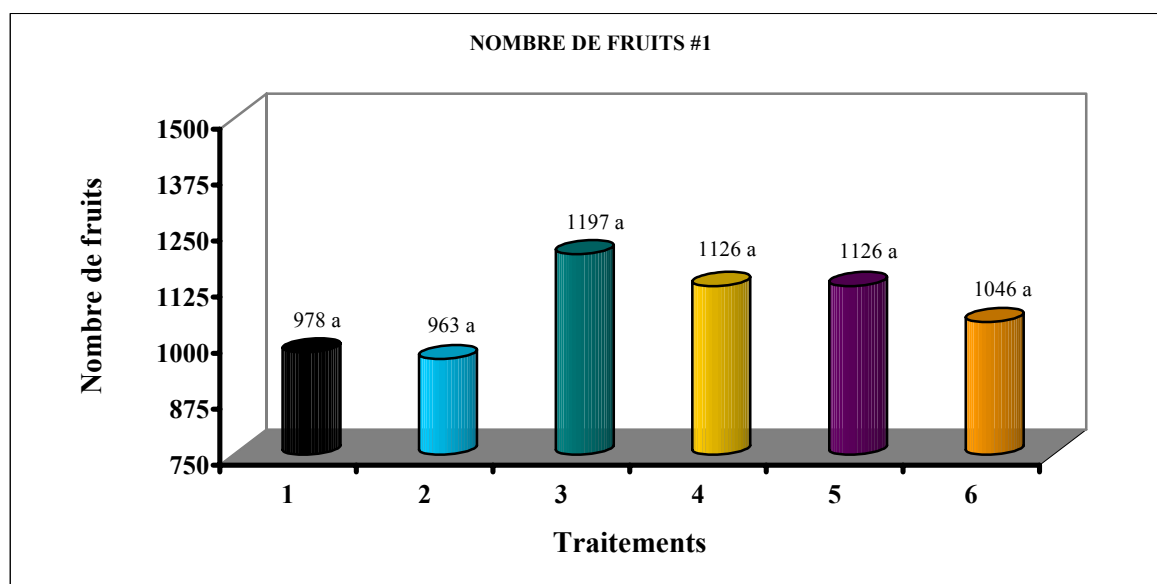


**Figure 2.** Évolution du nombre de fruits de tomate de catégorie #1 obtenu suite à différents traitements impliquant RootShield et/ou *Pythium* pour 15 récoltes, Québec. (T1 = Témoin sans traitement; T2 = *Pythium*; T3 = RootShield (dose 1x); T4 = RootShield (dose 1x) + *Pythium*; T5 = RootShield (dose 1,5x) + *Pythium*; T6 = RootShield (dose 2x) + *Pythium*).

L'analyse statistique n'a pas démontré des différences significatives entre les traitements que ce soit pour les rendements totaux ou le nombre de fruits produits (fig. 3 et 4). Malgré ce fait, tous les traitements à base de *Trichoderma* ont permis d'avoir des rendements supérieurs aux parcelles traitées avec *Pythium* seul (T2) et supérieurs ou égaux au témoin sans traitement (T1) (fig. 3). Les plus hauts rendements ont été observés dans le traitement RootShield seul (T3), suivi des trois traitements conjuguant RootShield et l'agent pathogène *Pythium* (T4 à T6) (fig. 3). Malgré la présence de l'agent pathogène *Pythium* aux racines, RootShield a permis aux plants de se développer normalement et d'assurer une production de fruits de qualité et en quantité (fig. 3 et 4). Le témoin et le traitement *Pythium* (T2) ont donné un nombre relativement égal de fruits.



**Figure 3.** Rendement total en fruits de tomate de **catégorie #1** obtenu suite à différents traitements impliquant RootShield et/ou *Pythium* pour 15 récoltes, Québec. (T1 = Témoin sans traitement; T2 = *Pythium*; T3 = RootShield (dose 1x); T4 = RootShield (dose 1x) + *Pythium*; T5 = RootShield (dose 1,5x) + *Pythium*; T6 = RootShield (dose 2x) + *Pythium*).



**Figure 4.** Nombre total de fruits de tomate de **catégorie #1** obtenu suite à différents traitements impliquant RootShield et/ou *Pythium* pour 15 récoltes, Québec. (T1 = Témoin sans traitement; T2 = *Pythium*; T3 = RootShield (dose 1x); T4 = RootShield (dose 1x) + *Pythium*; T5 = RootShield (dose 1,5x) + *Pythium*; T6 = RootShield (dose 2x) + *Pythium*).

Le tableau 5 compare les traitements l'un par rapport à l'autre pour chaque paramètre étudié. Le poids moyen des fruits est supérieur à 200 g dans tous les traitements et plus élevé dans le témoin sans traitement (T1). Les plus petits fruits ont été observés dans le T5 (RootShield - dose 1,5x). La présence de RootShield aux racines permet donc d'obtenir des fruits d'un bon calibre, en quantité et en qualité.

**Tableau 5.** Rendement total, nombre de fruits, poids moyen des fruits de **catégorie #1** et rang occupé lorsque comparé aux différents traitements, Québec.

Traitement	Rendement total (Kg)	Rang	Nombre de fruits	Rang	Poids moyen (g)	Rang
1	254,3	5	978	4	0,260	1
2	234,4	6	963	5	0,243	3
3	284,4	1	1197	1	0,238	4
4	273,4	2	1126	2	0,243	3
5	257,2	4	1126	2	0,228	5
6	258,0	3	1046	3	0,247	2

#### 4.2.1.1 Fruits de catégorie #2

Le nombre de fruits de catégorie #2 a été négligeable tout au long du projet et seul le tableau 6 présentera les résultats obtenus.

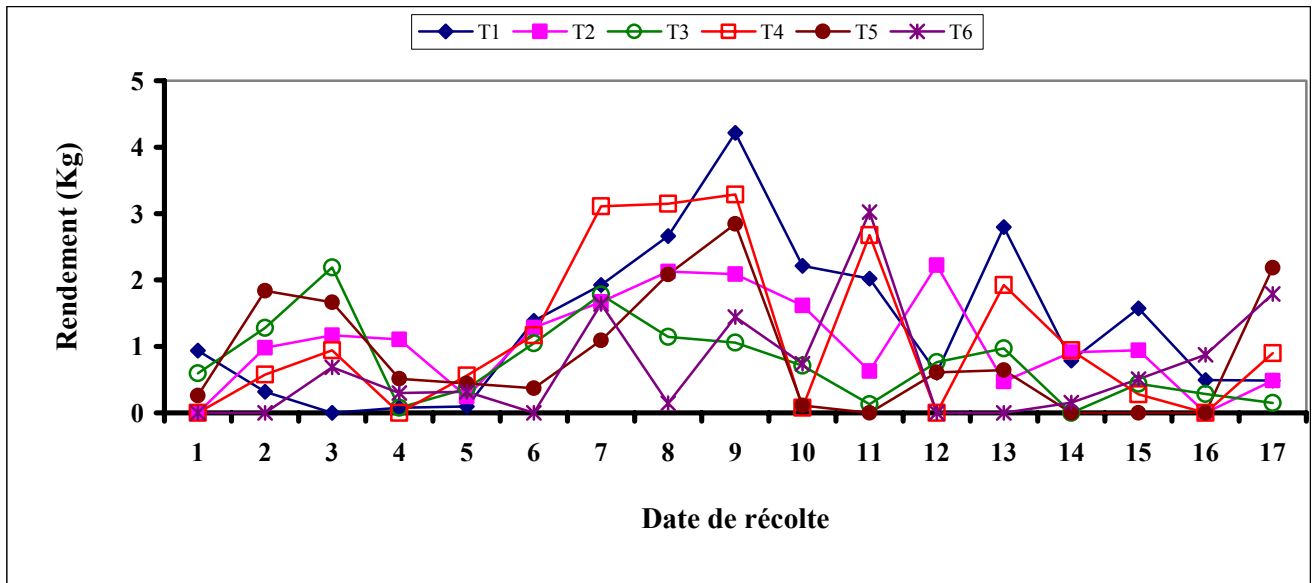
**Tableau 6.** Rendement total, nombre de fruits, poids moyen des fruits de **catégorie #2**, et rang occupé lorsque comparé aux différents traitements, Québec.

Traitement	Rendement total (Kg)	Nombre de fruits	Poids moyen (g)
1	.215	3	0.072
2	.388	5	0.078
3	.726	9	0.081
4	.500	6	0.084
5	.402	5	0.080
6	.249	3	0.083

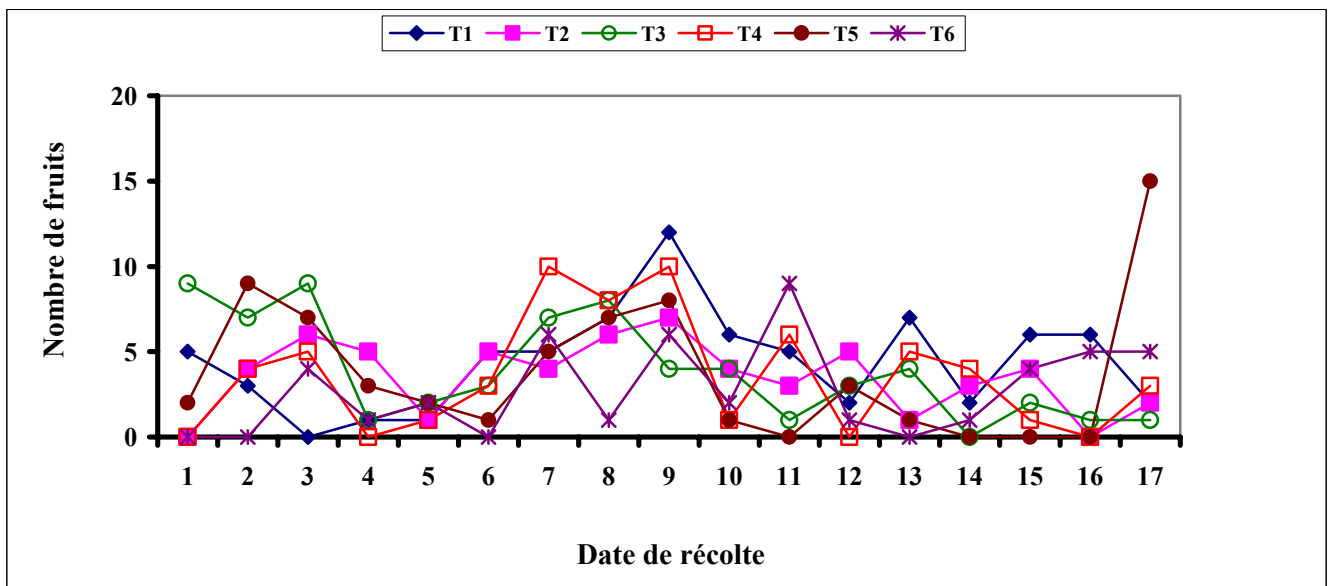
#### 4.2.1.2 Fruits de catégorie #3

Les figures 5 et 6 présentent l'évolution des rendements au fil des récoltes (poids et nombre respectivement) pour 17 récoltes tandis que les figures 7 et 8 indiquent les rendements totaux (poids et nombre) et les résultats des analyses statistiques. Le tableau 7 résume l'information contenue dans les figures et mentionne le poids moyen des fruits pour chaque traitement.

Les figures 5 et 6 indiquent les traitements RootShield seul (T3) et RootShield (dose 1,5x) + *Pythium* (T5) présentent le plus de défauts en début de production. La majorité des défauts observés était imputable à la pourriture apicale (tab. 7). Entre la 7 et 9<sup>ème</sup> récolte, des fruits de gros calibres ont été enregistrés dans le T4 (RootShield (dose 1x) + *Pythium*), expliquant les rendements observés à la figure 5. À partir de la 5<sup>ème</sup> récolte, le T1 (témoin sans traitement) a présenté passablement plus de défauts que les autres traitements.



**Figure 5.** Évolution des rendements en fruits de tomate de **catégorie #3** obtenu suite à différents traitements impliquant RootShield et/ou *Pythium* après 17 récoltes, Québec. (T1 = Témoin sans traitement; T2 = *Pythium*; T3 = RootShield (dose 1x); T4 = RootShield (dose 1x) + *Pythium*; T5 = RootShield (dose 1,5x) + *Pythium*; T6 = RootShield (dose 2x) + *Pythium*).

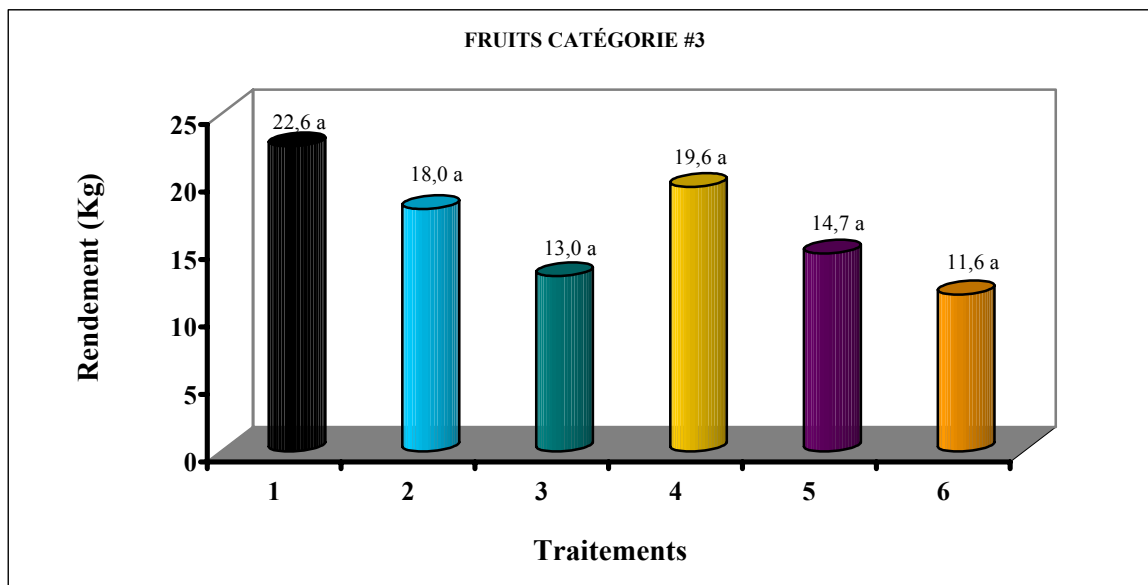


**Figure 6.** Évolution du nombre de fruits de tomate de **catégorie #3** obtenu suite à différents traitements impliquant RootShield et/ou *Pythium* après 17 récoltes, Québec. (T1 = Témoin sans traitement; T2 = *Pythium*; T3 = RootShield (dose 1x); T4 = RootShield (dose 1x) + *Pythium*; T5 = RootShield (dose 1,5x) + *Pythium*; T6 = RootShield (dose 2x) + *Pythium*).

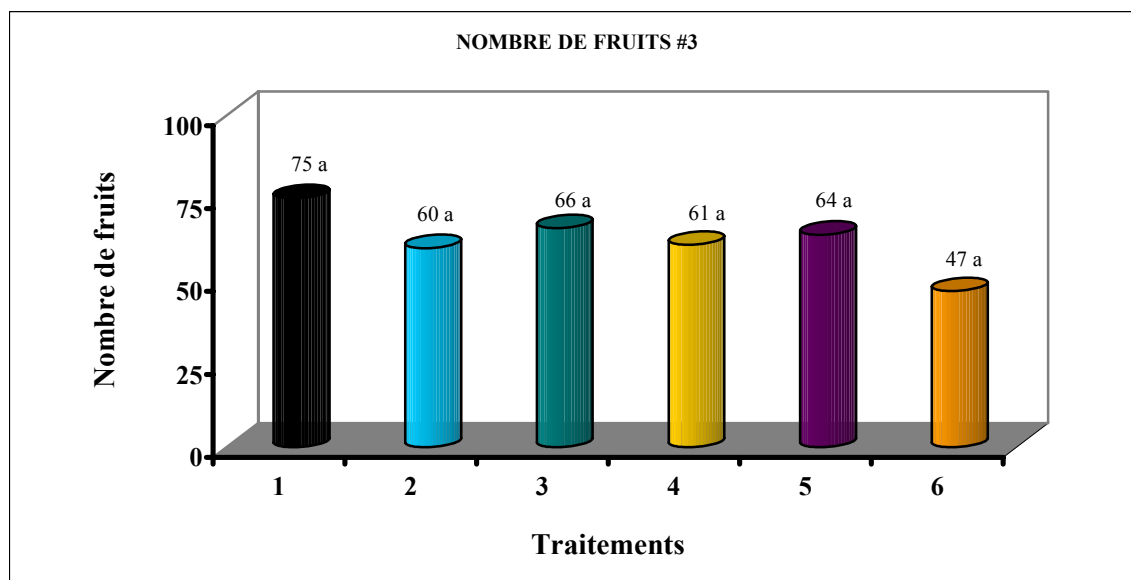
**Tableau 7.** Répartition par traitement et par défauts des fruits de **catégorie #3**, Québec.

Défaut	Traitement						Total
	1	2	3	4	5	6	
Blessure	0	0	2	0	0	0	2
Chauffage	0	7	9	5	11	0	32
Fendillement	2	7	11	8	2	4	34
Grosse	23	19	6	21	8	10	87
Pourriture apicale	45	33	44	31	41	29	223
Petite	5	1	1	1	1	3	12
Pourriture	0	0	0	0	1	1	2
<b>Total</b>	<b>75</b>	<b>67</b>	<b>73</b>	<b>66</b>	<b>64</b>	<b>47</b>	<b>392</b>

L'analyse statistique n'a pas démontré des différences significatives entre les traitements que ce soit pour les rendements totaux ou le nombre de fruits produits (fig. 7 et 8). Par contre, le témoin a présenté le plus de fruits déclassés. Hormis le T4 (RootShield (dose 1x) + *Pythium*), tous les traitements impliquant RootShield ont permis des rendements en fruits déclassés inférieurs au T2 (*Pythium* seul) (fig. 7) pour un nombre équivalent de fruits (sauf pour T6 (RootShield (dose 2x) + *Pythium*)) (fig. 8).



**Figure 7.** Rendement en fruits de tomate de catégorie #3 obtenu suite à différents traitements impliquant RootShield et/ou *Pythium*, Québec. (T1 = Témoin sans traitement; T2 = *Pythium*; T3 = RootShield (dose 1x); T4 = RootShield (dose 1x) + *Pythium*; T5 = RootShield (dose 1,5x) + *Pythium*; T6 = RootShield (dose 2x) + *Pythium*).



**Figure 8.** Rendement en fruits de tomate de **catégorie #3** obtenu suite à différents traitements impliquant RootShield et/ou *Pythium*, Québec. (T1 = Témoin sans traitement; T2 = *Pythium*; T3 = RootShield (dose 1x); T4 = RootShield (dose 1x) + *Pythium*; T5 = RootShield (dose 1,5x) + *Pythium*; T6 = RootShield (dose 2x) + *Pythium*).

Cette section a permis de répondre au paramètre 2).

### 4.3 Apparence des plants et des systèmes racinaires à la récolte des plants

#### 4.3.1 Apparence des plants

En général, les plants des différents traitements ne présentaient pas de différences visuelles. Seulement quelques anomalies liées à la carence en Mg étaient encore perceptibles sur le feuillage et quelques plants étaient plus végétatifs (de type «monstre») ou avaient la tête cassée. Ce constat est applicable pour les deux serres. Ces observations ont permis de vérifier le paramètre 3).

#### 4.3.2 Apparence du système racinaire

Les plants des différents traitements présentaient en général les systèmes racinaires suivants :

**Traitement 1 (témoin sans traitement) :** Un système racinaire dense avec des racines très blanches et parfois en conjonction avec quelques petites racines brunes.



**Traitement 2 (Plant + *Pythium*) :** Une très forte proportion de racines brunes malgré un système racinaire parfois dense. Les racines étaient friables dans presque tous les cas et courtes. Dans la serre #4, la quantité de racines brunes était moins importante que dans la serre #3 et variait entre le 1/3 et 2/3 de l'ensemble des racines.

**Traitement 3 (Plant + RootShield™) :** Équivalent au traitement 1 sauf que le système racinaire de tous les plants se rapprochaient d'un système racinaire parfait i.e. racines très blanche et dense.

**Traitement 4 (Plant + *Pythium* + RootShield™ (dose 1x)) :** un mélange de racines blanches et brunes dans une proportion se situant entre 1/3 à 2/3 de racines brunes. Généralement, un système racinaire dense.

**Traitement 5 (Plant + *Pythium* + RootShield™ (dose 1,5x)) :** une plus forte proportion de racines blanches (> 2/3 du système racinaire) mais plus aéré que le traitement 4. Les racines étaient par contre plus longues.

**Traitement 6 (Plant + *Pythium* + RootShield™ (dose 2x)) :** Identique au traitement 5 sauf que le système racinaire était plus dense.

Des photos sont présentées à l'annexe 4 et présente l'état moyen observé au niveau des systèmes racinaires des plants de tomate (serre #3 et #4). Ces observations ont permis de vérifier le paramètre 4).

#### **4,4 Sévérité de la maladie à la récolte des plants**

Le système racinaire de chaque plant a été évalué et classifié selon les cotes suivantes afin de déterminer la sévérité de la maladie. Des prélèvements de racines ont été faits lors de cette évaluation pour détecter si *Pythium* était présent sur les tissus symptomatiques et également pour vérifier si *Trichoderma* était encore présent dans la rhizosphère. Ces observations ont permis de vérifier le paramètre 7).

#### **Les cotes retenues pour déterminer la sévérité de la maladie sur les racines de plants de tomate étaient :**

- **Cote 0** = mort du système racinaire
- **Cote 1** => 2/3 racines brunes + système racinaire aéré
- **Cote 2** => 2/3 racines brunes + système racinaire dense
- **Cote 3** = 1/3 à 2/3 racines brunes + système racinaire aéré
- **Cote 4** = 1/3 à 2/3 racines brunes + système racinaire dense
- **Cote 5** = < 1/3 racines brunes + système racinaire aéré
- **Cote 6** = < 1/3 racines brunes + système racinaire dense
- **Cote 7** = plant en santé (100% racines blanches + système racinaire dense)

L'analyse statistique a démontré que le traitement 2 (Plant + *Pythium*) présentait des différences significatives par rapport aux autres traitements T6 (RootShield, dose 2x), T1 (témoin) et T3 (RootShield seul) (tab. 8). Les trois traitements alliant RootShield et *Pythium* n'ont pas permis de départager un gagnant. Les traitements T4 (RootShield, dose 1x) et T5 (RootShield, dose 1,5x) n'offrent pas une protection supérieure aux racines des plantes lorsque comparé au traitement *Pythium* seul. Comme stipulé précédemment, le T6 est différent du traitement *Pythium* (T2). Par contre, avec ces 3 traitements, des rendements supérieurs avaient été enregistrés lorsque comparé au témoin *Pythium* (T2) (consultez le point 4.2.1, page 13), même si aucune différence significative n'avait été enregistrée lors de l'analyse statistique.

Les traitements témoin et RootShield se sont comportés de façon similaire, démontrant ainsi que *Trichoderma* n'a pas d'effets négatifs sur les racines des plantes. De plus, en introduisant *Trichoderma* de façon préventive dans le substrat, les racines des plants seraient mieux protéger contre les invasions potentielles par des agents pathogènes, contrairement au témoin non traité. De plus, *Trichoderma* semble stimuler le développement des plants puisque les rendements enregistrés dans ces parcelles (consultez le point 4.2.1, page 13) étaient supérieurs à ceux notés dans le témoin sans traitement, même si, encore une fois, aucune différence significative n'avait été enregistrée lors de l'analyse statistique.

**Tableau 8.** Évaluation visuelle moyenne de la sévérité de la maladie sur des racinaire de plants de tomate traités avec *Pythium* et/ou RootShield (*Trichoderma*).

Traitements	Apparence du système racinaire
T2	3.3 a
T4	4.1 a b
T5	4.7 a b
T6	5.3 b
T1	6.5 c
T3	6.9 c

#### Légende

T1 = Plant sans traitement

T2 = Plant + *Pythium*

T3 = Plant + RootShield™ (1,0 fois la dose recommandée)

T4 = Plant + *Pythium* + RootShield™ (1,0 fois la dose recommandée)

T5 = Plant + *Pythium* + RootShield™ (1,5 fois la dose recommandée)

T6 = Plant + *Pythium* + RootShield™ (2,0 fois la dose recommandée)

#### 4.5 Isolement de *Pythium* et de *Trichoderma* des racines prélevées lors de l'évaluation finale des plants de tomate

La mise en culture des fragments de racines ont permis de détecter la présence des deux protagonistes. *Trichoderma* et *Pythium* ont fortement envahi leur gélose respective et ces observations étaient identiques pour les deux serres. Ces observations ont permis de répondre aux paramètres 5) et 6).

**Tableau 9.** Identification des champignons présents sur les racines de tomate traitées avec *Pythium* et/ou RootShield™ - Serre #3 et #4, Québec.

Date de prélèvement	Serre	Champignon	Traitements					
			T1	T2	T3	T4	T5	T6
14 avril	3	<i>Pythium</i>	-	+	-	+	+	+
		RootShield	-	-	+	+	+	+
15 avril	4	<i>Pythium</i>	-	+	-	+	+	+
		RootShield	-	-	+	+	+	+

#### Légende

+ = présence du champignon  
 - = absence

**T1** = Plant sans traitement

**T2** = Plant + *Pythium*

**T3** = Plant + RootShield™ (1,0 fois la dose recommandée)

**T4** = Plant + *Pythium* + RootShield™ (1,0 fois la dose recommandée)

**T5** = Plant + *Pythium* + RootShield™ (1,5 fois la dose recommandée)

**T6** = Plant + *Pythium* + RootShield™ (2,0 fois la dose recommandée)

## 5. CONCLUSIONS

Il ressort de ces essais que malgré la présence de *Pythium* aux racines, RootShield est en mesure de s'installer, de se développer et d'assurer un contrôle de la rhizosphère contre les attaques pathogéniques. Les rendements et la qualité des fruits ont permis de confirmer ces faits.

Aucune différence significative n'a été enregistrée au niveau des rendements mais en production commerciale, la période de production est plus longue (jusqu'à 11 mois) et l'état sanitaire du système racinaire est important. Les traitements effectués avec RootShield aurait assuré une meilleure croissance et productivité des plants lorsque comparé au traitement *Pythium* seul où le système racinaire, après 4 mois de culture, était brun et très friable.

Lorsque *Trichoderma* est appliqué seul au substrat, il stimule le développement racinaire de la plante et cette constatation rejoint plusieurs travaux de recherche (7; 20). *Trichoderma* jouerait alors un rôle de stimulateur de la croissance. Lorsqu'il est appliqué en prévention, *Trichoderma* assure une colonisation de la rhizosphère, limitant les attaques microbiennes.

Dans les traitements où RootShield a été confronté à *Pythium*, une semaine seulement s'est écoulée entre les deux inoculations. Même si les résultats démontrent qu'il y a eu lutte entre les deux protagonistes, nos travaux de recherche avaient démontré qu'un minimum de 2 semaines était requis pour assurer le plein développement de *Trichoderma* dans le substrat (7). La lutte aurait peut-être été supérieure dans ce système. De plus, comme l'expérience était sur le point de se terminer, l'introduction d'appoint de RootShield, recommandée après 10 à 12 semaines, n'a pas eu lieu. En production commerciale, cet ajout de *Trichoderma* (à demi-dose) aux racines pourra permettre d'assurer une lutte à plus long terme entre les deux antagonistes.

Les plants traités avec *Pythium* seul (T2) ont produit des fruits en qualité en quantité comparable aux autres traitements. Ce résultat peut paraître surprenant mais lorsque la plante se sent agressée, elle augmente sa production en fruits afin d'assurer sa descendance. Le même principe est appliqué avec les champignons; il limite alors toutes activités pour concentrer leurs efforts sur leur reproduction (sporulation). C'est ce qui s'est produit lors de ces courts essais mais en production commerciale (longue période), la plante se serait épuisée et aurait eu de plus en plus de difficultés à contrer la pression racinaire exercée par l'agent pathogène, ce qui aurait affaibli le plant. Les effets se seraient fait sentir sur les rendements et la qualité du système racinaire.

Suite à cette recherche, l'emploi de l'agent biologique antagoniste RootShield™ dans les substrats pourraient :

- 1) Offrir un contrôle efficace contre les micro-organismes pathogènes des racines présents dans les substrats;
- 2) Restreindre l'utilisation de fongicides en agriculture et ainsi assurer une meilleure protection du consommateur et de l'environnement;

- 3) Être capable de survivre et se multiplier dans les substrats afin d'assurer un bon contrôle de la maladie;
- 4) Être stimulateur de croissance de la plante (chez la tomate en particulier).

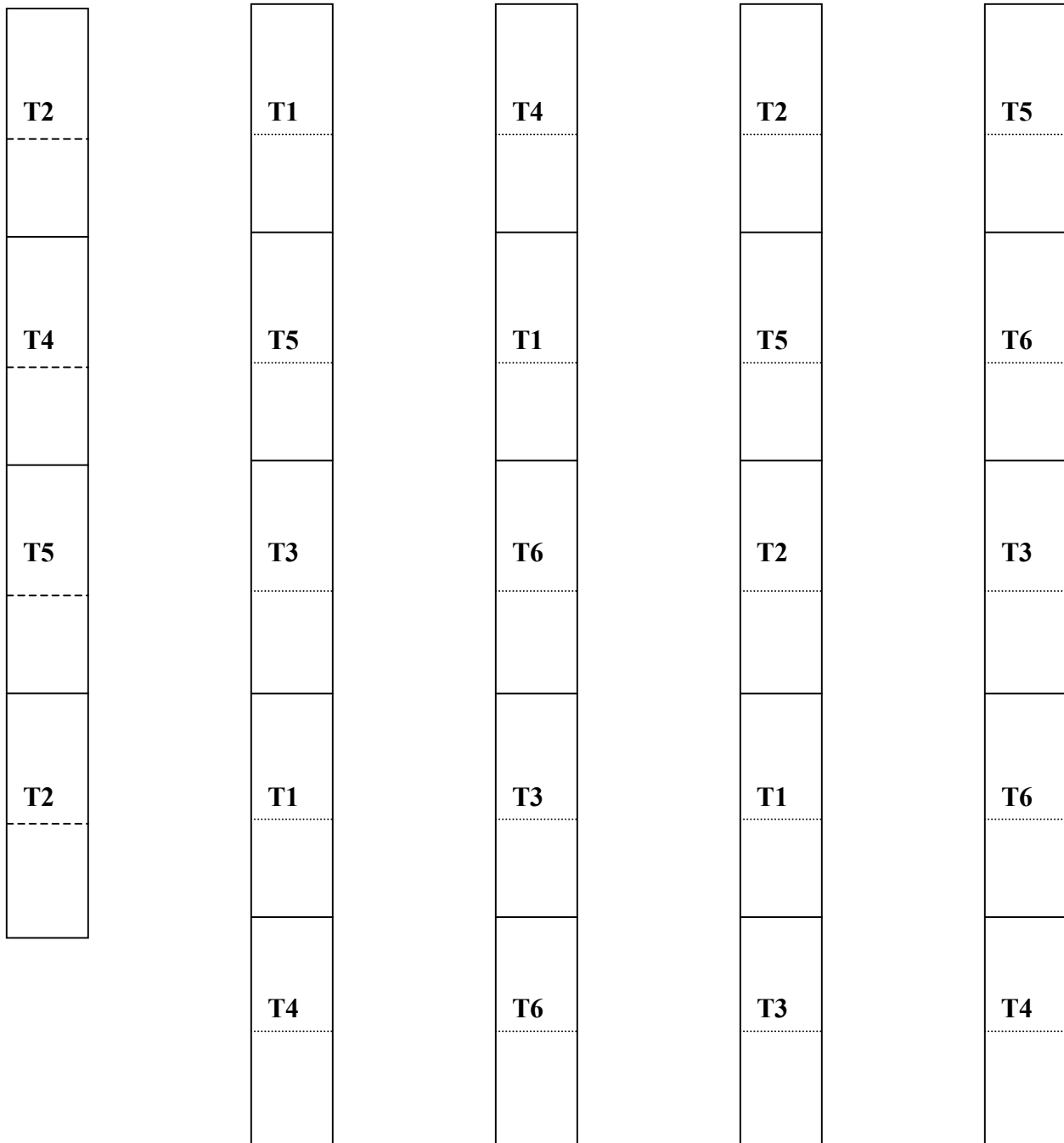
## 6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Adams, P.B. 1990.** The potential of mycoparasites for biological control of plant diseases. *Annu. Rev. Phytopathol.* 28 : 59-72.
2. **Agrios, G.N. 1988.** *Plant Pathology*. 3<sup>rd</sup> ed. Academic Press, New-York. 803 pp.
3. **Alabouvette, C., P. Lemanceau, and C. Steinberg. 1993.** Recent advances in the biological control of *Fusarium* wilts. *Pestic. Sci.* 37 : 365-373.
4. **Backman, P.A., and R. Rodriguez-Kabana. 1975.** A system for the growth delivery of biological control agents to the soil. *Phytopathol.* 65 : 819-821.
5. **Bélanger, R.R., and C. Labbé. 1994.** Commercial-scale control of rose powdery mildew with a fungal antagonist. *Plant Dis.* 78 : 420-424.
6. **Bolton, A.T. 1980.** Control of *Pythium aphanidermatum* in poinsettia in a soilless culture by *Trichoderma viride* and *Streptomyces* spp. *Can. J. Plant Pathol.* 2 : 93-95.
7. **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.
8. **Chérif, M., Y. Tirilly and R.R. Bélanger. 1997.** Effect of oxygen concentration on plant growth, lipidperoxidation, and receptivity of tomato roots to *Pythium* F under hydroponic conditions. *Europ. J. Plant Pathol.* 103:255-264.
9. **Chet, I., G.E. Harman, and R. Baker. 1981.** *Trichoderma harzianum* : Its hyphal interactions with *Rhizoctonia solani* and *Pythium* spp. *Microbiol. Ecol.* 7 : 29-38.
10. **De Waard, M.A., S.G. Georgopoulos, D.W. Hollomon, H. Ishii, P. Leroux, N.N. Ragsdale, and F.J. Schwinn. 1993.** Chemical control of plant diseases : problems and prospects. *Annu. Rev. Phytopathol.* 31 : 403-421.
11. **Elad, Y., I. Chet, and Y. Henis. 1982.** Degradation of plant pathogenic fungi by *Trichoderma harzianum*. *Can. J. Microbiol.* 28 : 719-725.
12. **Harman, G.E. 1992.** Development and benefits of rhizosphere competent fungi for biological control of plant pathogens. *J. Plant Nutr.* 15 : 835-843.
13. **Jarvis, W. R. 1993.** *Managing Diseases in Greenhouse Crops*. 2<sup>nd</sup> Ed. APS Press, Minnesota. 288 pp.

14. **Jeffers, S.N., and S.B. Martin. 1986.** Comparaison of two media selective for *Phytophthora* and *Pythium* species. Plant Dis. 70 : 1038-1043.
15. **Kelley, W.D. 1976.** Evaluation of *Trichoderma harzianum* - impregnated clay granules as a biocontrol for *Phytophthora cinnamoni* causing damping-off of pine seedlings. Phytopathol. 66 : 1023-1027.
16. **Larkin, R.P., and D.R. Fravel. 1998.** Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of *Fusarium* wilt of tomato. Plant Dis. 82 : 1022-1028.
17. **Lewis, J.A., and G.C. Papavizas. 1987.** Application of *Trichoderma* and *Gliocladium* in alginate pellets for controls of *Rhizoctonia solani* damping-off. Plant Pathol. 36 : 438-446.
18. **Lockwood, J.L. 1988.** Evolution of concept associated with soilborne plant pathogens. Annu. Rev. Phytopathol. 26 : 93-121.
19. **Lumsden, R.D., and J.A. Lewis. 1989.** Selection, production, formulation and commercial use of plant disease, biocontrol fungi : problems and progress. Pages 171-190, dans Biotechnology of Fungi for Improving Plant Growth. J.M. Whipps & R.D. Lumsden eds., Cambridge Univ. Press, Cambridge.
20. **Sippell, D.W., J.G.N. Davidson, and R.S. Sadasivaiah. 1985.** *Rhizoctonia* root rot of raspberry in the peace region of Alberta. Can. J. Plant Pathol. 7 : 184-186.
21. **Windham, M.T., Y. Elad, and R. Baker. 1986.** A mechanism for increased plant growth induced by *Trichoderma* spp. Phytopathol. 76 : 518-521.

*Annexe 1.* Dispositif expérimental employé dans la serre #3 et #4

**SERRE #3**



**1 = Témoin**

**2 = Plant + *Pythium***

**3 = Plant + RootShield**

**4 = Plant + *Pythium* + RootShield (1,0 fois la dose)**

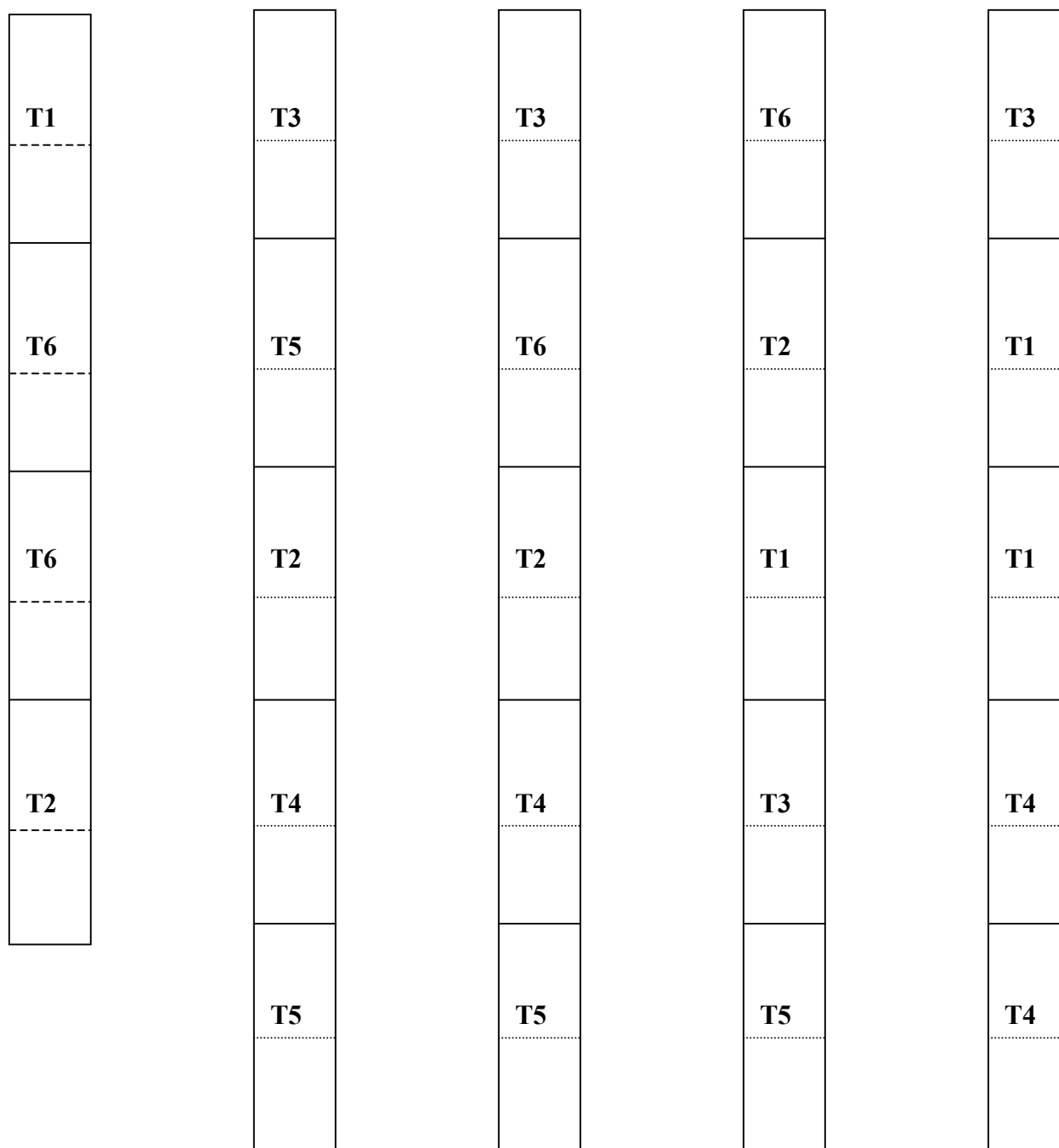
**5 = Plant + *Pythium* + RootShield (1,5 fois la dose)**

**6 = Plant + *Pythium* + RootShield (2,0 fois la dose)**



Annexe 1 (suite). Dispositif expérimental employé dans la serre #3 et #4

**SERRE #4**



- 1 = Témoin
- 2 = Plant + *Pythium*
- 3 = Plant + RootShield
- 4 = Plant + *Pythium* + RootShield (1,0 fois la dose)
- 5 = Plant + *Pythium* + RootShield (1,5 fois la dose)
- 6 = Plant + *Pythium* + RootShield (2,0 fois la dose)

*Annexe 2.* ANOVA utilisé pour les rendements et l'évaluation des systèmes racinaires

**ANOVA pour les Rendements**

<b>Facteur</b>	<b>d.d.l.</b>	<b>Forme</b>
Serre	1	aléatoire
Traitement	5	fixe
Serre*traitement	5	aléatoire
rep (Serre*traitement)	36	aléatoire
Temps	14	fixe
Temps * Serre	14	aléatoire
Temps * Traitement	70	fixe
Temps * Serre*traitement	70	aléatoire
Temps * rep (Serre*traitement)	504	aléatoire
<b>Total</b>	<b>719</b>	

**ANOVA pour les systèmes racinaires**

<b>Facteur</b>	<b>d.d.l.</b>	<b>Forme</b>
Serre	1	aléatoire
Traitement	5	fixe
Serre*traitement	5	aléatoire
rep (Serre*traitement)	36	aléatoire
éch(rep (Serre*traitement))	240	aléatoire
<b>Total</b>	<b>287</b>	

**Annexe 3.** Rendement en fruits de tomate – serre #3, Québec, 2003

Traitement	Date de récolte	Catégorie #1		Catégorie #2		Catégorie #3	
		nbre	poids	nbre	poids	nbre	poids
<b>T1</b>	1 (10-02-03)	0	0	0	0,000	5	0,938
	2 (17-02-03)	18	4,553	0	0,000	3	0,319
	3 (24-02-03)	41	11,163	0	0,000	0	0,000
	4 (27-02-03)	27	6,834	0	0,000	0	0,000
	5 (03-03-03)	26	6,511	0	0,000	1	0,095
	6 (06-03-03)	26	6,012	0	0,000	5	1,387
	7 (10-03-03)	29	7,614	0	0,000	2	0,605
	8 (13-03-03)	24	5,327	0	0,000	4	1,501
	9 (17-03-03)	26	6,416	0	0,000	8	2,377
	10 (20-03-03)	41	9,861	0	0,000	3	0,832
	11 (24-03-03)	42	10,578	0	0,000	1	0,566
	12 (27-03-03)	27	6,013	0	0,000	1	0,158
	13 (31-03-03)	46	10,969	0	0,000	7	2,798
	14 (03-04-03)	43	8,970	2	0,140	2	0,790
	15 (07-04-03)	72	15,341	0	0,000	6	1,572
	16 (10-04-03)	48	10,553	1	0,075	6	0,496
	17 (14-04-03)	55	12,942	0	0,000	1	0,042
<b>T2</b>	1 (10-02-03)	0	0	0	0,000	0	0
	2 (17-02-03)	28	6,565	0	0,000	4	0,982
	3 (24-02-03)	33	7,542	0	0,000	4	0,703
	4 (27-02-03)	21	5,087	0	0,000	1	0,237
	5 (03-03-03)	30	6,665	0	0,000	0	0,000
	6 (06-03-03)	21	5,201	0	0,000	2	0,441
	7 (10-03-03)	27	6,613	0	0,000	0	0,000
	8 (13-03-03)	42	9,017	1	0,082	1	0,405
	9 (17-03-03)	42	8,352	0	0,000	2	0,360
	10 (20-03-03)	34	6,929	1	0,081	0	0,000
	11 (24-03-03)	45	10,021	0	0,000	0	0,000
	12 (27-03-03)	25	5,350	0	0,000	0	0,000
	13 (31-03-03)	47	10,419	0	0,000	0	0,000
	14 (03-04-03)	43	8,520	0	0,000	2	0,656
	15 (07-04-03)	51	10,507	0	0,000	3	0,852
	16 (10-04-03)	60	13,472	2	0,153	0	0,000
	17 (14-04-03)	48	10,092	1	0,072	2	0,487

**Annexe 3. Rendement en fruits de tomate – serre #3, Québec, 2003**

Traitement	Date de récolte	Catégorie #1		Catégorie #2		Catégorie #3	
		nbre	poids	nbre	poids	nbre	poids
<b>T3</b>	1 (10-02-03)	2	0,490	0	0,000	7	0,000
	2 (17-02-03)	23	5,552	0	0,000	5	0,805
	3 (24-02-03)	47	12,071	1	0,079	1	0,233
	4 (27-02-03)	35	7,710	0	0,000	1	0,077
	5 (03-03-03)	33	7,110	0	0,000	1	0,126
	6 (06-03-03)	22	5,301	2	0,162	1	0,406
	7 (10-03-03)	31	6,886	1	0,070	4	0,743
	8 (13-03-03)	33	6,870	1	0,081	6	0,336
	9 (17-03-03)	42	8,641	1	0,081	2	0,336
	10 (20-03-03)	35	7,896	0	0,000	3	0,465
	11 (24-03-03)	45	9,702	0	0,000	0	0,000
	12 (27-03-03)	21	5,760	0	0,000	1	0,288
	13 (31-03-03)	40	8,920	0	0,000	4	0,970
	14 (03-04-03)	50	10,560	2	0,166	0	0,000
	15 (07-04-03)	66	15,455	0	0,000	1	0,206
	16 (10-04-03)	63	14,542	0	0,000	0	0,000
	17 (14-04-03)	37	7,681	0	0,000	0	0,000
<b>T4</b>	1 (10-02-03)	0	0	0	0,000	0	0
	2 (17-02-03)	19	4,279	0	0,000	3	0,448
	3 (24-02-03)	37	9,012	0	0,000	4	0,733
	4 (27-02-03)	30	6,641	1	0,085	0	0,000
	5 (03-03-03)	22	5,431	0	0,000	0	0
	6 (06-03-03)	24	6,228	0	0,000	1	0,310
	7 (10-03-03)	32	8,268	1	0,089	2	0,461
	8 (13-03-03)	22	5,112	0	0,000	5	1,846
	9 (17-03-03)	40	8,773	0	0,000	5	1,349
	10 (20-03-03)	31	7,138	1	0,081	1	0,078
	11 (24-03-03)	54	12,865	0	0,000	2	1,007
	12 (27-03-03)	12	2,836	0	0,000	0	0,000
	13 (31-03-03)	55	13,802	0	0,000	5	1,927
	14 (03-04-03)	49	11,591	0	0,000	2	0,000
	15 (07-04-03)	65	14,101	0	0,000	1	0,280
	16 (10-04-03)	58	13,501	1	0,089	0	0,000
	17 (14-04-03)	39	9,325	1	0,079	1	0,457

**Annexe 3.** Rendement en fruits de tomate – serre #3, Québec, 2003

Traitement	Date de récolte	Catégorie #1		Catégorie #2		Catégorie #3	
		nbre	poids	nbre	poids	nbre	poids
<b>T5</b>	1 (10-02-03)	0	0	0	0,000	2	0,259
	2 (17-02-03)	16	3,289	0	0,000	9	1,840
	3 (24-02-03)	36	8,528	0	0,000	5	1,100
	4 (27-02-03)	31	7,191	0	0,000	2	0,352
	5 (03-03-03)	31	7,349	1	0,086	1	0,231
	6 (06-03-03)	16	3,904	0	0,000	0	0,000
	7 (10-03-03)	26	5,250	1	0,070	2	0,344
	8 (13-03-03)	49	10,436	0	0,000	3	0,813
	9 (17-03-03)	51	10,872	0	0,000	2	0,925
	10 (20-03-03)	29	5,788	0	0,000	0	0,000
	11 (24-03-03)	48	10,759	0	0,000	0	0,000
	12 (27-03-03)	24	5,126	0	0,000	3	0,610
	13 (31-03-03)	57	12,080	0	0,000	0	0,000
	14 (03-04-03)	45	9,573	1	0,071	0	0,000
	15 (07-04-03)	74	16,059	0	0,000	0	0,000
	16 (10-04-03)	59	12,442	0	0,000	0	0,000
	17 (14-04-03)	51	11,052	1	0,089	11	0,955
<b>T6</b>	1 (10-02-03)	0	0	0	0,000	0	0
	2 (17-02-03)	7	1,660	0	0,000	0	0
	3 (24-02-03)	29	7,198	0	0,000	1	0,323
	4 (27-02-03)	20	5,460	0	0,000	1	0,300
	5 (03-03-03)	26	6,342	0	0,000	1	0,121
	6 (06-03-03)	28	6,847	0	0,000	0	0,000
	7 (10-03-03)	29	7,511	2	0,170	2	0,758
	8 (13-03-03)	38	8,954	0	0,000	0	0,000
	9 (17-03-03)	34	7,891	0	0,000	0	0,000
	10 (20-03-03)	35	8,392	0	0,000	1	0,432
	11 (24-03-03)	50	11,133	0	0,000	5	1,135
	12 (27-03-03)	21	4,337	0	0,000	0	0,000
	13 (31-03-03)	58	13,134	0	0,000	0	0,000
	14 (03-04-03)	43	9,356	0	0,000	1	0,152
	15 (07-04-03)	61	12,412	1	0,079	4	0,508
	16 (10-04-03)	48	10,299	0	0,000	5	0,876
	17 (14-04-03)	43	8,160	0	0,000	3	0,808

**Annexe 3. Rendement en fruits de tomate – serre #4, Québec, 2003**

Traitement	Date de récolte	Catégorie #1		Catégorie #2		Catégorie #3	
		nbre	poids	nbre	poids	nbre	poids
<b>T1</b>	1 (10-02-03)	0	0,000	0	0,000	0	0,000
	2 (17-02-03)	0	0,000	0	0,000	0	0,000
	3 (24-02-03)	0	0,000	0	0,000	0	0,000
	4 (27-02-03)	0	0,000	0	0,000	1	0,079
	5 (03-03-03)	0	0,000	0	0,000	0	0,000
	6 (06-03-03)	8	2,573	0	0,000	0	0,000
	7 (10-03-03)	11	4,118	0	0,000	2	1,322
	8 (13-03-03)	14	4,539	0	0,000	3	1,159
	9 (17-03-03)	14	4,401	0	0,000	4	1,839
	10 (20-03-03)	29	10,097	0	0,000	3	1,384
	11 (24-03-03)	28	10,676	0	0,000	5	1,455
	12 (27-03-03)	21	6,155	0	0,000	1	0,449
	13 (31-03-03)	51	15,017	0	0,000	0	0,000
	14 (03-04-03)	55	19,197	0	0,000	0	0,000
	15 (07-04-03)	65	17,132	0	0,000	0	0,000
	16 (10-04-03)	44	10,365	0	0,000	0	0,000
	17 (14-04-03)	65	14,932	0	0,000	1	0,444
<b>T2</b>	1 (10-02-03)	0	0,000	0	0,000	0	0,000
	2 (17-02-03)	0	0,000	0	0,000	0	0,000
	3 (24-02-03)	7	1,707	0	0,000	2	0,464
	4 (27-02-03)	8	2,739	0	0,000	4	0,871
	5 (03-03-03)	12	3,430	0	0,000	1	0,246
	6 (06-03-03)	8	2,237	0	0,000	3	0,842
	7 (10-03-03)	22	6,518	0	0,000	4	1,671
	8 (13-03-03)	15	4,579	0	0,000	5	1,722
	9 (17-03-03)	15	4,461	0	0,000	5	1,728
	10 (20-03-03)	19	5,545	0	0,000	4	1,618
	11 (24-03-03)	34	10,151	0	0,000	2	0,631
	12 (27-03-03)	13	3,437	0	0,000	5	2,223
	13 (31-03-03)	45	13,953	0	0,000	1	0,471
	14 (03-04-03)	28	8,545	0	0,000	1	0,259
	15 (07-04-03)	60	16,820	0	0,000	1	0,092
	16 (10-04-03)	45	11,307	0	0,000	0	0,000
	17 (14-04-03)	63	15,217	0	0,000	0	0,000

**Annexe 3. Rendement en fruits de tomate – serre #4, Québec, 2003**

Traitement	Date de récolte	Catégorie #1		Catégorie #2		Catégorie #3	
		nbre	poids	nbre	poids	nbre	poids
<b>T3</b>	1 (10-02-03)	1	0,285	0	0	2	0,597
	2 (17-02-03)	12	2,648	0	0	2	0,473
	3 (24-02-03)	32	8,963	0	0	8	1,959
	4 (27-02-03)	30	8,379	0	0	0	0,000
	5 (03-03-03)	32	8,179	0	0	1	0,238
	6 (06-03-03)	17	4,555	0	0,000	2	0,644
	7 (10-03-03)	18	4,407	0	0	3	1,036
	8 (13-03-03)	33	9,130	1	0,087	2	0,810
	9 (17-03-03)	32	7,535	0	0,000	2	0,721
	10 (20-03-03)	38	9,352	0	0,000	1	0,246
	11 (24-03-03)	56	13,440	0	0,000	1	0,128
	12 (27-03-03)	33	8,330	0	0,000	2	0,475
	13 (31-03-03)	53	13,031	0	0,000	0	0,000
	14 (03-04-03)	40	9,496	0	0,000	0	0,000
	15 (07-04-03)	74	17,978	0	0,000	1	0,231
	16 (10-04-03)	35	7,835	0	0,000	1	0,285
	17 (14-04-03)	74	18,732	0	0,000	1	0,148
<b>T4</b>	1 (10-02-03)	0	0,000	0	0,000	0	0,000
	2 (17-02-03)	3	0,874	0	0,000	1	0,129
	3 (24-02-03)	25	6,287	0	0,000	1	0,211
	4 (27-02-03)	15	3,332	0	0,000	0	0,000
	5 (03-03-03)	30	8,637	0	0,000	1	0,564
	6 (06-03-03)	14	3,948	0	0,000	2	0,857
	7 (10-03-03)	22	5,861	0	0,000	8	2,647
	8 (13-03-03)	17	4,201	0	0,000	3	1,301
	9 (17-03-03)	31	7,626	0	0,000	5	1,940
	10 (20-03-03)	25	7,019	1	0,077	0	0,000
	11 (24-03-03)	48	11,981	0	0,000	4	1,670
	12 (27-03-03)	24	6,361	0	0,000	0	0,000
	13 (31-03-03)	70	17,347	0	0,000	0	0,000
	14 (03-04-03)	38	8,741	0	0,000	2	0,944
	15 (07-04-03)	67	15,967	0	0,000	0	0,000
	16 (10-04-03)	48	11,314	0	0,000	0	0,000
	17 (14-04-03)	82	20,111	0	0,000	2	0,445

**Annexe 3. Rendement en fruits de tomate – serre #4, Québec, 2003**

Traitement	Date de récolte	Catégorie #1		Catégorie #2		Catégorie #3	
		nbre	poids	nbre	poids	nbre	poids
<b>T5</b>	1 (10-02-03)	0	0,000	0	0,000	0	0,000
	2 (17-02-03)	0	0,000	0	0,000	0	0,000
	3 (24-02-03)	10	2,913	0	0,000	2	0,565
	4 (27-02-03)	15	4,027	0	0,000	1	0,163
	5 (03-03-03)	22	5,948	0	0,000	1	0,210
	6 (06-03-03)	19	5,002	0	0,000	1	0,369
	7 (10-03-03)	27	6,699	0	0,000	3	0,750
	8 (13-03-03)	29	7,971	0	0,000	4	1,272
	9 (17-03-03)	38	9,773	0	0,000	6	1,919
	10 (20-03-03)	36	9,021	0	0,000	1	0,113
	11 (24-03-03)	34	7,668	1	0,086	0	0,000
	12 (27-03-03)	40	9,215	0	0,000	0	0,000
	13 (31-03-03)	47	11,238	0	0,000	1	0,643
	14 (03-04-03)	38	8,704	0	0,000	0	0,000
	15 (07-04-03)	45	9,813	0	0,000	0	0,000
	16 (10-04-03)	27	6,209	0	0,000	0	0,000
	17 (14-04-03)	72	16,578	0	0,000	4	1,229
<b>T6</b>	1 (10-02-03)	0	0	0	0	0	0
	2 (17-02-03)	0	0	0	0	0	0
	3 (24-02-03)	0	0	0	0	3	0,364
	4 (27-02-03)	1	0,380	0	0	0	0
	5 (03-03-03)	7	2,059	0	0	1	0,196
	6 (06-03-03)	12	3,533	0	0	0	0,000
	7 (10-03-03)	20	6,527	0	0	4	0,884
	8 (13-03-03)	30	8,559	0	0	1	0,145
	9 (17-03-03)	31	8,748	0	0,000	6	1,444
	10 (20-03-03)	28	7,902	0	0,000	1	0,307
	11 (24-03-03)	35	9,597	0	0,000	4	1,886
	12 (27-03-03)	27	7,297	0	0,000	1	0,000
	13 (31-03-03)	53	14,720	0	0,000	0	0,000
	14 (03-04-03)	48	13,551	0	0,000	0	0,000
	15 (07-04-03)	68	18,004	0	0,000	0	0,000
	16 (10-04-03)	51	12,238	0	0,000	0	0,000
	17 (14-04-03)	72	17,409	0	0,000	2	0,981



**Annexe 4.** Représentation visuelle des symptômes observés sur les racines des plants de tomates selon le traitement appliqué.

**SERRE #3**



**Photo 1.** Comparaison entre les traitements Témoïn, *Pythium* et RootShield, serre #3, Québec 2003.



**Photo 3.** Comparaison entre les traitements Témoïn, *Pythium*, RootShield et RootShield (dose 1x) + *Pythium*, serre #3, Québec 2003.



**Photo 2.** Comparaison entre les traitements Témoïn, *Pythium*, RootShield et RootShield (dose 1,5x) + *Pythium*, serre #3, Québec 2003.



**Photo 4.** Comparaison entre les traitements Témoïn, *Pythium*, RootShield et RootShield (dose 2x) + *Pythium*, serre #3, Québec 2003.



**Photo 5.** Comparaison entre les traitements *Pythium*, RootShield (dose 1x) + *Pythium*, RootShield (dose 1,5x) + *Pythium* et RootShield (dose 2x) + *Pythium*, serre #3, Québec 2003.



**Photo 6.** Comparaison entre tous les traitements, serre #3, Québec 2003.



Annexe 4 (suite). Représentation visuelle des symptômes observés sur les racines des plants de tomates selon le traitement appliqué.

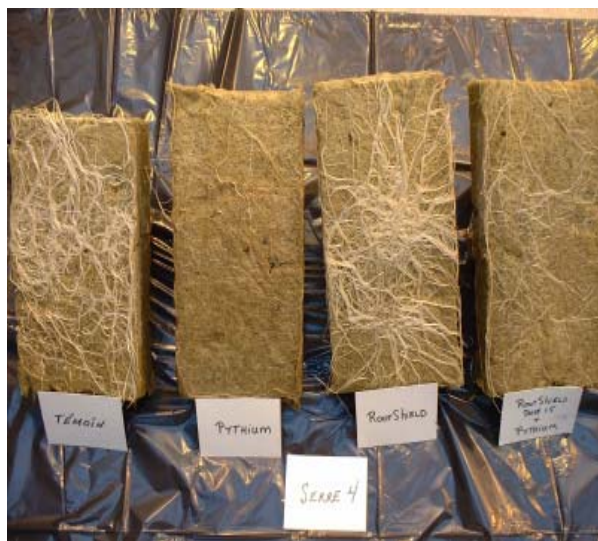
#### SERRE #4



**Photo 7.** Comparaison entre les traitements Témoin, *Pythium* et RootShield, serre #4, Québec 2003.



**Photo 9.** Comparaison entre les traitements Témoin, *Pythium*, RootShield et RootShield (dose 1x) + *Pythium*, serre #4, Québec 2003.



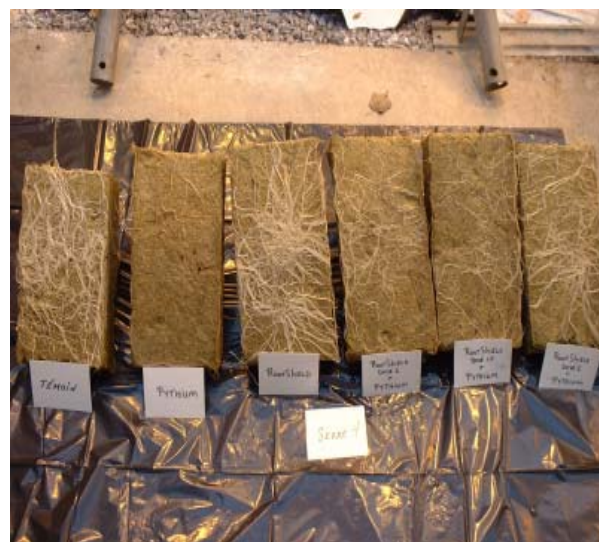
**Photo 8.** Comparaison entre les traitements Témoin, *Pythium*, RootShield et RootShield (dose 1,5x) + *Pythium*, serre #4, Québec 2003.



**Photo 10.** Comparaison entre les traitements Témoin, *Pythium*, RootShield et RootShield (dose 2x) + *Pythium*, serre #4, Québec 2003.



**Photo 11.** Comparaison entre les traitements *Pythium*, RootShield (dose 1x) + *Pythium*, RootShield (dose 1,5x) + *Pythium* et RootShield (dose 2x) + *Pythium*, serre #3, Québec 2003.



**Photo 12.** Comparaison entre tous les traitements, serre #3, Québec 2003.