

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

De fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master II en sciences Agronomiques

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

## THEME

**Contribution à l'étude de l'effet bio-stimulant de deux isolats algériens de *Trichoderma* sp. sur une culture de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en pot et leur effet éliciteur sur *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)**

Présenté par : **Boukhalfa Rym**

Travail présenté devant le Jury :

M. Snoussi S.A.	Pr.	USDB	<b>Président</b>
M. Belhabib B.	Chef de service Entomologie	INPV	<b>Examinatrice</b>
M. Sahraoui F.	MAA.	USDB	<b>Examinatrice</b>
Mme. Moumene S.	MAA	USDB	<b>Promotrice</b>

**Année universitaire : 2011-2012**

# *Dédicaces*

*A mes parents bien aimés qui m'ont toujours écouté, encouragé et soutenu.*

*J'espère avoir été à la hauteur de vos espérances.*

*A mon frère Kheiro d'être toujours présent pour moi.*

*A toute ma famille*

*A Selma et Nerdjes, les épaules sur lesquelles j'ai versé toutes les larmes de mon corps. Je sais que je me suis montrée assez pénible ces derniers mois, alors je vous demande de me supporter encore quelques temps.*

*A Mme. Djebaili Safia, la confidente de mes tourments. Je te dis merci pour tout ce que tu fais pour moi, tu es une seconde mère et une grande sœur pour moi.*

*A Karima pour ses conseils et son soutien.*

*A mon meilleur ami Adel qui m'a soutenu encouragé et surtout supporté mes caprices, Merci pour ta patience et ton soutien, sans toi je ne serais là aujourd'hui.*

*A tous mes ami(e)s de la station de l'INPV de Boufarik*

*A tous mes ami(e)s sans exceptions.*

# *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 tiens à remercier particulièrement Madame MOUMÈNE S. qui, en tant que Directrice de mémoire, s'est toujours montrée à l'écoute et très disponible lors de la réalisation de ce modeste travail, et ce en dépit d'un emploi du temps fort chargé, particulièrement durant la phase de rédaction et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.*

*Je tiens aussi à remercier vivement Mr. SNOUSSI qui me fait l'honneur d'accepter de présider cette soutenance.*

*Mes remerciements s'adressent également à Mme. SAHRAOUI et Mme. BELHABIB pour avoir bien voulu examiner ce document.*

*Je dois une reconnaissance particulière à Mr. BELLATRECHE pour sa précieuse contribution à la réalisation de la partie statistique. Qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude.*

*Je ne saurai oublier d'exprimer ma profonde sympathie à l'ensemble Du personnel de la Station Régionale de la Protection des Végétaux (INPV) de Boufariq, et à leur tête M. Djebaili Fayçal, qui n'ont ménagé aucun effort pour me faciliter la réalisation de ce modeste travail.*

*Je voudrais exprimer aussi ma parfaite reconnaissance aux personnels de l'ITCMI pour m'avoir fourni les semences et les données relatives aux variétés étudiées.*

*Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et amis, qui m'ont toujours soutenue et encouragée. Merci à toutes et à tous.*

# **Contribution à l'étude de l'effet bio-stimulant de deux isolats algériens de *Trichoderma* sp. sur une culture de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en pot et leur effet éliciteur sur *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)**

## ***Résumé***

Le recours aux méthodes biologiques dans la biofertilisation et le bio-contrôle des ravageurs est indispensable pour le développement d'une agriculture respectueuse de l'environnement. Différents agents ont été testés, notamment les micro-organismes. Les *Trichoderma* sp. vu leurs propriétés antagonistes contre un large spectre de phytopathogènes, sont les plus utilisés. Récemment, certaines études ont démontré l'aptitude des *Trichoderma* sp. à stimuler la croissance de certaines plantes. Ainsi, l'effet de deux isolats algériens de *Trichoderma* sp. sur les paramètres de croissance et de rendement d'une culture de trois variétés de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en pot a été étudié. Les résultats montrent que ces deux souches ont stimulé la croissance des plants de tomate, notamment les biomasses végétatives, avec toutefois, une prédominance de la souche TR4. Aussi, l'étude a relevé le pouvoir des *Trichoderma* sp. à coloniser les racines et se maintenir dans le substrat de culture. Par ailleurs, la présente étude a révélé l'effet éliciteur des *Trichoderma* sp. vis-à-vis de *Tuta absoluta* (Meyrick 1917), agent causal de la mineuse de la tomate. Effectivement, les deux souches ont réduit l'infestation par le lépidoptère. L'infestation a été presque nulle pour les plants traités par rapport aux témoins, et ce pour les trois variétés étudiées.

**Mots clés** : Pouvoir biostimulant, pouvoir éliciteur, *Trichoderma* sp., *Tuta absoluta*, *Lycopersicon esculentum* Mill.

**Contribution to the study of bio-stimulant effect of two algerian isolates of *Trichoderma sp.* on a culture of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in pot and their elicitor effect on *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)**

***Abstract***

The use of biological methods in biofertilisation and bio-pest control is essential for the development of agriculture that respects the environment. Various agents have been tested, including micro-organisms. *Trichoderma sp.*, seen their antagonistic properties against a broad spectrum of plant pathogens, are the most used. Recently, some studies have demonstrated the ability of *Trichoderma sp.* to stimulate the growth of certain plants. Thus, the effect of two Algerian isolates of *Trichoderma sp.* on growth parameters and crop yield of three varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) was been studied. The results show that these two strains have stimulated the growth of tomato plants, including vegetative biomass, but with a predominance of strain TR4. Also, the study found the power of *Trichoderma sp.* to colonize roots and to remain in the growth substrate. In addition, this study showed the effect of elicitor *Trichoderma sp.* against *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917), agent of tomato leaf miner. Indeed, the two strains have reduced moth infestation. The infestation was almost zero for treated plants compared to controls, and this for the three varieties studied.

**Key words:** stimulation effect, elicitor effect, *Trichoderma sp* , *Tuta absoluta*, *Lycopersicon esculentum* Mill.

استخدام الأساليب البيولوجية في التسميد و الحماية البيولوجية ضد الآفات أمر ضروري لتطير زراعة محترمة للبيئة. و قد تم اختبار عوامل مختلفة بما في ذلك الكائنات الحية الدقيقة. *Trichoderma sp.* نظرا لخصائصه المضادة لطيف واسع من مسببات الأمراض النباتية هور استخداما. مؤخرا أظهرت بعض الدراسات قدتى تحفيز نمو بعض النباتات. و على هذا الأساس درسنا تأثير اثنين من العزلات من *Trichoderma sp.* الجزائرية على صفات النمو و المحصول لثلاث أصناف من الطماطم. فقد بينت النتائج أن هذه السلالتين حفزت نمو نباتات الطماطم بما في ذلك الكتلة الحيوية النباتية و لكن مع غلبة سلالة TR4. كما كشفت الدراسة قدرة *Trichoderma sp.* على التعمير في الجذور و البقاء في التربة. و بالإضافة إلى ذلك أظهرت هذه الدراسة قدرته على تثبيط *Tuta absoluta*. في الواقع قد قللت السلالتين الإصابة، *Tuta absoluta*. الإصابة كانت تقريبا معدومة بالنسبة للنباتات المعالجة مقارنة بالشاهد و هذا بالنسبة لكل

: التحفيز البيولوجي, القدرة على التثبيط, *Trichoderma sp.* , *Tuta absoluta*

## Sommaire

<b>Introduction</b> .....	2
<b><i>Chapitre I : Partie bibliographique</i></b>	
<b>1.1 Généralités sur la tomate</b> .....	4
1.1.1 Origine.....	4
1.1.2 Classification .....	4
1.1.3 Botanique .....	5
1.1.4 Variétés .....	6
1.1.5 Biologie .....	7
1.1.6 Ecologie.....	8
1.1.7 Importance économique de la tomate.....	9
1.1.7.1 Dans le monde.....	9
1.1.7.2 En Algérie .....	11
1.8 Problèmes phytosanitaires .....	13
<b>1.2 Aperçu sur la mineuse de la tomate</b> .....	16
1.2.1 Introduction .....	16
1.2.2 Taxonomie .....	16
1.2.3 Morphologie Cycle biologique .....	16
1.2.4 Origine et distribution géographique .....	18
1.2.5 Symptomatologie .....	19
1.2.6 Les plantes hôtes .....	20
1.2.7 Méthodes de lutte .....	20
<b>1.3 Utilisation de <i>Trichoderma</i> spp. dans la lutte biologique</b> .....	22
1.3.1 Aperçu sur les <i>Trichoderma</i> .....	22
1.3.2 Taxonomie .....	23

1.3.3 Morphologie .....	24
1.3.4 Ecologie .....	25
1.3.5 Utilisation de <i>Trichoderma</i> .....	26
1.3.6 Mécanismes d'action des <i>Trichoderma</i> .....	27

## ***Chapitre II : Matériels et Méthodes***

<b>2.1 Matériels et méthodes</b> .....	30
2.1.1 Introduction .....	30
2.1.2 Matériel biologique .....	30
2.1.2.1 Matériel végétal .....	30
2.1.2.2 Matériel fongique .....	30
2.1.2.3 Insecte ravageur.....	31
<b>2.1.3 Etude de l'effet biostimulant des deux souches de <i>Trichoderma</i></b> .....	31
2.1.3.1 Mode de traitements et installation de la culture .....	31
2.1.3.2 Lecture des résultats .....	33
2.1.4 Etude de l'effet éliciteur de <i>Trichoderma</i> sur <i>Tuta absoluta</i> (Meyrich, 1917) .....	34
2.1.4.1 Mode d'application des traitements .....	34
2.1.4.2 Evaluation de l'effet éliciteur des isolats de <i>Trichoderma</i> spp. sur le taux d'infestation de <i>Tuta absoluta</i> (Meyrich, 1917) .....	35
<b>2.1.5 Analyse statistique</b> .....	35
<b>3. Résultats et discussion</b> .....	36
<b>3.1 Résultats</b> .....	36
3.1.1 Etude de l'effet biostimulant de <i>Trichoderma</i> spp. sur la croissance de la tomate ...	36
3.1.1.1 Effet des deux souches .....	36
3.1.1.2 Evolution temporelle (semaines) de la croissance des plants .....	41
3.1.1.3 Effet des <i>Trichoderma</i> sur la biomasse végétative .....	46
3.1.1.4 Colonisation des racines par <i>Trichoderma</i> et son maintien dans le sol .....	48
3.1.2 Etude de l'effet éliciteur de <i>Trichoderma</i> sur <i>Tuta absoluta</i> .....	51

3.1.2.1 Symptômes .....	51
3.1.2.2 Nombre d'œufs .....	51
3.1.2.3 Taux d'infestation par le lépidoptère .....	55
<b>3.2 Discussion générale .....</b>	<b>60</b>
<b>Conclusion et perspectives .....</b>	<b>67</b>
<b>Liste bibliographique.....</b>	<b>69</b>
<b>Annexes</b>	
<b>Table des matières</b>	

## Liste des tableaux

<b>Tableau.1</b> : Quelques maladies de la tomate (Chibane, 1999) .....	12
<b>Tableau.2</b> : dégâts provoqués par les principaux ravageurs de la tomate .....	13
<b>Tableau.3</b> : Caractéristiques des variétés de tomates utilisées .....	28
<b>Tableau.4</b> : Données relatives aux isolats antagonistes du genre <i>Trichoderma</i> .....	29
<b>Tableau.5</b> : Analyse de la variance des paramètres de croissance des plants de tomate ..	35
<b>Tableau.6</b> : Analyse de la variance des paramètres de croissance des plants de la variété Marmande (MAR) selon les traitements .....	36
<b>Tableau.7</b> : Analyse de la variance des paramètres de croissance des plants de la variété Saint-Pierre (SP) selon les traitements .....	38
<b>Tableau. 8</b> : Analyse de la variance de la croissance des tiges par plant de la variété Aicha (AI) selon les traitements .....	39
<b>Tableau.9</b> : Analyse de la variance de la croissance des plants de la variété Marmande (MAR) en fonction du temps (semaines) .....	41
<b>Tableau.10</b> : Analyse de la variance de la croissance des plants de la variété Saint-Pierre (SP) en fonction du temps (semaines) .....	42
<b>Tableau.11</b> : Analyse de la variance de la croissance des variétés en fonction du temps (semaines) .....	44
<b>Tableau.12</b> : Effet des traitements sur la biomasse végétative des trois variétés étudiées ..	45
<b>Tableau. 13</b> : Analyse de la variance de la biomasse végétative en fonction des variétés ..	46
<b>Tableau.14</b> : Aspects des échantillons positifs du sol de la rhizosphère en comparaison avec les témoins négatifs .....	49
<b>Tableau.15</b> : Analyse de la variance de la fonte d'œufs selon les variétés .....	51
<b>Tableau. 16</b> : Analyse de la variance de la fonte d'œufs sur les feuilles de la variété Marmande (MAR) en fonction des stades et des traitements .....	51

<b>Tableau.17</b> : Analyse de la variance de la ponte d'œufs sur les feuilles de la variété Saint-Pierre (SP) en fonction du stade végétatif et du traitement .....	52
<b>Tableau. 18</b> : Analyse de la variance de la ponte d'œufs sur les feuilles de la variété Aicha en fonction des stades végétatifs et du traitement .....	53
<b>Tableau.19</b> : Analyse de la variance du taux d'infestation en fonction des variétés .....	54
<b>Tableau.20</b> : Analyse de la variance du taux d'infestation en fonction des traitements et du temps (semaines) pour la variété Marmande .....	55
<b>Tableau.21</b> : Analyse de la variance du taux d'infestation en fonction des traitements et du temps (semaines) pour la variété Saint-Pierre .....	56
<b>Tableau.22</b> : Analyse de la variance du taux d'infestation en fonction des traitements et du temps (semaines) pour la variété Aicha .....	57

## Liste des figures

<b>Figure.1</b> : Description morphologique de la tomate.....	6
<b>Figure 2:</b> Part de la production de tomate par région (2000- 2010).....	10
<b>Figure 3:</b> Production du top 5 des producteurs (2000- 2010) .....	10
<b>Figure 4:</b> Production de tomate en Algérie (2005- 2010) .....	11
<b>Figure.5</b> : Les différents stades biologiques de <i>Tuta absoluta</i> (G×4) .....	15
<b>Figure.6</b> : Symptômes d’infestation par <i>T.absoluta</i> sur tomate .....	18
<b>Figure.7</b> : Sections systématiques de <i>Trichoderma spp.</i> et quelques agrégées de Rifai (1969).....	23
<b>Figure.8</b> : Aspect morphologique d'un conidiophore de <i>Trichoderma Longibrachiatum</i> .....	24
<b>Figure.9</b> : Analyse de la variance en modèle GLM des paramètres de croissance des plants de tomate selon les variétés .....	31
<b>Figure.10</b> : Analyse de la variance en mode GLM de la croissance des plants de la variété Marmande (MAR) selon les traitements.....	36
<b>Figure. 11</b> : Analyse de la variance en mode GLM des paramètres de croissance des plants de la variété Saint-Pierre selon les traitements.....	37
<b>Figure. 12</b> : Analyse de la variance en modèle GLM des paramètres de croissance de la variété Aicha (AI) selon les traitements.....	39
<b>Figure.13</b> : Analyse de la variance en modèle GLM de la croissance des plants de la variété Marmande en fonction du temps (semaines).....	40
<b>Figure.14</b> : Plants de la variété Marmande traités et témoins âgés de 8 semaines.....	41
<b>Figure.15</b> : Analyse de la variance en modèle GLM de la croissance des plants de la variété Saint-Pierre (SP) en fonction du temps.....	42
<b>Figure.16</b> : Plants traités et témoins de la variété St- Pierre âgés de 8 semaines.....	43

<b>Figure.17 :</b> Analyse de la variance en modèle GLM de la croissance des plants de la variété Aicha (AI) en fonction du temps (semaines).....	44
<b>Figure.18 :</b> comparaison entre les plants traités de la variété Aicha et le témoin à la 8 ème semaine.....	45
<b>Figure.19 :</b> analyse de la variance en modèle GLM de la biomasse végétative des trois variétés de tomate.....	46
<b>Figure.20 :</b> Analyse de la variance de la biomasse végétative en modèle GLM selon les plants traités par les deux souches et les plants témoins (T) et selon les variétés testées .....	46
<b>Figure.21 :</b> symptômes de <i>tuta absoluta</i> sur les feuilles de tomates.....	50
<b>Figure.24 :</b> Analyse de la variance en modèle GLM de la ponte d’œufs en fonction des variétés.....	51
<b>Figure. 26 :</b> Analyse de la variance en modèle GLM de la ponte d’œufs en fonction des stades végétatifs et des traitements.....	52
<b>Figure. 27:</b> Analyse de la variance en modèle GLM de la ponte d’œufs de la variété Saint-Pierre en fonction des stades végétatifs et du traitement.....	53
<b>Figure. 28:</b> Analyse de la variance en modèle GLM de la ponte d’œufs de la variété Aicha en fonction des stades végétatifs et du traitement.....	54
<b>Figure. 29:</b> Analyse de la variance en modèle GLM du taux d’infestation par <i>Tuta absoluta</i> en fonction des variétés.....	55
<b>Figure. 30:</b> Analyse de la variance en modèle GLM du taux d’infestation par <i>Tuta absoluta</i> en fonction des traitements et du temps (semaines) pour la variété Marmande.....	56
<b>Figure. 31 :</b> Analyse de la variance en modèle GLM du taux d’infestation par <i>Tuta absoluta</i> en fonction des traitements et du temps (semaines) pour la variété Saint-Pierre.....	57
<b>Figure. 32 :</b> Analyse de la variance en modèle GLM du taux d’infestation par <i>Tuta absoluta</i> en fonction des traitements et du temps (semaines) pour la variété Aicha.....	58

## Liste des planches

<b>Planche.1</b> : Dispositif expérimental de l'effet biostimulant et éliciteur de <i>Trichoderma</i> vis-à-vis de <i>T.absoluta</i> .....	31
--	----

## Liste des abréviations

- °C: Degré Celsius
- AI: Aicha
- cm: Centimètre
- FAO: Food and Agriculture organization
- g: gramme
- G/L: gramme/ litre
- GLM: general linear model
- ha: hectare
- INPV: Institut national de la protection des végétaux
- ITAFV : Institut technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne
- ITCMI: Institut technique des cultures maraîchères et industrielles
- J: jour
- L : Larve
- MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
- MAR : Marmande
- min : minute
- ml : millilitre
- mm : millimètre
- PDA : Potato dextrose agar
- qqmm : quelques millimètres
- Qx : quintaux
- SP : Saint Pierre
- TR3 : souche *Trichoderma* 3
- TR4: souche *Trichoderma* 4

# **Introduction**

## Introduction générale

La culture de tomate occupe le deuxième rang après la pomme de terre dans le monde (Trichoulou et Lagio, 1997). Sa production n'a cessé de progresser régulièrement ces dernières décennies atteignant, selon un bilan de la FAO, 620,28 millions de tonnes pour une surface de 4,63 millions d'hectares, pour la consommation en frais, en 2010. En Algérie, les cultures maraîchères occupent une superficie très importante, celles consacrées aux tomates sont estimées à près de 20 575 ha en 2011 (MADR, 2011) ; quant à la production, la tutelle avance le chiffre de 7 716 055 quintaux, soit un rendement de 357 qx/ha. La tomate représente 5,62% de la production maraîchère nationale ; aussi elle est très exigeante en éléments fertilisants (MARD, 2011).

Dans une perspective de réduction de l'utilisation de ces amendements chimiques et des pesticides dans le cadre du développement durable, la lutte biologique, précisément par l'utilisation des microorganismes, est une alternative très prometteuse pour assurer une protection phytosanitaire performante (Chougar, 2011). Les champignons du genre *Trichoderma*, de part leurs propriétés antagonistes envers un large spectre de phytopathogènes, aussi bien telluriques (Ouazzani-Touhami et *al.*, 1994) que foliaires et leur effets bio-stimulants sur la croissance des plantes, sont les plus étudiés et utilisés (Hmouni et *al.*, 1999).

Pour autant, la tomate est sensible à de nombreux ravageurs, notamment *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917). Ce lépidoptère cause des pertes de récolte pouvant atteindre les 100% (Torres et *al.*, 2002). Jusqu'à présent, la gestion de *T. absoluta* (Meyrick, 1917) est largement fondée sur des mesures prophylactiques (Collavino & Gimenez, 2008). Plusieurs travaux ont été effectués pour la mise au point d'autres moyens de lutte (Badaoui et *al.*, 2011). La lutte biologique par l'utilisation des prédateurs et des parasitoïdes des larves a été testée avec plus ou moins de succès (Medeiros et *al.*, 2006).

Des essais en laboratoire, en plein champ et sous serre ont montré que *Bacillusthuringiensis* Berliner 1911 est efficace sur les jeunes larves de *T. absoluta* (Gonzalez-Cabrera et *al.*, 2010). Les micro champignons entomopathogènes occupent une place privilégiée parmi les agents de lutte biologique (Vey et *al.*, 1982). Des études réalisées

sur différents isolats fongiques ont montré que les hyphomycètes comme *Beauveria bassiana* Balsamo Vuillemin (Ascomycota: Hypocreales), peuvent être des agents prometteurs pour le contrôle du phytophage éventuellement en combinaison avec des pulvérisations de *Bacillus thuringiensis* (Torres Gregorio *et al.*, 2009).

C'est dans ce contexte que ce travail vise à étudier :

✓ L'effet bio-stimulant de deux isolats algériens de *Trichoderma sp.* sur une culture de trois variétés fixées de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

✓ L'effet éliciteur de ces deux souches sur *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917), agent de la mineuse de la tomate.

# **Chapitre I : Partie Bibliographique**

## 1.1 Généralités sur la tomate

### 1.1.1 Origine

La tomate du genre *Lycopersicon* est une plante cultivée dans le monde entier pour son fruit très prisé. Elle est originaire des régions andines côtières du Nord- Ouest de l'Amérique du sud, dans une vaste zone allant du sud de la Colombie au Nord du Chili et de la côte pacifique aux contreforts des Andes (Equateur et Pérou) (Chougar, 2011). C'est en effet, seulement dans ces régions qu'on a retrouvé des plantes spontanées de diverses espèces de l'ancien genre de *Lycopersicon*, notamment *Solanum Lycopersicum ceraciforme* (la tomate cerise). Cette dernière est actuellement répandue dans toutes les régions tropicales du globe, mais il s'agit d'introduction récente (Chougar, 2011). Aussi, Chaux et Foury (1994), rappellent que le genre *Lycopersicon* comprend neuf espèces, dont une seule espèce *Lycopersicon esculantum* sous forme sauvage ceraciforme pourrait être directement à l'origine de nos variétés.

Elle fut introduite en Europe au XVIème siècle par les espagnols avant même la pomme de terre et le tabac. En Algérie, ce sont les cultivateurs du sud de l'Espagne (Tomateros) qui l'ont introduit étant donné les conditions climatiques qui lui sont propices. Sa consommation a commencé dans la région d'Oran en 1905 puis elle s'étendit vers le centre notamment au littoral algérois (Latigui, 1984).

### 1.1.2 Classification

La tomate, appartenant à la famille des solanacées, a été classée par Linné en 1753 comme *Solanum lycopersicon*. D'autres botanistes lui ont attribué différents noms : *Solanum lycopersicum*, *Solanum esculentum*, *Lycopersicon lycopersicum* ; c'est finalement *Lycopersicon esculentum* attribuée par Philip Miller en 1754 qui fut retenue (Munroe et Small, 1997).

D'après Kovel (1976 in Meski, 2005), la tomate *Lycopersicum esculentum* Mill. est une plante herbacée annuelle et autogame.

Gausсен et al. (1982) ont établi la classification suivante :

Règne.....	<i>Plantae</i>
Sous règne.....	<i>Trachenobionta</i>
Division .....	<i>Magnoliophyta</i>
Classe .....	<i>Magnoliopsida</i>
Sous classe .....	<i>Asteridae</i>
Ordre .....	<i>Solanale</i>
Famille .....	<i>Solanaceae</i>
Genre .....	<i>Solanum ou Lycopersicon</i>
Espèce .....	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.

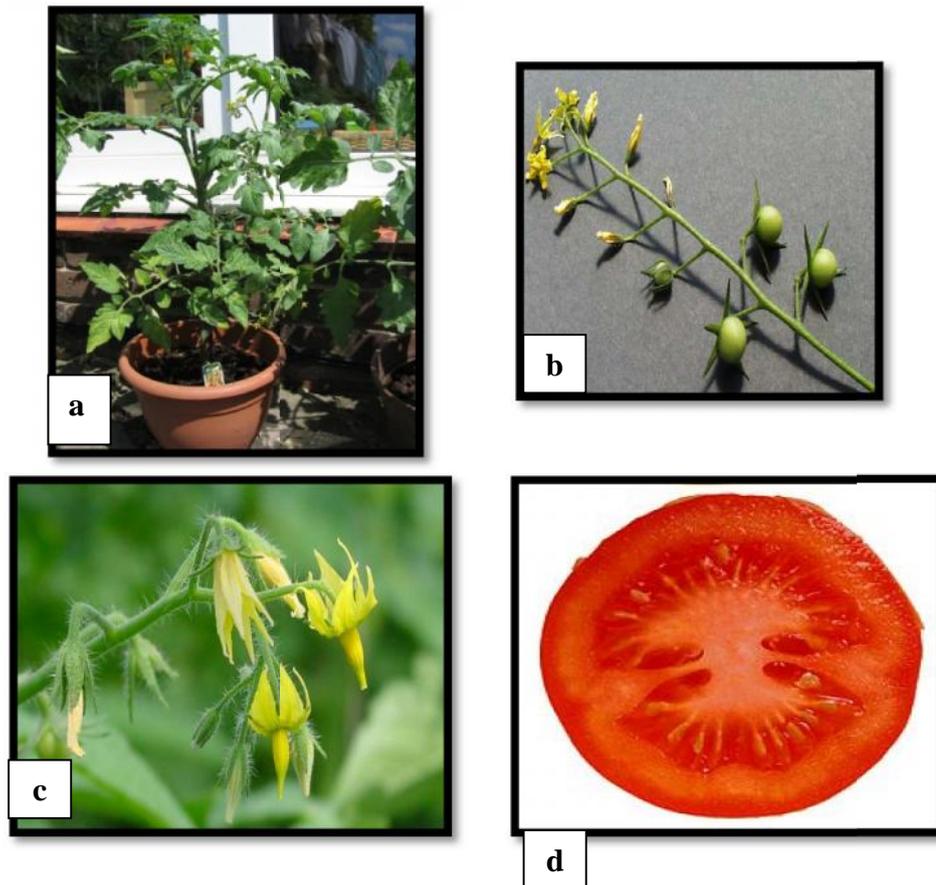
### 1.1.3 Botanique

Le port de la plante et la forme des fruits peuvent être très différents d'un cultivar à l'autre, de plus ils peuvent être très fortement influencés par les conditions de milieu et la conduite culturale. Le système racinaire est puissant, pouvant atteindre une profondeur de trois mètres dans les sols alluviaux profonds (Rick 1978).

Le plant est constitué par un axe principal issu de la graine ; cet axe présente une croissance monopodiale. Il est formé par une succession d'entre-nœuds séparés par des nœuds (Jebari et Bennani 1986). Le port est buissonnant (plus ou moins suivant qu'il s'agit d'un génotype à croissance déterminée ou indéterminée) mais peut être rendu linéaire par l'ébourgeonnage et le tuteurage. Les feuilles sont composées, alternes, odorantes et salissantes (figure.1a).

Les fleurs sont généralement pentamères à pétales soudés et hermaphrodites, leur structure rend difficile l'allogamie. Elles sont regroupées en inflorescences ou bouquets d'une dizaine d'unités (ce chiffre est très variable, les inflorescences de certains génotypes pouvant présenter jusqu'à 100 fleurs). Suivant le type de croissance, elles alternent très régulièrement avec le nombre de feuilles : chaque bouquet étant séparé par trois feuilles et la plante présentant un nombre infini d'inflorescences dans le cas de la croissance indéterminée (Jebari et Bennani 1986) ou plus irrégulièrement dans le cas de la croissance déterminée (figure.1b).

Les fruits sont des baies charnues à plusieurs loges. Chaque loge est remplie d'un gel dans lequel sont positionnées les graines qui sont attachées à un placenta positionné au centre du fruit (figure1.c).



**A:** plant de tomate, **b:** inflorescence, **c:** fleur de tomate, **d:** coupe transversale d'un fruit de tomate

**Figure.1 : Description morphologique de la tomate (Lefebvre, 2004)**

#### 1.1.4 Variétés

Les différentes variétés de tomates sont classées selon deux types : le type déterminé et le type indéterminé, en fonction de leur tige (Atherton et Rudich, 1986).

Chez les variétés à croissance déterminée, un bouquet terminal apparaît après deux à quatre inflorescences et plusieurs bourgeons axillaires se développent. La floraison est donc concentrée sur une période limitée suivie d'une période de croissance des fruits de 45 à 55 jours. Elle sépare l'épanouissement de la fleur de la récolte du fruit en fonction de la température (Albourn, 1995).

Les variétés à croissance indéterminée présentent une tige principale poussant avec régularité en formant un bouquet à fleurs toutes les 3 feuilles. Généralement, la production des fruits est prolongée, on peut l'arrêter par un pincement du bourgeon terminal en général au dessus du 4<sup>ème</sup> ou 5<sup>ème</sup> bouquet (Laumonier, 1979).

### **1.1.5 Biologie**

D'après Gallais et Bannerot (1992), le cycle végétatif varie selon les variétés, l'époque et les conditions de la culture, mais il s'étend généralement en moyenne de 3,5 à 4 mois du semis jusqu'à la récolte (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et de 7 à 9 semaines de la fleur au fruit). Le cycle comprend six phases :

#### **- La germination**

La germination est le stade de levée qui mène de la graine jusqu'à la jeune plantule capable de croître normalement (Corbineau et Core, 2006). La germination chez la tomate est épigée. A ce moment, une température ambiante d'environ 20 °C et une humidité relative de 70 à 80 % sont nécessaires (Chaux et Foury, 1994).

#### **- La croissance**

La croissance est l'augmentation de la dimension du végétal. Selon Laumonier (1979), la croissance du plant de tomate se déroule en deux phases et deux milieux différents :

En pépinière : de la levée jusqu'au stade six feuilles. On remarque l'apparition des racines fonctionnelles, les plants continuent leur croissance. La tige s'épaissit et augmente son nombre de feuilles.

#### **- La floraison**

C'est le développement des ébauches florales, par transformation du méristème apicale de l'état végétatif à l'état reproducteur. A un certain moment de la croissance de la plante qui dure environ un mois, la tomate entre en parallèle avec la mise en fleur. Ces fleurs étaient auparavant des boutons floraux. La floraison dépend de la photopériode, de la température et des besoins en éléments nutritifs de la plante, car celle-ci ne peut fleurir que si elle reçoit de la lumière pendant une durée qui lui est propre, en plus d'un apport équilibré sous serre.

#### **- La pollinisation**

La pollinisation nécessite l'intervention des agents extérieurs, le vent ou certains insectes comme le bourdon qui est capable de faire vibrer les anthères et libérer le pollen (Chaux et Foury, 1994). La libération et la fixation du pollen reste sous la dépendance des facteurs climatiques.

Si la température extérieure est inférieure à 13 °C, la plupart des grains de pollen seraient vides, et une faible humidité dessèche les stigmates, de cela résulte la difficulté du dépôt du pollen (Pesson et Louveaux, 1984).

#### - **La fructification et la nouaison des fleurs**

La nouaison est l'ensemble de gamétogénèse, pollinisation et croissance du tube pollinique, la fécondation des ovules et le développement des fruits « fructification ».

La température de nouaison est de 13°C à 15°C. Les nuits chaudes à 22°C sont défavorables à la nouaison (Rey et Costes, 1965). Le zéro de germination est de 12°C, l'optimum de croissance des racines est de 15°C à 18°C.

En phase du grossissement du fruit, l'optimum de la température ambiante est de 25°C le jour et 15°C la nuit (Chougar 2011).

#### - **La maturation du fruit**

La maturation du fruit se caractérise par le grossissement du fruit, changement de couleur, du vert au rouge. La lumière intense permet la synthèse active de matière organique qui est transformée rapidement vers le fruit en croissance, pour cela il faut une température de 18°C la nuit et 27°C le jour (Rey et Costes, 1956).

### **1.1.6 Ecologie**

La température optimale de croissance varie entre 13 et 25°C. La fructification chez la tomate s'effectue à des températures comprises entre 23 et 25°C (Skiredj, 2006), mais les températures trop élevées (entre 35 et 40°C) provoquent la coulure des fleurs et réduisent le taux de nouaison (Rabinowitch, 1993).

La lumière est un facteur écologique essentiel. Durant les 30 à 45 jours qui suivent le semis, les fortes intensités lumineuses favorisent le raccourcissement de l'axe et l'induction des 1<sup>ers</sup> bouquets surtout à des températures basses (Chibane, 1999; Chaux et Foury, 1994). Par contre, un manque de lumière peut inhiber cette induction. En cours de floraison, une forte intensité lumineuse régularise la croissance du style et favorise la pollinisation surtout dans le cas de température élevée du substrat (Chaux et Foury, 1994).

Zuang (1991) puis Chibane (1999), ont montré parfaitement que la tomate n'a pas d'exigences particulières en matière de sol, cependant, elle s'adapte bien dans les sols profonds, meubles, aérés et bien drainés, une texture sablonneuse ou sablo-limoneuse est préférable. Les besoins en pH peuvent être couverts par des apports de 25% des besoins globaux durant la phase végétative, 50% durant le pic de la cueillette et 25% durant la dernière phase de la culture. La tomate est très tolérante en pH (Skiredj, 2006). Le meilleur équilibre nutritionnel étant assuré entre 6.0 et 7.0 (Chaux et Foury, 1994).

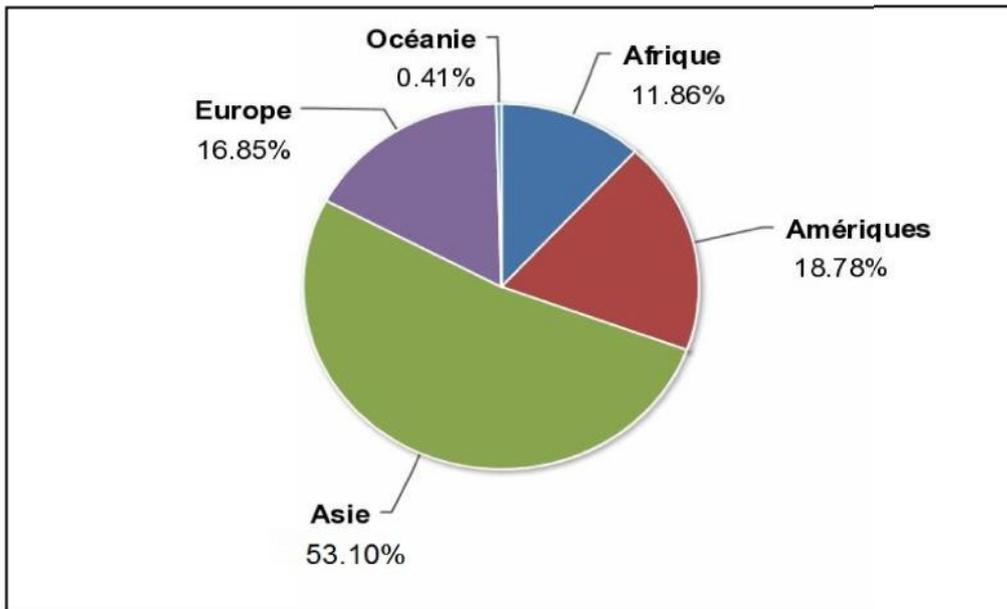
Par ailleurs, la tomate se classe parmi les espèces exigeantes en éléments fertilisants. Les doses d'engrais minéraux doivent être déterminées en fonction de la richesse du sol et du stade de développement (Chaux, 1972). Le démarrage de la croissance de la plante est meilleur lorsqu'elle trouve des matières nutritives dans la rhizosphère (Elattir, *Skiredj et Elfadl*, 2002). Les besoins en éléments fertilisants sont importants. Ils demandent à être ajustés en fonction de la technologie de production, de la nature du sol, de la stratégie d'irrigation et du rendement (Pyron, 2006).

## **1.1.7 Importance économique de la tomate**

### **1.1.7.1 Dans le monde**

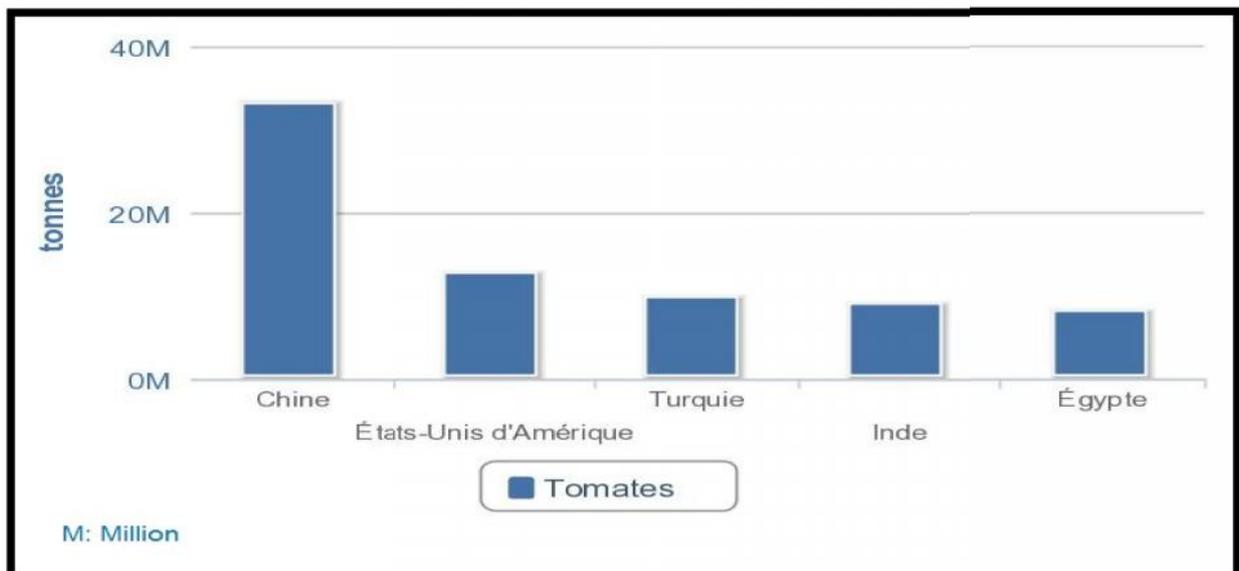
La tomate est cultivée dans de nombreux pays. Pour la consommation en frais, la production mondiale de tomates s'élevait en 2010 à 620,28 millions de tonnes pour une surface de 4,63 millions d'hectares, soit un rendement moyen de 27,3 tonnes à l'hectare (FAO Stat, 2012). Les échanges mondiaux de tomates en frais portent sur environ 3 à 3,5 millions de tonnes. La part des échanges est un peu plus importante pour l'ensemble des légumes, tout en restant inférieure de 5% de la production mondiale (figure.2).

L'Europe réalise plus de la moitié des commerces internationaux de tomate en frais dans le monde, avec un solde légèrement déficitaire (150 à 200 000 tonnes). Le continent américain représente la deuxième zone d'échanges après l'Europe (900 à 950 000 tonnes échanges par an). Enfin, le proche et le Moyen-Orient regroupent environ plus de 10% des échanges mondiaux. Les principaux pays fournisseurs sont la Turquie suivie de la Jordanie et la Syrie alors que les clients sont l'Arabie saoudite, les émirats arabes Unis, le Bahreïn et le Koweït (Abbad et Kelloua, 2007).



**Figure 2: Part de la production de tomate par région (2000- 2010) (FAO Stat, 2012)**

La chine est de loin le premier producteur mondial avec un peu plus du quart du total (33,2 millions de tonnes), production destinée essentiellement (environ 85 %) au marché intérieur pour la consommation en frais. Elle est suivie par quatre pays produisant plus de 5 millions de tonnes : les États-Unis, la Turquie, l'Inde et l'Égypte (FAO Stat, 2012) (figure.3).

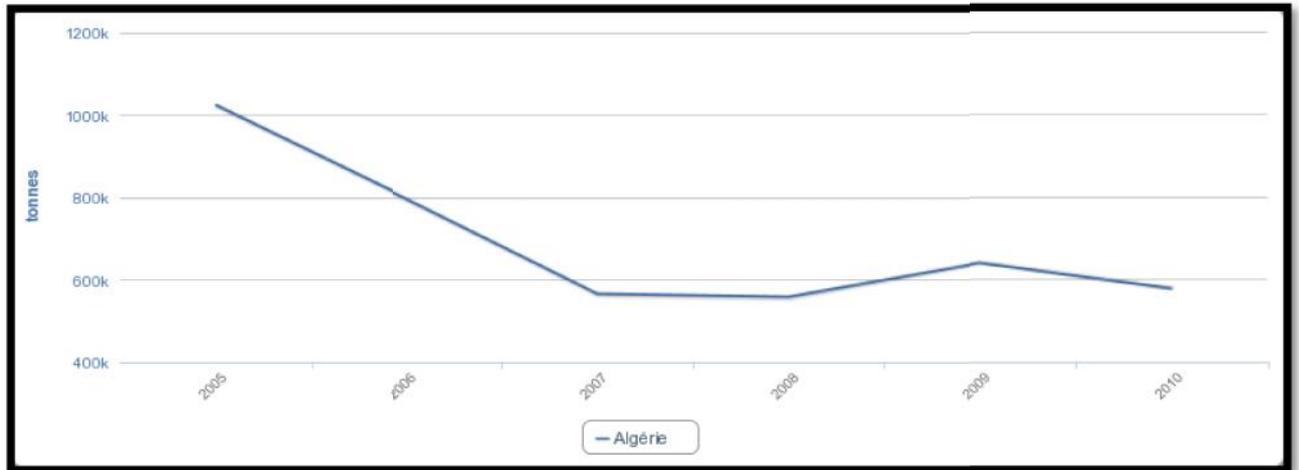


**Figure 3: Production du top 5 des producteurs (2000- 2010) (FAO Stat, 2012)**

### 1.1.7.2 En Algérie

La tomate a pu gagner une place importante dans l'économie du pays, c'est un légume de base pour la population algérienne et elle prend la deuxième place dans les cultures

maraichères après la pomme de terre. Elle est localisée essentiellement au niveau des zones littorales et sublittorales. (Abbad et Kelloua, 2007). Selon un rapport de la FAO, la production a, toutefois, connu une baisse notable depuis 2006, atteignant en 2010 578.700 tonnes (FAO Stat, 2012) (figure.4).



**Figure 4: Production de tomate en Algérie (2005- 2010) (FAO Stat, 2012)**

Pour autant, les chiffres du ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR) avancent une superficie de 20.575 hectares et une production de 7 716 055 Quintaux, soit un rendement de 375 qx/ha (MARD, 2011). Ces chiffres sont en nette hausse par rapport à ceux de 2010, qui a enregistré une production de 7 182 353 Qx repartis sur une superficie de 21 358 ha (MARD, 2011) (tableau.1).

**Tableau.1 : Production de tomates pour l'année 2011 (MADR, 2011)**

WILAYA	TOMATES		
	Superficie (ha)	Production (QX)	Rdt qx/ha
ADRAR	1 083	240 360	221,9
CHLEF	464	391 000	842,7
LAGHOUAT	180	36 000	200,0
O.E.BOUAGHI	687	209 069	304,3
BATNA	565	98 627	174,6
BEJAIA	210	45 515	216,7
BISKRA	1 362	1 507 793	1 107,0
BECHAR	355	55 280	155,7
BLIDA	141	93 637	664,1
BOUIRA	164	28 512	173,9
TAMANRASSET	78	14 731	188,9
TEBESSA	206	30 900	150,0
TLEMCEN	789	222 100	281,5
TIARET	350	143 500	410,0
TIZI-OUZOU	185	36 925	199,6
ALGER	1 225	568 188	463,8
DJELFA	202	25 970	128,6
JIJEL	386	170 648	442,1
SETIF	545	99 180	182,0
SAIDA	321	142 050	442,5
SKIKDA	636	298 500	469,3
S.B.ABBES	168	87 400	520,2
ANNABA	16	1 920	120,0
GUELMA	278	79 170	284,8
CONSTANTINE	29	4 280	147,6
MEDEA	406	74 370	183,2
MOSTAGANEM	2 298	662 643	288,4
M'SILA	515	116 000	225,2
MASCARA	515	130 650	253,7
OUARGLA	118	5 370	45,5
ORAN	242	50 137	207,2
EL-BAYADH	130	11 500	88,5
ILLIZI	20	2 105	105,3
B.B.ARRERIDJ	87	11 280	129,7
BOUMERDES	600	320 000	533,3
EL-TARF	3	3 000	1 000,0
TINDOUF	6	5 040	840,0
TISSEMSILT	55	4 744	86,3
EL-OUED	558	121 933	218,5
KHENCHELA	318	38 600	121,4
SOUK-AHRAS	630	100 800	160,0
TIPAZA	1 776	865 528	487,3

MILA	124	15 006	121,0
AIN-DEFLA	254	100 343	395,1
NAAMA	130	24 760	190,5
A.TEMOUCHENT	589	177 171	300,8
GHARDAIA	56	9 720	173,6
RELIZANE	520	234 100	450,2
<b>TOTAL ALGERIE</b>	<b>20 575</b>	<b>7 716 055</b>	<b>375</b>

### 1.8 Problèmes phytosanitaires

Malgré l'utilisation de variétés hybrides, résistantes aux nématodes et aux maladies vasculaires (fusariose et verticilliose), la tomate demeure sujette aux attaques d'autres maladies et ravageurs occasionnant parfois des dégâts très importants (Khaladi, 2011) ; les principaux symptômes et dégâts de certaines maladies sont récapitulés dans le tableau.2 et les ravageurs dans le tableau.3

**Tableau.2 : Quelques maladies de la tomate (Chibane, 1999)**

<b>Maladie</b>	<b>Symptômes et dégâts</b>
Alternariose	Apparition de taches arrondies noirâtres sur les feuilles montrant des cercles concentriques. Nécrose des sépales et les calices
Oïdium	Apparition de taches jaunes sur la face supérieure des feuilles et d'un duvet blanc sur la face inférieure qui se dessèchent et tombent.
Mildiou	Apparition de taches jaunâtres qui brunissent rapidement et d'un duvet blanc, grisâtre sur la face inférieure des feuilles.
Botrytis (ou pourriture grise)	Apparition de taches brunâtres accompagnées d'un duvet grisâtre sur feuille et tige et une pourriture molle grise sur fruit.
Chancre bactérien	Flétrissement unilatéral sur feuille, suivi d'un dessèchement total. Sur fruit, se forment des taches blanchâtres, dont le centre brunit et s'entoure d'un halo jaune clair.
Moucheture de la tomate	Apparition de taches noires de contour irrégulier sur feuillage entourées d'un halo jaune.

**Tableau.3 : dégâts provoqués par les principaux ravageurs de la tomate (Chaux et Foury, 1994)**

<b>Nature des dégâts</b>	<b>Ravageur responsable</b>
<b>Plante entière</b>	
Disparition des jeunes plantes, rongée au collet et / ou aux racines.	Courtilière, Noctuelles terricoles, Scutigérelle
<b>Sur racines et collet</b>	
Présence de nombreuses nodosités (galle), végétation souffreteuse.	Nématodes surtout <i>Meloidogyne incognita</i> (Kofoid et White, 1919)
Morsures plus ou moins accentuées au collet des plantes adultes, pouvant atteindre la base des tiges.	Noctuelles terricoles <i>Hydraecia micacea</i> (Esper., 1789) Surtout
<b>Sur feuilles</b>	
Feuilles largement dévorées, traces de bave	Limaces <i>Agriolimax agrestis</i> (Linnaeus, 1758) Surtout
Présence d'adultes de qq mm, à ailes en toit ; sur tiges, nbres piqures peu visible ; miellat possible.	Cicadelles- <i>Euscelis plebeius</i> (Fall.) et <i>Aphrodes bicinctus</i> Schrk.
Enroulement et crispation des jeunes folioles ; présence de pucerons sur les feuilles avec ou sans miellat.	Pucerons- par ordre d'apparition : <i>Myzus persicae</i> (Sultz.), <i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas), <i>Aulacorthum solani</i> (Kalt.), <i>Aphis gossypii</i> Glover.
Face inférieure des feuilles d'aspect bronzé, bruissant ensuite ; fruit murissant mal.	Acariose bronzée <i>Aculops lycopersici</i> (Masse) (= <i>Vasates lycopersici</i> )
Décoloration argentée du feuillage ; toile garnie de minuscules points rouges mobiles.	Tétranyque tisserand <i>Tetranychus urticae</i> Koch.
Décoloration argentée du feuillage ; sans toile.	Thrips - <i>Thrips tabaci</i> Lind.
Mines sinueuses dans le limbe, s'étendant très rapidement.	Mineuses -Espèce dominante : <i>Liriomyza trifolii</i> (Burgess)
Face inférieure du limbe très envahie par petits insectes triangulaires blancs (3mm) s'envolant très vite ;	Aleurodes des serres <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westw.) <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.)

qq mm : quelques millimètres

## 1.2 Aperçu sur la mineuse de la tomate

### 1.2.1 Introduction

La mineuse de la tomate ou *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) est un insecte prédateur inféodé à la tomate. La larve creuse de grandes galeries dans les feuilles, les tiges, au niveau des bourgeons apicaux et des fruits verts et mûrs, causant des pertes de rendement parfois jusqu'à 100% (Chougar, 2011). La larve peut s'alimenter sur toutes les parties de la plante de tomate (*Lycopersicon esculentum*), de l'aubergine (*Melogena de solanum*), de pepine (*Muricatum de solanum*) et les mauvaises herbes des solanacées (*Datura stramonium*, *Lylium chilense*, *Solanum nigrum*).

### 1.2.2 Taxonomie

En effet, sa position systématique a été établie par Meyrick en 1917 (Bourgogne, 1951 in Sefta, 1999) :

Embranchement .....	<i>Arthropoda.</i>
Sous embranchement .....	<i>Uniramia</i>
Classe .....	<i>Insecta</i>
Ordre .....	<i>Lepidoptera</i>
Famille .....	<i>Gelechiidae</i>
Sous famille .....	<i>Gelechiinae</i>
Genre .....	<i>Tuta</i>
Espèce .....	<i>T. absoluta</i>

Les synonymes de *Tuta absoluta* Meyrick, 1917 sont nombreuses, selon Chougar, 2011 ; on distingue :

-*Scrobipalpuoides absoluta* Povolny.

-*Scrobipalpa absoluta* Povolny.

-*Gnorimoschema absoluta* Clarke.

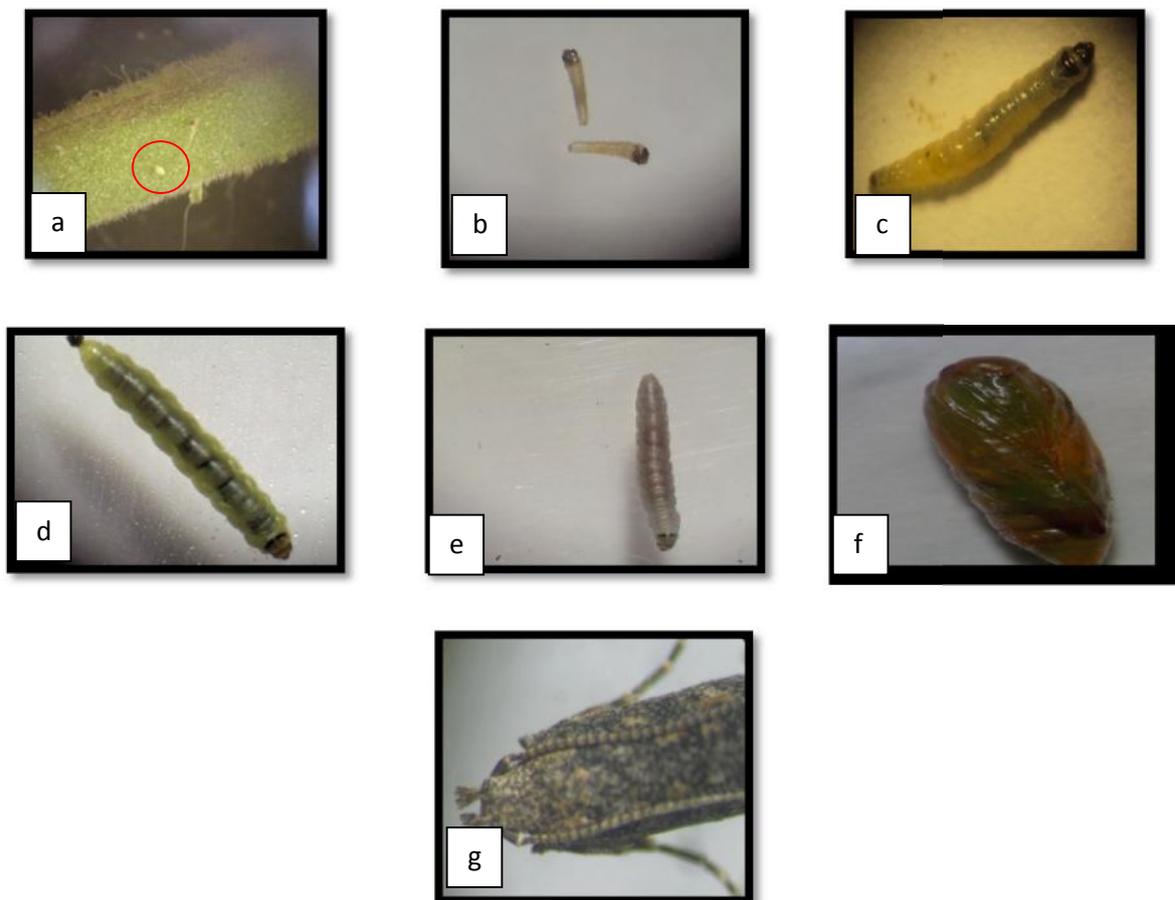
-*Phthorimaea absoluta* Meyrick.

### 1.2.3 Morphologie et cycle biologique

*Tuta absoluta* est un lépidoptère *Gelechiidae* de petite taille comprise entre 6 et 7 mm (Coelho et França, 1987) avec des antennes filiformes. Les ailes postérieures sont étroites et frangées (Ramel et Oudard, 2008). Les ailes antérieures présentent des taches noires, les femelles étant plus larges et plus volumineuses que les mâles, (Desneux et al., 2010). Les œufs cylindriques, de dimensions de 0,4 x 0,2

mm et jaunâtres sont déposés isolément, sous les feuilles surtout, ou sur les sépales et les fruits (Fischer, 2009). Le stade L3 mesure environ 4,5 mm et le dernier stade (L4) environ 7,5 mm, au maximum 8 mm (Ramel et Oudard, 2008). La chrysalide nouvellement formée est verte puis devient marron foncé (Marcano, 2008). La 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> étape larvaire est très mobile et peut également être trouvée en dehors des mines. Toutes les parties de la plante de tomate peuvent être attaquées, les mines et les galeries peuvent être remarquables (figure.5) (Torres et al., 2001).

La durée des différentes étapes de la vie de *Tuta absoluta* est de 6 jours pour les œufs, 20 jours pour les 4 étapes larvaires et de 10 jours pour les chrysalides (EPPO, 2009), de 7 à 8 jours (Fernandez et Montagne, 1990), 21 à 22 jours (Gonçalves et al., 1999). Pour les adultes. Le cycle biologique est accompli en 29-38 jours selon les conditions environnementales. Des études au Chili ont montré que le développement dure 76.3 jours à 14°C, 39.8 jours à 19.7 °C et 23.8 jours à 27.1 °C (Barrientos et al., 1998).



**a : Œuf de *Tuta absoluta*, b : L1, c : L2, d : L3, e : L4, f : Nymphe, g : Adulte**

**Figure.5 : Les différents stades biologiques de *Tuta absoluta* (G×4) (Bellatreche, 2012).**

### 1.2.4 Origine et distribution géographique

Selon Rousselle *et al*, 1996, *Tuta absoluta* est présente dans des zones tempérées de haute altitude d'Amérique du Sud. Elle a été signalée, d'après Urbaneja *et al.* (2007 in Berkani et Badaoui, 2008), en Argentine en 1964, puis s'est propagée vers d'autres pays de l'Amérique latine : Bolivie, Brésil, Chili, Colombie, Equateur, Paraguay, Uruguay et Venezuela.

D'après Amazouz (2008), elle a été déclarée au Japon en 1962.

En Espagne, elle a été signalée pour la première fois en 2006 dans la province de Castellion. En 2007, *Tuta absoluta* a été détecté dans plusieurs sites le long de la côte méditerranéenne dans la province de Valencia, au Maroc fin 2007, en Algérie en mars 2008, en Corse et dans le Var en octobre 2008, (EPPO, 2008).

En Algérie, il est difficile de donner avec précision les voies de son introduction, mais sa présence obéit au même itinéraire suivi par *A.floccocus* et *P.citrella*. En effet, lorsqu'un insecte est signalé pour la première fois en Espagne, il est automatiquement signalé en Algérie une année après. Il faut préciser que les côtes espagnoles ne sont pas éloignées des côtes algériennes. Les facteurs climatiques (vent), le trafic important des voyageurs et les échanges commerciaux très intenses entre les deux pays sont autant de voies de pénétration (Berkani et Badaoui, 2008).

- **Spécificité parasitaire**

Selon Guenaoui (2008), l'attention des chercheurs a été attirée par des maraîchers à la fin de l'hiver 2008 sur la présence de galeries inhabituelles sur des feuilles de tomate sous serre. Tout d'abord, les mines observées sur les feuilles ont été confondues avec des attaques de mouches mineuses qui sont considérées habituellement sans gravité. Mais l'observation des stades larvaires a montré qu'il s'agit plutôt de chenilles de lépidoptères que l'on peut confondre avec ceux de la teigne de pomme de terre *Phthorimaea operculella* Zeller, 1917.

Afin de préciser l'identité de cet insecte, des feuilles infestées par des larves âgées ont été récoltées et placées dans des boîtes pour suivre son développement ultérieur. Il a fallu attendre l'émergence des adultes pour pouvoir déterminer qu'il s'agissait donc de *Tuta absoluta* (*Lepidoptera* ; *Gelechiidae*) appelée communément mineuse de la tomate.

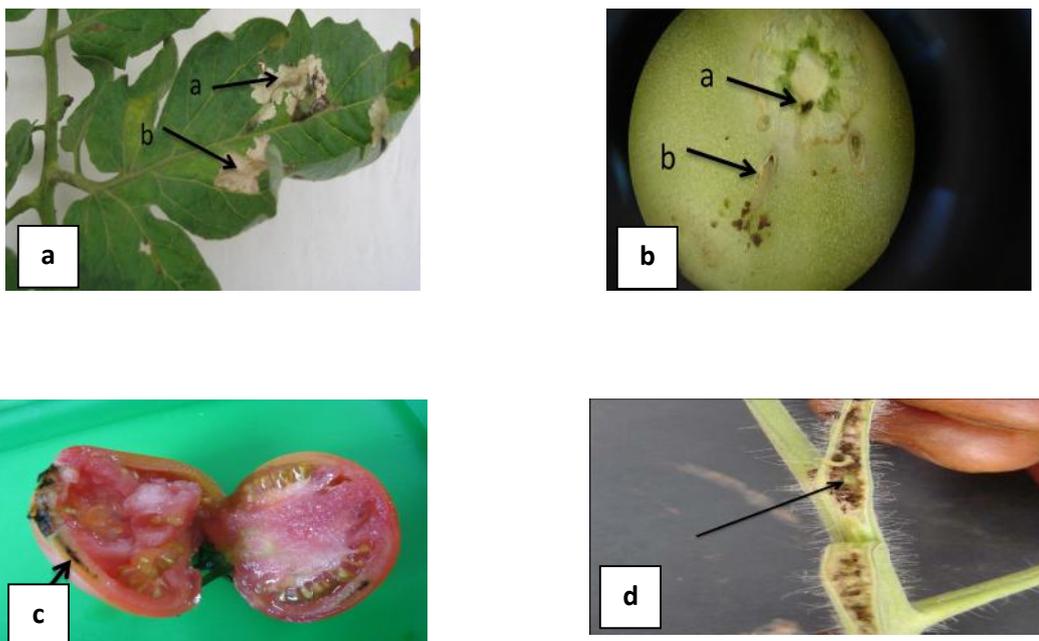
### 1.2.5 Symptomatologie

En Amérique du Sud, ce lépidoptère est considéré comme l'un des principaux ravageurs de la tomate. Ce papillon peut générer sur les tomates des pertes pouvant aller jusqu'à 80-100%. Les attaques se manifestent par l'apparition sur les feuilles de galeries blanchâtres renfermant chacune une

chenille et ses déjections (seul l'épiderme de la feuille subsiste et reste intact, le parenchyme (le mésophile) étant consommé par les larves (figure.6a) (Khaladi, 2011).

Les chenilles s'attaquent aux fruits verts comme aux fruits mûrs qui sont rapidement infectés par des pathogènes secondaires les rendant impropres à la consommation (figure.6b, c). Les tomates présentent des nécroses sur le calice ou des trous de sortie à leur surface (Khaladi, 2011).

La destruction de la chlorophylle a un impact direct sur la photosynthèse et par conséquent influe sur les rendements qualitativement et quantitativement. Contrairement à la mineuse des feuilles de Citrus dont les larves sont strictement endophytes, ceux de *Tuta absoluta* peuvent vivre à l'air libre, ce qui leur permet d'attaquer plusieurs fois une même feuille (provoquant plusieurs plages minées) mais également visiter plusieurs fruits, avec des dégâts considérables dans les cultures, détruisant parfois la totalité de la production. (Urbaneja et al., 2007).



**a** : Attaque sur feuille : (a) larve à l'intérieur de sa mine, (b) Mine vide

**b** : Attaque sur fruit vert : (a) Trou d'entrer, (b) L2

**c** : Coupe de la tomate attaquée par *Tuta absoluta* montrant l'étendue de la nécrose

**d** : Attaque sur tige

**Figure.6 : Symptômes d'infestation par *T.absoluta* sur tomate (Amazouz, 2008 et Khaladi, 2011)**

### 1.2.6 Les plantes hôtes

L'hôte principal de *T. absoluta* est la tomate, mais la pomme de terre est également signalée comme un hôte (CIP, 1996). Il peut attaquer aussi *Lycopersicon hirsutum* Dunal, *Solanum lyratum* Thunb. solanacées sauvages et diverses espèces telles que les *Solanum nigrum* L., *Solanum elaeagnifolium* Cav., *Solanum puberulum* Nutt. , *Datura stramonium* L., *Datura ferox* (Linnaeus) et *Nicotiana glauca* Graham. Dans les études de laboratoire et selon Galarza (1984), l'aubergine a été signalée comme un potentiel d'accueil (avec d'autres espèces de solanacées), mais il n'y a pas de références à son importance dans le domaine. En Argentine, cette espèce a été vue même sur le Tabac (Mallea *et al.*, 1972).

### 1.2.7 Méthodes de lutte (Khaladi, 2011)

Trois méthodes de lutte sont préconisées pour la lutte contre *T. absoluta*

#### 1.2.7.1 Mesures prophylactiques

Il faut suivre les mesures suivantes:

- éliminer les plants et les organes atteints et les brûler ;
- éliminer les plants suspects et les brûler ;
- désherber l'intérieur et les alentours des serres, les parcelles de plein champ pour supprimer les plantes refuges ;
- planter des plants sains ;
- sous serre, désinfecter les sols entre 2 plantations pour supprimer les pupes ;
- protéger les ouvertures des serres avec des filets insect-proof qui empêche l'entrée des insectes. Il est important d'aménager un système de double porte pour que les serres soient bien isolées.

#### 1.2.7.2 Méthodes biologiques

Les méthodes biologiques concernent:

- les piégeages massifs à l'aide de pièges sexuels. Il faut 30- 40 pièges/ha.
- les lâchers d'auxiliaires de lutte. **Divers insectes sont utilisables:**

- **En Amérique du Sud:**

- Parasitoïdes des œufs : *Trichogramma pretosium* RILEY, 1879 (*Hymenoptera: Trichogrammatidae*), *Trichogramma* sp. (*Hymenoptera: Trichogrammatidae*),
- Parasitoïdes des larves : *Pseudoapanteles dignus* Muesebeck (*Hymenoptera: Braconidae*), *Dineulophus phthorimaeae* (De Santis), 1985 (*Hymenoptera: Eulophidae*),...
- Parasitoïdes des chrysalides : *Cornua* sp Fisher, 1962 (*Cornulitida, Cornulitidae*).
- Prédateurs : *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (*Heteroptera: Pentatomidae*).

- **En Espagne:**

-Prédateurs : *Nesidiocoris tenuis* Wagner ,1957 (punaise *Miridae* qui est un prédateur d'œufs et de larves)

### **1.2.7.3 Traitements phytosanitaires**

En France les matières actives utilisables pour lutter contre ce ravageur sont:

- Abamectine
- Cyromazine
- Pipéronyl butoxyde 120 G/L+ pyréthrinés 24 G/L

Siqueira *et al*, (2000) a noté que la résistance à certains insecticides a été rapportée dans plusieurs pays, par exemple pour les produits suivants: abamectine, cartap perméthrine au Brésil

Afin d'éviter l'apparition rapide d'une résistance de cet insecte aux produits insecticides, il convient de respecter pour chaque produit, le nombre d'applications autorisées par an, doses prescrites et d'alterner les matières actives d'un traitement à l'autre.

## 1.3 Utilisation de *Trichoderma* spp. dans la lutte biologique

### 1.3.1 Aperçu sur les *Trichoderma*

Le terme *Trichoderma* a été introduit dans la mycologie en 1794 par Person. Il distingue des champignons microscopiques considérés durant 200 ans comme « Gastéromycètes ». Ces organismes cosmopolites appartiennent à un grand ensemble de champignons sans reproduction sexuée (Mohamed-Benkada, 2006). Selon Kullning-Gradinger et al. (2002) in Legrand et al. (2005), il s'agit d'un genre de *fungi imperfecti* regroupant des espèces qui sont les anamorphes d'ascomycètes de la famille des *Hypocreaceae* (*Hypocrea* et genres voisins). En 1902, Oudemans et Koning (in Allain, 1979 in Legrand et al., 2005) identifièrent des *Trichoderma* de la microflore des sols.

Pendant les trente années suivantes, des relevés effectués à travers le monde montrent qu'il s'agit d'un des genres les plus communément répandus à la fois dans le sol et le bois mort en décomposition. En effet, les *Trichoderma* sont des hôtes habituels du sol où leur abondance dépend entre autre du taux de matière organique. Ils pénètrent aussi, grâce à leur activité cellulolytique, à l'intérieur du bois mort. Rayner (1977) a montré que le groupe *Trichoderma* spp. est le groupe de champignons basidiomycètes le plus fréquemment isolé de souche de chêne et de hêtre âgées de 30 à 50 ans (Legrand et al., 2005).

Quelques unes de ces quelques 35 espèces établies à ce jour sont d'intérêt économique, pour leur production d'enzymes cellulolytiques et utilisées comme agent de lutte biologique en raison de leur antagonisme vis-à-vis d'autres espèces fongiques (antibioses, mycoparasitisme, compétition, lyse, promotion de la plante hôte...) (Mohamed- Benkada, 2006). Effectivement, dès 1897, Vuillemin (Allain, 1979 in Legrand et al., 2005) avait signalé l'antagonisme des *Trichoderma* vis-à-vis de divers autres champignons. Certaines espèces du genre voisin *Gliocladium* (en particulier *Gliocladium virens*) montraient des propriétés analogues ; *Gliocladium virens* est actuellement intégré dans les *Trichoderma* sous le nom de *Trichoderma virens*.

Les premières manifestations d'antagonisme des *Trichoderma* vis-à-vis d'autres champignons observées par les mycologues relèvent du parasitisme. Weindling (1932) a montré qu'une espèce appelée à l'époque *Trichoderma lignorum* se comportait en parasite vis-à-vis de deux Basidiomycètes phytopathogènes : *Rhizoctonia solani* et *Sclerotium rolfsii* ; peut après il démontrait également des effets d'antibiose dans les mêmes associations (Weindling, 1934). Quant à l'antagonisme par compétition, on peut penser qu'il intervient également si l'on considère la vitesse de croissance élevée de nombreuses espèces de

*Trichoderma* et l'efficacité de leurs complexes enzymatiques cellulolytiques (utilisés dans l'industrie) (Legrand et *al.*, 2005).

### 1.3.2 Taxonomie

Rifai (1969) a proposé comme base de la classification 9 « agrégats » regroupant chacun des espèces très voisines ; Grams et Bissett (1998) ont répartie les espèces en sections. Les récentes analyses multigènes de Kullning- Gradinger et *al.*, (2002) distinguent quatre clades, dont l'un (clade B) regroupe le plus grand nombre d'espèces. Jusqu'à vers 1970, les travaux phytopathologiques consacrés au *Trichoderma* faisaient état d'une espèce « *Trichoderma lignorum* (Tode) Harz » ou « *Trichoderma viride* Pers. : Gray ». A la lumière des travaux taxonomiques récents, il semble que les souches intéressantes par leurs propriétés antagonistes appartiennent surtout à l'espèce *T. harzianum* et secondairement à *T. hamatum*, *T. koningii*, *T. virens*, *T. polysporum* et *T. viride*. Les travaux de laboratoire des trois dernières décennies s'efforcent de préciser l'identité taxonomique des isolats utilisés.

Djafer (2011) explique que les *Trichoderma* se présentent sous deux formes :

- La forme parfaite dont le genre est *Hypocrea* appartenant à la classe des *Ascomycètes*, l'ordre des *Sphaériales* et la famille des *Hypocréacées* (Bellahcene, 1990 ; Besnard, 1992 in Djafer 2011).
- La forme imparfaite représentée par le genre *Trichoderma*, appartenant à la classe des *Adelomycètes*, l'ordre des *Hyphales* (*Moniliales*) et la famille des *Mucédinacées* (*Moniliacées*) (Bellahcene, 1990 in Djafer 2011)

En revanche, la biologie moléculaire nous a révélé que des espèces de *Trichoderma* génétiquement différentes, présentent des similitudes morphologiques spectaculaires. Ce qui confirme que les critères morphologiques, seuls, ne suffisent plus pour une classification incontestable et rigoureuse des formes anamorphes de *Trichoderma* spp. (Cournut, 1984 ; Sugiyama, 1987). D'où leur position taxonomique actuelle. Elle se présente comme suit et se distingue en cinq sections (figure.6) (Bissett, 2004)

Embranchement .....*Amastigomicota et/ou Eumycètes*  
Sous embranchement.....*Ascomycotina*  
Classe.....*Sordariomycètes*  
Ordre.....*Hypocreales*  
Famille.....*Hypocraceae*  
Genre .....*Trichoderma*

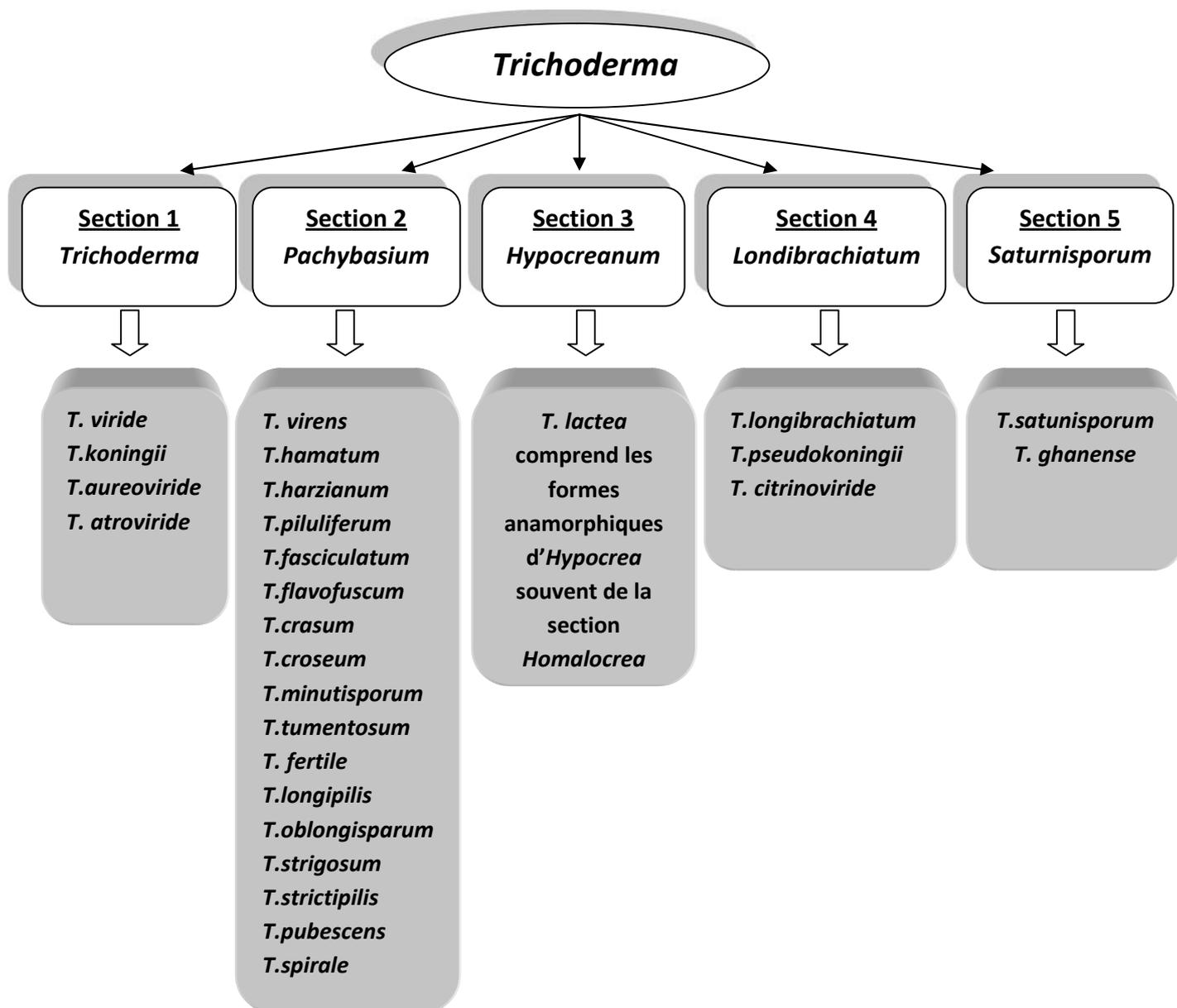


Figure.7 : Sections systématiques de *Trichoderma spp.* et quelques agrégées de Rifai (1969)  
(Bissett, 1991)

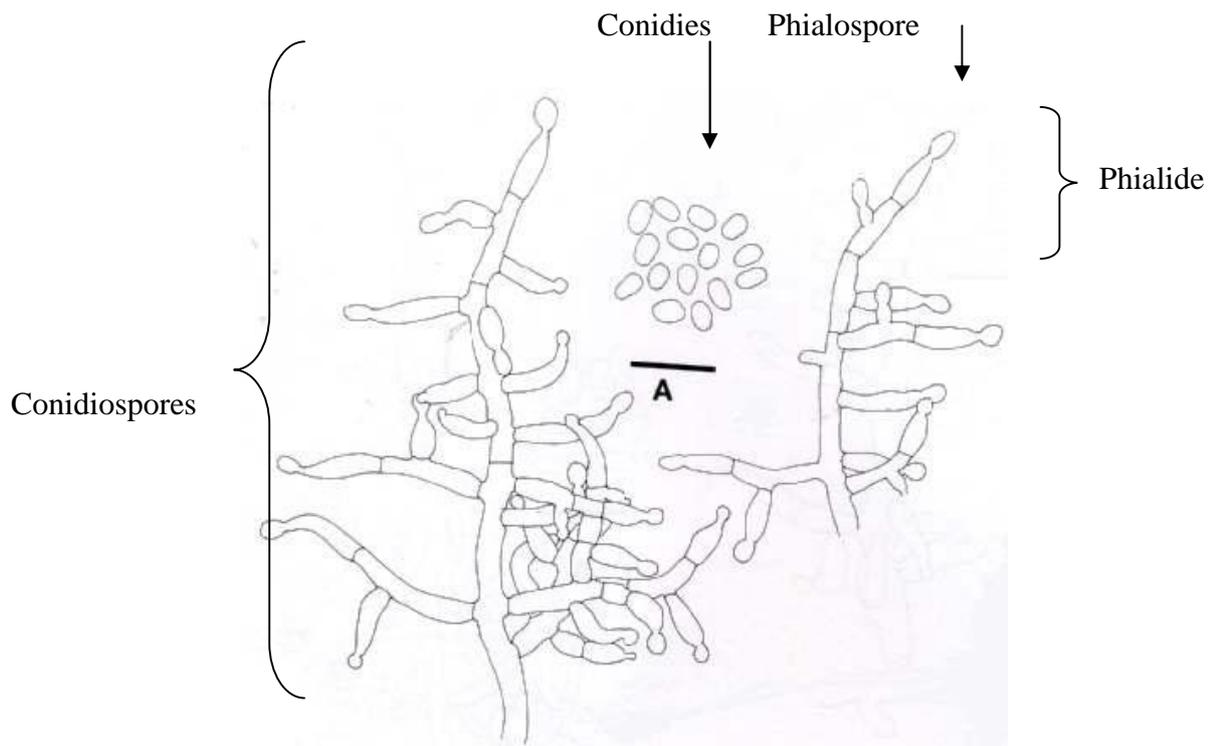
### 1.3.3 Morphologie

L'aspect macroscopique des *Trichoderma* est apprécié à partir de culture sur géloses nutritives appropriés, réparties en boîtes de Pétri. Les colonies fongiques peuvent être légèrement floconneuses ou bien compactées en touffes. Entre ces deux extrêmes existent des aspects intermédiaires. Les colonies sont colorées en fonction des phialides.

Cinq jours après sa germination, la conidie donne naissance à un mycélium d'abord blanc et stérile en forme de cercle. Deux jours plus tard, une couleur verte est visible sur la

partie aérienne du mycélium, correspondant à la conidiogénèse. D'autres cercles concentriques réguliers se forment par la suite, et entre le 16<sup>ème</sup> et le 20<sup>ème</sup> jour, un feutrage épais se superpose à la culture.

Au microscope optique, on peut observer un mycélium composé d'hyphes jaunes, septés, ramifiés à parois lisses. Les conidiophores ont une forme conique ou pyramidale. Très ramifiés, ils portent des phialides en forme de flasques ou de quilles. A leur tour, ces phialides portent des spores (phialidospores ou bien conidies) (Mohamed-Benkada, 2006) (figure.7).



**Figure.8 : Aspect morphologique d'un conidiophore de *Trichoderma longibrachiatum* (Samuels et al., 1994).**

### 1.3.4 Ecologie

Grâce à sa grande capacité d'adaptation aux différentes conditions climatiques, le genre *Trichoderma* est très répandu dans la nature, aussi bien en milieu terrestre que marin (Roquebert, 1996 ; Esposito et Silva, 1998). En effet, les *Trichoderma* sont remarquables pour leur capacité à utiliser différents substrats et sont, par conséquent, l'élément majeur dans la microflore terrestre et marine (Roquebert, 1996 ; Esposito et Silva, 1998).

Dans la mer, les *Trichoderma* sont des marins facultatifs. D'après l'étude de Shaumann (1993) sur la microfonge marine des profondeurs de la Mer du Nord et de l'Atlantique Nord, les *Trichoderma* ont été identifiées à tous les niveaux. Ils ont été également

isolés à partir d'algues marines : *Rhodophyta sp.* et *Phaeophyta sp.* Prélevés dans la côte Atlantique et Méditerranéenne ibérique, ainsi qu'à partir des moules au Canada (Mohamed-Benkada, 2005).

Selon Domsch et *al.* (1980) in Djafer (2001), les *Trichoderma* peuvent se développer à des températures allant de 15 à 35 °c. Cependant, la température optimale de croissance est variable selon les espèces. Elle est de 28 °C à 30°C pour *T. harzianum*, 22°C à 25°C pour *T. viride* (Danielson et Davey, 1973 in Djafer, 2011).

Par ailleurs, Dommergues et Mangenot (1970 in Djafer, 2011) ont classé les *Trichoderma* parmi les microorganismes indifférents, se développant sur une large gamme de pH, comme *T. viride* qui se développe bien entre les pH 2 et 8. Selon Bellahcene (1990), les sols acides favorisent leur développement.

Cependant, des antagonismes fongiques semblent mal résister à la dessiccation. Dans le sol, les populations décroissent rapidement lorsque la teneur en eau descend au-dessous de 10 à 20 % de la capacité de rétention (Davet, 1983).

D'autre part, Albouvette et *al.* (1983) ont affirmé que leur développement varie selon les quantités de carbone et d'azote offertes par le milieu ; l'apport de matière organique dans les sols permet donc, aux *Trichoderma* et autres agents antagonistes d'y exprimer leurs capacités antagonistes.

### **1.3.5 Utilisation de *Trichoderma***

Les *Trichoderma* sont des champignons bénéfiques qui colonisent naturellement les sols. S'ils arrivent à coloniser les racines des plants avant les mauvais champignons, ils protègent et donnent même un surplus de vigueur aux plantes. Mis dès la plantation, ils peuvent jouer un rôle prédominant dans la santé des plants, comme un baume d'échinacée contre les rhumes et les gripes en renforçant le système immunitaire (Liette, 2002) ; aussi, ils présentent non seulement un potentiel dans les cultures en serres, mais un avantage incontestable dans la protection des maladies racinaires (*Pythium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*; *Phytophthora*, ...) et des parties aériennes (*Botrytis cinerea*).

Par ailleurs, la capacité des *Trichoderma* à contrôler des agents phytopathologiques du sol est connue depuis la fin des années 1920 (Mohamed- Benkara, 2006). Ils ont été utilisés comme agents de lutte biologique contre un large spectre de phytopathogènes. Leur antagonisme se manifeste généralement soit par une compétition, un mycoparasitisme ou par une antibiose. Ces mécanismes peuvent intervenir seuls, en association ou séquentiellement

(Lepoivre, 2003). Les travaux de Baker (1988) et de Lynch et *al.* (1991) ont montré que certaines souches de *Trichoderma* semblaient exercer une action stimulatrice sur la croissance de certaines plantes. Dans ce cadre, Lynch et *al.* (1991) ont étudié l'effet de *Trichoderma* sur la croissance de la laitue et son aptitude à lutter contre *Rhizoctonia solani* Kühn. et *Phytium ultimum* Trow. Ils ont démontré l'effet de certaines souches de *Trichoderma* sur la croissance de la laitue et la germination des graines en l'absence de tout agent pathogène.

Cependant, ce n'est qu'à partir de 1990 que ce champignon a été commercialisé sous forme de biopesticides, ce qui indique la somme considérable de connaissance qu'il faut acquérir avant de permettre l'utilisation pratique d'une telle méthode de lutte. Les principales espèces utilisées en lutte biologique sont *T. harziaunum* et *T. viride* (Mohamed- Benkara, 2006).

Selon Djafer (2011), en Algérie, une étude récente sur le biocontrôle du mildiou de la pomme de terre a confirmé l'effet biofongicide des isolats algériens de *Trichoderma* sp.

### **1.3.6 Mécanismes d'action des *Trichoderma***

*Trichoderma* possède une batterie de mécanismes d'attaque potentiellement utilisables mais qui demeurent toutefois complexes. Il peut employer un ou plusieurs modes d'action en même temps pour maîtriser un agent pathogène. Le déploiement des modes d'action varie également selon les partenaires en présence et les conditions physico-chimiques du milieu (températures, humidité, etc....). *Trichoderma* est efficace lorsqu'on lui permet de s'installer avant l'arrivée des champignons pathogènes. Son action est donc préventive. Il permet, au niveau des racines, de créer un manchon protecteur autour de celles-ci et ainsi contrer l'entrée des agents pathogènes à l'intérieur des racines pulvérisation aérienne. Une fois installé, *Trichoderma* peut avoir un effet stimulant pour la plante en absence de champignons pathogènes (Caron, 2002).

*Trichoderma* a la capacité d'attaquer les agents pathogènes via différents modes d'action. Il peut utiliser :

- **L'antibiose** qui résulte de la production de substances qui agissent comme des « antibiotiques » et qui inhibent la croissance de l'agent pathogène;
- **La compétition** qui se manifeste par l'aptitude de *Trichoderma* à utiliser les mêmes ressources du milieu (aires d'alimentation, sites de développement) que les champignons pathogènes mais *Trichoderma* emploie ce mode d'action surtout pour occuper les lieux avant l'arrivée des indésirables;

- **Le parasitisme** qui se manifeste par la destruction de l'agent pathogène lorsque *Trichoderma* s'enroule autour de celui-ci soit en l'étranglant, en pénétrant à l'intérieur et/ou en lui « injectant » des substances (enzymes) qui le détruisent.

# **Chapitre II : Matériels et Méthodes**

## 2.1 Matériels et méthodes

### 2.1.1 Introduction

Notre expérimentation s'est déroulée à la station régionale de l'Institut national de la protection des végétaux (INPV) de Boufarik (wilaya de Blida). Elle a été réalisée au champ. Elle consiste à la mise en culture des variétés de tomates en pots soumises à différents traitements à base de suspensions conidiennes des isolats de *Trichoderma* spp.

L'étude que nous avons menée à pour objectif, l'évaluation de l'effet biostimulant des isolats algériens de *Trichoderma* spp. sur la croissance et le rendement de la culture de tomate ainsi que leur effet éliciteur sur *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917), la mineuse de la tomate.

Ce travail nécessite l'utilisation d'un matériel végétal, d'un matériel fongique et des adultes de *Tuta absoluta* et le suivi d'une méthodologie comportant plusieurs étapes essentielles :

- Evaluation de l'effet biostimulant
- Evaluation de l'effet éliciteur
- L'analyse statistique

### 2.1.2 Matériel biologique

#### 2.1.2.1 Matériel végétal

Le matériel végétal de départ nous a été fourni par l'Institut technique des cultures maraichères et industrielles (ITCMI) de Staouali sous forme de semences de trois variétés homologuées et certifiées de tomate à savoir : Saint-Pierre, Marmande et Aïcha, dont les caractéristiques ont été rapportées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau.4 : Caractéristiques des variétés de tomates utilisées**

Caractéristiques	Variétés		
	Marmande (MAR)	Saint-Pierre (SP)	Aïcha (AI)
Croissance	Semi-déterminée	Indéterminée	déterminée
Maturité	Très précoce	Demi-précoce	précoce
Rendement	Très élevé	Très élevé	assez élevé
Description du fruit	Taille moyenne Rond, aplati, côtelé	Rond et lisse	globe, légèrement aplati et charnu
Couleur	Rouge intense	Rouge	Rouge intense
Calibrage	Moyen	Gros	légèrement gros

### 2.1.2.2 Matériel fongique

Notre travail repose sur l'utilisation de deux souches de la collection de *Trichoderma* spp. 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) (les données relatives sur les isolats de *Trichoderma* sont rapportées sur le tableau.5 et les travaux de mémoires de fin d'étude de Labdi (2008), Hamlaoui (2009), Saadoune (2011) et Djafer (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 28°C pendant 2 semaines (Labdi, 2008; Saadoune, 2011).

**Tableau.5: Données relatives aux isolats antagonistes du genre *Trichoderma***

Lieu du prélèvement (commune- wilaya)	Substrat	Date du prélèvement	Code de l'isolat
Fouka – Tipaza	Masse d'œufs des méloïdogynes  Tomates	2009	TR4
Collo – Skikda	Masse d'œufs des méloïdogynes  Courgettes	2009	TR3

### 2.1.2.3 Insecte ravageur

L'infestation par le lépidoptère, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917), a été faite de manière naturelle, vu que l'expérimentation s'est déroulée en plein champ au niveau de la station régionale de l'Institut national de la protection des végétaux (INPV).

## 2.1.3 Etude de l'effet biostimulant des deux souches de *Trichoderma*

### 2.1.3.1 Mode de traitements et installation de la culture

Les deux souches du *Trichoderma*, TR3 et TR4, ont été cultivées sur milieu PDA et incubées à 28 °C pendant 5 j à l'obscurité et 5 j à lumière afin de favoriser leur sporulation. Des suspensions conidiennes ont été préparées en raclant la surface de ces cultures immergées avec de l'eau distillée stérile. Les filtrats ont été obtenus en passant les suspensions à travers quatre couches de gaze stériles. Les taux de sporulation ont été déterminés pour chaque filtrat d'isolat concentré, à l'aide de la cellule

de Malassez sous microscope optique. Ainsi, les concentrations ont été ajustées par de l'eau distillée stérile à  $10^9$  spores/ ml-1 (Caron et *al.*,2002).

Deux modes de traitements ont été retenus pour notre étude :

1. Traitement par incorporation dans le sol des suspensions conidiennes de *Trichoderma* spp. où chaque pot a reçu 250 ml de chaque suspension. L'ensemble des pots traités sont laissés au repos pendant deux semaines (Caron et *al.*,2002). Les graines des trois variétés de tomate ont été, ensuite, plantés à raison de deux graines par pot, dont le substrat est constitué par un mélange de 2/3 de sol non exploité et 1/3 de tourbe (Campobello et *al.*, 2002), à une profondeur de 5 à 6 cm.

2. Mycorhisation des plantules de tomate débarrassées de leur substrat de germination dans les suspensions conidiennes pendant une heure, lors de leur transplantation, deux semaines après la levée. Les plants témoins ont subi un trempage des racines dans l'eau stérile au lieu de la suspension conidienne. Les plantules ont, par la suite, été transplantées à raison d'un plant par pot, dans un substrat constitué d'un mélange de 2/3 de sol non exploité et 1/3 de tourbe (Campobello et *al.*, 2002), à une profondeur de 5 à 6 cm.

Tous les pots ont ensuite été placés en plein champ, dans le cas d'une éventuelle infestation naturelle par *Tuta absoluta*. Rappelons qu'à proximité des pots de tomates, une serre d'expérimentation de l'INPV est consacrée à la culture de tomate en pot infestée par le Lépidoptère. Notre expérimentation a duré trois mois et demi. Elle a débuté en serre le 13/05/2012, puis les pots ont été transférés au champ, le 29/05/2012. Le protocole expérimental a été conçu en bloc aléatoire complet en plein champ. Le dispositif expérimental est représenté par 90 pots répartis en six blocs, avec cinq répétitions pour chaque souche et un plant par pot (planche.1). L'arrosage était effectué tous les jours à l'aide d'eau du robinet. Cette fréquence d'arrosage est suffisante pour une culture de tomate en pots parce que le drainage est faible.

M1								
P4	P5	P3	P5	P4	P4	P1	P1	P3
P5	P2	P2	P1	P5	P1	P2	P3	P1
P2	P1	P5	P3	P3	P3	P4	P4	P5
P3	P4	P1	P4	P1	P2	P3	P5	P2
P1	P3	P4	P2	P2	P5	P5	P2	P5
MAR	SP	AI	MAR	SP	AI	MAR	SP	AI
TR4			TR3			Témoins		
M2								
P5	P1	P3	P5	P2	P4	P4	P3	P5
P3	P5	P1	P2	P1	P2	P2	P1	P1
P2	P2	P4	P1	P5	P1	P5	P2	P4
P4	P3	P3	P3	P4	P5	P1	P4	P3
P1	P4	P2	P4	P3	P3	P3	P5	P2
MAR	SP	AI	MAR	SP	AI	MAR	SP	AI
TR4			TR3			Témoins		

**Signification :**

- P: pot
- MAR: Marmande, SP: Saint-Pierre, AI: Aichai : variétés.
- TR3, TR4 (Isolats de *Trichoderma* sp.), témoins : traitements.
- M1 : Traitement par incorporation dans le sol des suspensions conidiennes
- M2 : Mycorhisation des plantules de tomate dans les suspensions conidiennes lors de leur transplantation

**Planche.1 : Dispositif expérimental de l'effet biostimulant et éliciteur de *Trichoderma vis-à-vis* de *T.absoluta***

### **2.1.3.2 Lecture des résultats**

Evaluation de l'effet biostimulant des deux souches de *Trichoderma* sp. a porté sur la détermination des paramètres suivants :

#### **2.1.3.2.1 La croissance végétative**

À la fin des essais, les pots ont été ramenés au laboratoire et les pousses ont été coupées au niveau du collet. La hauteur des pousses a été mesurée du collet au bourgeon apical. Le nombre de feuilles, de fleurs et de fruits par plant a été aussi compté.

Les racines ont été séparées du sol par un léger mouvement et lavées sous un courant d'eau afin d'éliminer les particules de sol adhérentes. Les racines des plants ont été utilisées pour la mise en évidence de la colonisation par le *Trichoderma*.

La biomasse végétative fraîche a été mesurée à l'aide d'une balance de précision le même jour alors que le poids secs des pousses a été déterminé après séchage à 43 °C pendant 4 j (McGovern et *al.* 1992).

#### **2.1.3.2.2 Colonisation des racines *Trichoderma* sp. et maintien dans le substrat**

Afin de confirmer l'effet biostimulants de *Trichoderma* sp., le travail a été complété par une étude de la colonisation des racines des plants de tomates traités par les deux souches TR3 et TR4 ainsi que leur survie dans le sol.

- Pour mettre en évidence la colonisation des souches du *Trichoderma* dans le système racinaire des plants de tomate, les racines des plants pour chaque souche ont été lavées, désinfectées superficiellement à l'eau de Javel 2° pendant 2 min, rincées abondamment à l'eau distillée stérile, séchées, découpées en petits morceaux et cultivé sur un milieu PDA.
- Le maintien de la population du *Trichoderma* dans le substrat de culture a été, par ailleurs, mené sur des échantillons du sol de la rhizosphère à raison de deux répétitions pour chaque échantillon.

Pour déterminer le maintien de *Trichoderma* dans le substrat de culture, nous avons utilisé la technique des suspensions-dilutions. Cette méthode, décrite par Davet et Rouxel (1997), consiste à prendre 50 g du sol tamisé et homogénéisé pour les transférer dans 500 ml d'eau distillée stérile contenue dans un Erlenmeyer. Le mélange est ensuite mis en agitation à raison de 125 tours/min pendant 30 minutes pour obtenir une bonne dilacération des particules. Une série de dilution a été réalisée à partir de la solution mère dont la concentration est de  $10^{-1}$  (Rapilly, 1968).

Pour obtenir une solution à  $10^{-2}$ , 1 ml de la solution mère est transféré dans 9 ml d'eau distillée stérile. En effet, une série de dilution allant de  $10^{-2}$  à  $10^{-3}$  est réalisée dans des tubes d'hémolyse pour chaque échantillon du sol.

Ainsi, 1 ml de chaque suspension est versé séparément dans deux boîtes de Pétri stérile dans lesquelles sera coulé en surfusion le milieu de culture PDA, préalablement autoclavé pendant 20 min à  $120^{\circ}\text{C}$ . Ainsi, deux répétitions ont été prises en considération pour chaque dilution et ceci pour chaque échantillon. L'incubation est faite à l'obscurité dans une étuve réglée, à  $28^{\circ}\text{C}$  pendant 7 jours.

#### **2.1.4 Etude de l'effet éliciteur de *Trichoderma* sur *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)**

L'étude de l'effet éliciteur de *Trichoderma* est basée sur l'évaluation des symptômes de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) sur les trois variétés (Marmande, St-Pierre et Aïcha) de tomate témoins et traitées. Dans ce sens et en considérant le même protocole expérimental représenté dans la figure.1, nous avons suivi l'évolution de l'infestation en déterminant les paramètres suivants :

- Le taux de ponte d'œufs sur les feuilles, en considérant cinq feuilles comme échantillons représentatifs pour les plants traités et les témoins. Le comptage est effectué à la fin de chaque stade végétatif.

- Le taux de feuilles infestées par *T.absoluta* des feuilles, en considérant dix feuilles comme échantillon représentatif pour les plants traités et les témoins. Le suivi de l'infestation est effectué chaque semaine.

##### **2.1.4.1 Mode d'application des traitements**

Un type de traitements a été effectué :

Le mode de traitement curatif par pulvérisation des suspensions conidiennes, d'une concentration de l'ordre  $10^9$  spores/ml-1, des différents isolats antagonistes sur la partie aérienne des plants cultivés en pots. La pulvérisation est apportée d'une façon à couvrir toutes les parties vertes en raison d'une fois par jour. Ce mode de traitement dure jusqu'au stade début floraison.

##### **2.1.4.2 Evaluation de l'effet éliciteur des isolats de *Trichoderma* spp. sur le taux d'infestation de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)**

L'évaluation de l'effet éliciteur des isolats de *Trichoderma* sp. vis-à-vis de *Tuta absoluta* a porté sur la détermination des paramètres suivants:

**2.1.4.2.1 Période d'apparition des symptômes** : correspondant au temps nécessaire pour l'apparition de l'infestation induite par le lépidoptère sur le tissu foliaire (Hammi, 2003).

**2.1.4.2.2 Réduction de l'infestation** : ou pourcentage de réduction de l'infestation (% RI), exprimé par le produit de l'incidence de l'infestation par l'échelle attribuée au nombre de feuilles et de fruits infestée, selon la formule proposée par (Berber *et al.*, 2009 in Zanoun 2011) :

$$\text{RI (\%)} = \frac{\text{CIP} - \text{CIPA}}{\text{CIP}} \times 100$$

-RI : réduction de l'infestation

- CIP: coefficient d'infestation des plantes par l'insecte (nombre de feuilles infestée du témoin).

- CIPE: Coefficient d'infestation par le lépidoptère des plants traités par les deux souches de *Trichoderma* sp. (nombre de feuilles infectée traitée).

## 2.1.5 Analyse statistique

Afin de vérifier une éventuelle efficacité des traitements à base de *Trichoderma* vis-à-vis de *Tuta absoluta* et comparer les différents modes d'application de traitements utilisés tout en considérant les variétés testées, l'insecte étudié, des analyses statistiques ont été effectuées au moyen du logiciel SYSTAT vers.7, en déterminant la variance à l'aide du GLM (General Linear Model), les différences ont été considérées comme significatives pour un P < 0,05 (Philippeau, 1989).

# **Chapitre III : Résultats et Discussion**

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1 Résultats

##### 3.1.1 Etude de l'effet biostimulant de *Trichoderma* spp. sur la croissance de la tomate

###### 3.1.1.1 Effet des deux souches

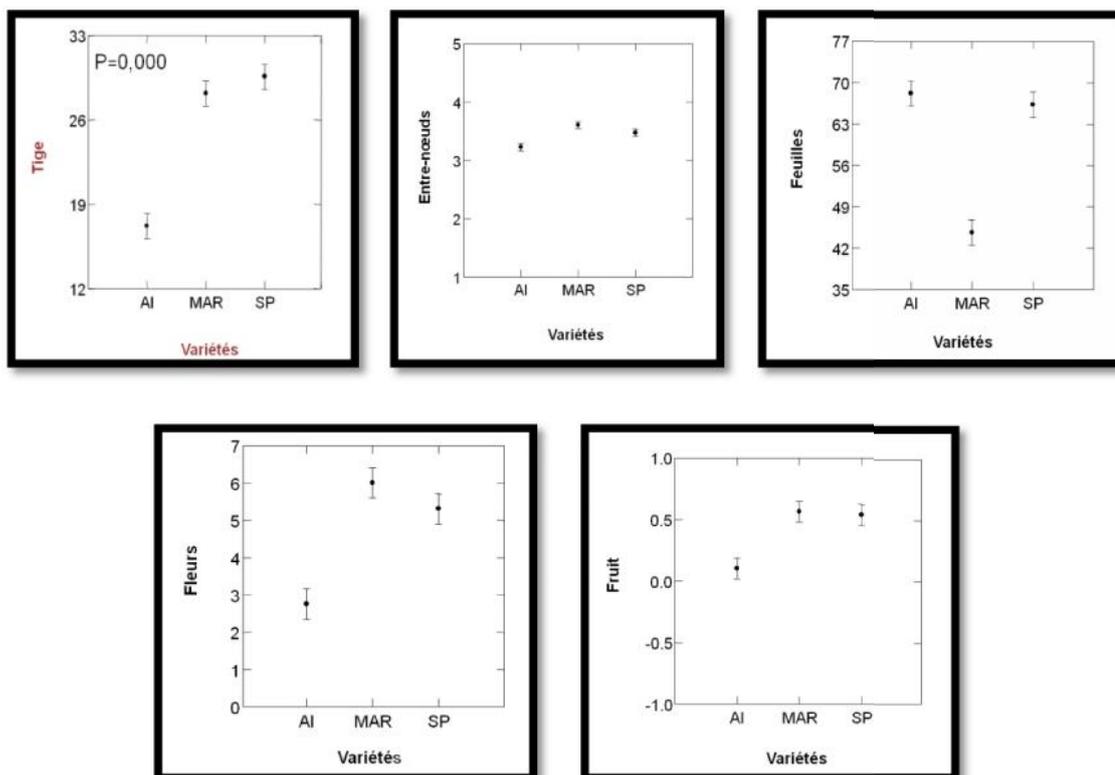
Une différence hautement significative de la croissance a été relevée entre les plants traités par les deux souches de *Trichoderma* sp. et les témoins, et ce pour les trois variétés étudiées. TR3 et TR4 ont stimulé la croissance des plants traités. Selon l'analyse de la variance, la souche TR4 a, toutefois, donné un meilleur résultat en ce qui concerne les variétés Marmande (MAR) et Saint Pierre (SP). Par contre pour la variété Aïcha (AI), elle a révélé que la souche TR3 a induit une meilleure croissance. Les témoins ont enregistré une croissance relativement lente par rapport aux plants traités (tableau.6). Par ailleurs, pour l'ensemble des blocs expérimentaux, le début de la floraison chez les échantillons traités par les souches TR3 et TR4 a été précoce par rapport aux témoins. En conséquence, pour les variétés Marmande et Aïcha, les plants traités avec la souche TR3 ont été plus précoces que ceux traités par la souche TR4 et les témoins. Pour ce qui est de la variété St-Pierre, la souche TR4 a enregistré l'apparition des premières fleurs.

Par ailleurs, il est à noter que les graines semées dans un sol ayant déjà été mycorhizé par les deux souches de *Trichoderma*, n'ont pas germé.

**Tableau.6 : Analyse de la variance des paramètres de croissance des plants de tomate**

<b>Facteurs</b>	<b>S.C.E</b>	<b>ddl</b>	<b>Carrés moyens</b>	<b>Fréquence F</b>	<b>P</b>
<b>Tige</b>	3600,143	2	1800,071	42,680	0,000
<b>Entre-nœuds</b>	2,817	2	1,409	8,791	0,000
<b>Feuilles</b>	13387,533	2	6693,767	36,454	0,000
<b>Fleurs</b>	227,845	2	113,923	17,761	0,000
<b>Fruits</b>	5,248	2	2,624	9,337	0,000

Les mêmes résultats ont été observés en modèle GLM. En effet, l'élongation des tiges a été plus prononcée chez la variété Saint-Pierre (87cm) par rapport aux deux autres variétés, respectivement, 65cm pour Marmande et 47 cm pour Aïcha. Pour la distance entre les entre-nœuds, on peut constater (figure.9) que la variété Marmande a enregistré la distance la plus grande avec 5,02 cm. Le nombre de feuilles, de fleurs et de fruits des plants traités a aussi été plus importants chez les plants traités par les souches TR3 et TR4, avec, pour autant, une prédominance, de la variété Saint-Pierre.



**Figure.9 : Analyse de la variance en modèle GLM des paramètres de croissance des plants de tomate selon les variétés.**

#### A/ sur la variété Marmande

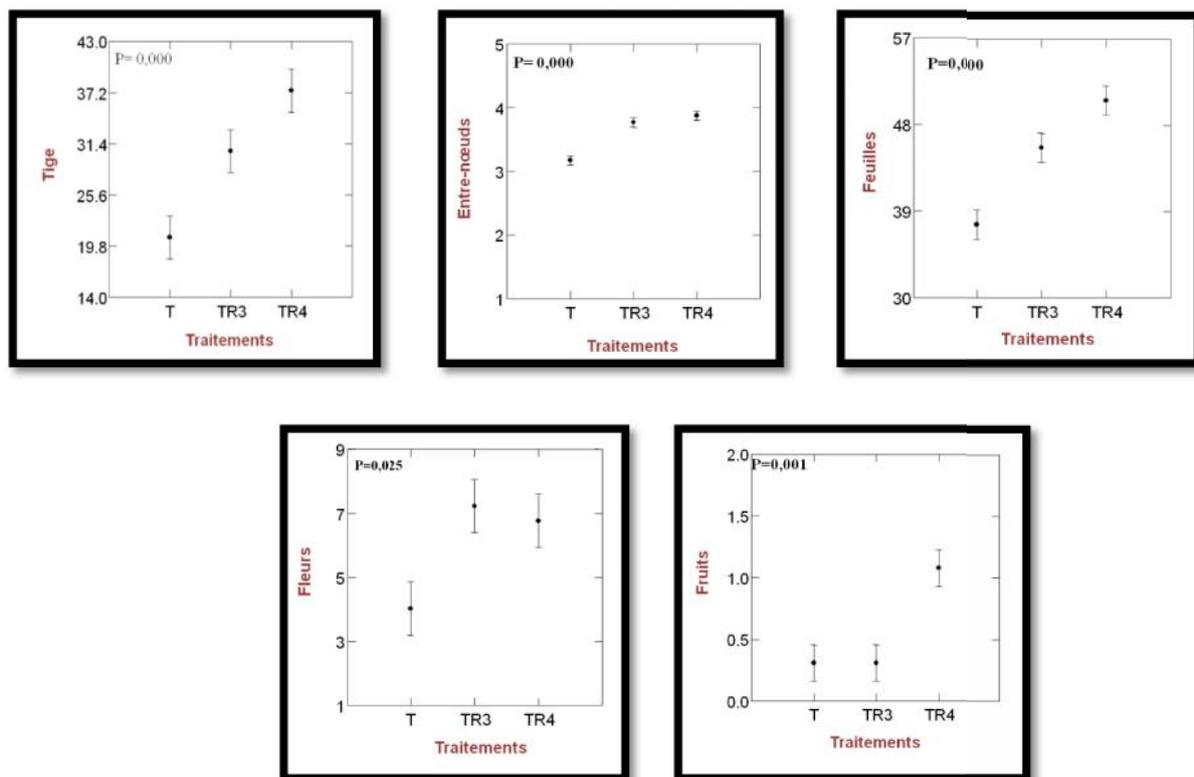
L'analyse de la variance des paramètres de croissance des plants de la variété Marmande (MAR) a révélé une différence hautement significative pour les différents traitements par rapport aux témoins (tableau.7).

**Tableau.7 : Analyse de la variance des paramètres de croissance des plants de la variété Marmande (MAR) selon les traitements**

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Fréquence F	P
<b>Tige</b>	332,235	2	2166,118	9,051	0,001
<b>Entre-nœuds</b>	3,738	2	1,869	27,926	0,000
<b>Feuilles</b>	1110,909	2	555,454	18,258	0,000
<b>Fleurs</b>	77,902	2	38,952	4,336	0,025
<b>Fruits</b>	5,128	2	2,564	8,955	0,001

Aussi, en modèle GLM les traitements à base de *Trichoderma* sp. sur la variété Marmande ont montré une stimulation de la croissance en longueur des tiges. Effectivement, elle a été de 65 cm pour TR4 et de 60 cm pour TR3, alors qu'elle n'a été que de 41,2 cm pour le témoin. Le nombre de feuilles

a aussi été considérablement au dessus de celui des témoins. Ainsi, à la fin du cycle végétation, il a été d'une moyenne de 60,69 pour TR4 et d'une moyenne de 72,16 pour TR3. Pour ce qui est des témoins de la variété Marmande, le nombre de feuilles a été d'une moyenne de 59,2%. Le nombre de fleurs pour les plants traités par la souche TR4 a été supérieur (22) par rapport aux plants traités par la souche TR3 et des témoins, qui eux ont enregistré un nombre de 13 fleurs. La distance entre deux entre-nœuds et le nombre de fruit n'échappent pas à ce schéma. Ainsi, les plants traités avec TR3 et TR4 ont été plus performants que les témoins. Ce qui entend que les deux isolats de *Trichoderma* sp. ont stimulé la croissance de la variété testée, avec une prédominance des plants traités par la souche TR4 (figure.10)



**Figure.10 : Analyse de la variance en mode GLM de la croissance des plants de la variété Marmande (MAR) selon les traitements.**

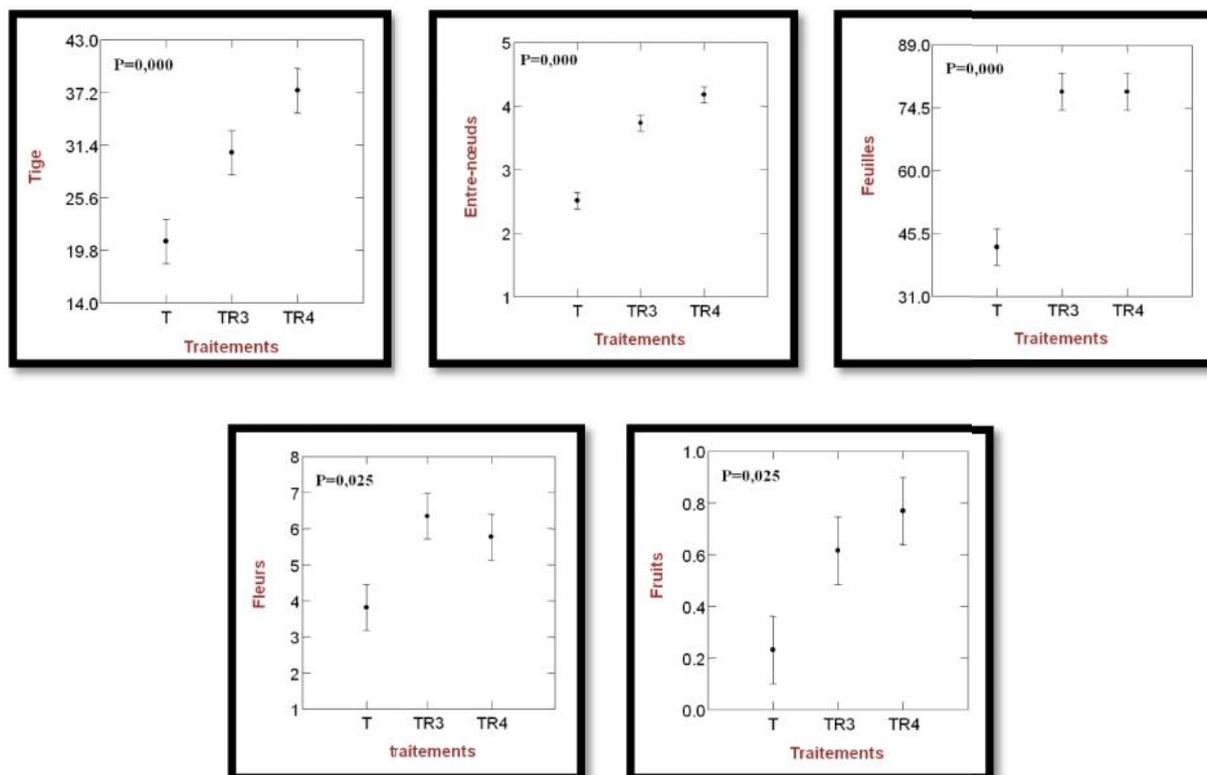
### **B/ Sur la variété Saint-Pierre**

L'analyse de la variance de la croissance (élongation de la tige, distance entre les entre-nœuds, nombre de feuilles, de fleurs et de fruits) des plants a montré une différence hautement significative. Ainsi, on peut estimer que les deux souches de *Trichoderma* sp. ont stimulé la croissance des plants (tableau.8).

**Tableau.8 : Analyse de la variance des paramètres de croissance des plants de la variété Saint-Pierre (SP) selon les traitements.**

<b>Facteurs</b>	<b>S.C.E</b>	<b>ddl</b>	<b>Carrés moyens</b>	<b>Fréquence F</b>	<b>P</b>
<b>Tige</b>	1817,523	2	908,766	11,776	0,000
<b>Entre-nœuds</b>	19,300	2	9,650	44,873	0,000
<b>Feuilles</b>	11152,461	2	5576,231	24,148	0,000
<b>Fleurs</b>	45,792	2	22,896	4,329	0,025
<b>Fruits</b>	2,000	2	1,000	4,500	0,025

En modèle GLM, la croissance a aussi été plus importante pour les plants de tomate traités par rapport aux témoins, et ce durant toute la période d'expérimentation. L'élongation de la tige a été de l'ordre de 87 cm pour TR4 et de 51,84 pour TR3. Pour celle du témoin (T), elle a été de l'ordre de 36,7 cm. On peut faire le même constat pour ce qui est du nombre de feuilles, de fleurs et de fruits. Dans ce sens, le nombre de feuilles de TR4 et TR3 ont été, respectivement, de l'ordre de 134,5 cm et de 152,2cm. Par contre pour le témoin, le nombre de feuilles est d'une moyenne de 76,76. Le nombre de fleurs pour TR4 a été, lui aussi, plus élevé que celui de TR3, avec une moyenne de 18,5 contre 16,8. Alors que pour les témoins, il est d'une moyenne de 12 fleurs. La distance entre les entre-nœuds et le nombre de fruits ont aussi été importants pour les plants traités par rapport aux témoins.



**Figure. 11 : Analyse de la variance en mode GLM des paramètres de croissance des plants de la variété Saint-Pierre selon les traitements.**

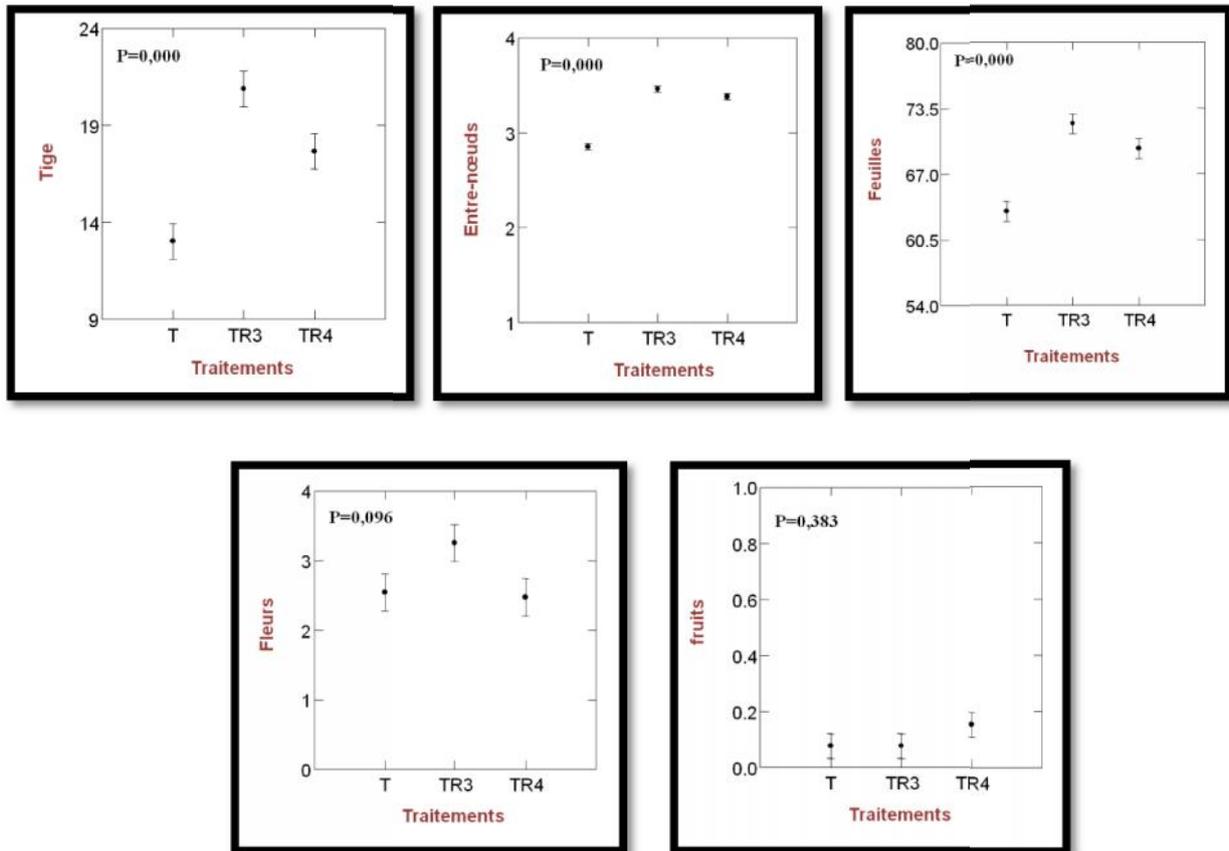
### C/ Sur la variété Aïcha

Pour la troisième variété, en l'occurrence Aïcha, l'analyse de la variance a révélé une différence significative entre la croissance des plants. Les plants traités avec la souche TR3 ont donné une meilleure croissance par rapport à ceux traités avec la souche TR4 et les témoins, et ce pour l'ensemble des paramètres étudiés (tableau.9).

**Tableau. 9: Analyse de la variance de la croissance des tiges par plant de la variété Aïcha (AI) selon les traitements**

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Fréquence F	P
<b>Tige</b>	406,084	2	203,042	18,826	0,000
<b>Entre-nœuds</b>	2,851	2	1,426	102,003	0,000
<b>Feuilles</b>	517,593	2	258,796	20,601	0,000
<b>Fleurs</b>	4,841	2	2,420	2,592	0,096
<b>Fruits</b>	0,052	2	0,026	1,000	0,383

En modèle GLM, les mêmes observations ont été relevées, avec, toutefois, une importance pour les plants traités par la souche TR3. Dans ce sens, l'élongation des tiges chez les plants AI TR3 (47 cm) a été plus importante que celle des plants traités par TR4 (45 cm) et des témoins (29 cm). La distance entre deux entre-nœuds, le nombre de feuilles et de fleurs ont également été plus importants pour le traitement à base de TR3 que pour celui de TR4 et des témoins. Pour ce qui est du nombre de fruits, le traitement à base de TR4 a donné le meilleur rendement (figure.12).



**Figure. 12 : Analyse de la variance en modèle GLM des paramètres de croissance de la variété Aicha (AI) selon les traitements.**

### 3.1.1.2 Evolution temporelle (semaines) de la croissance des plants

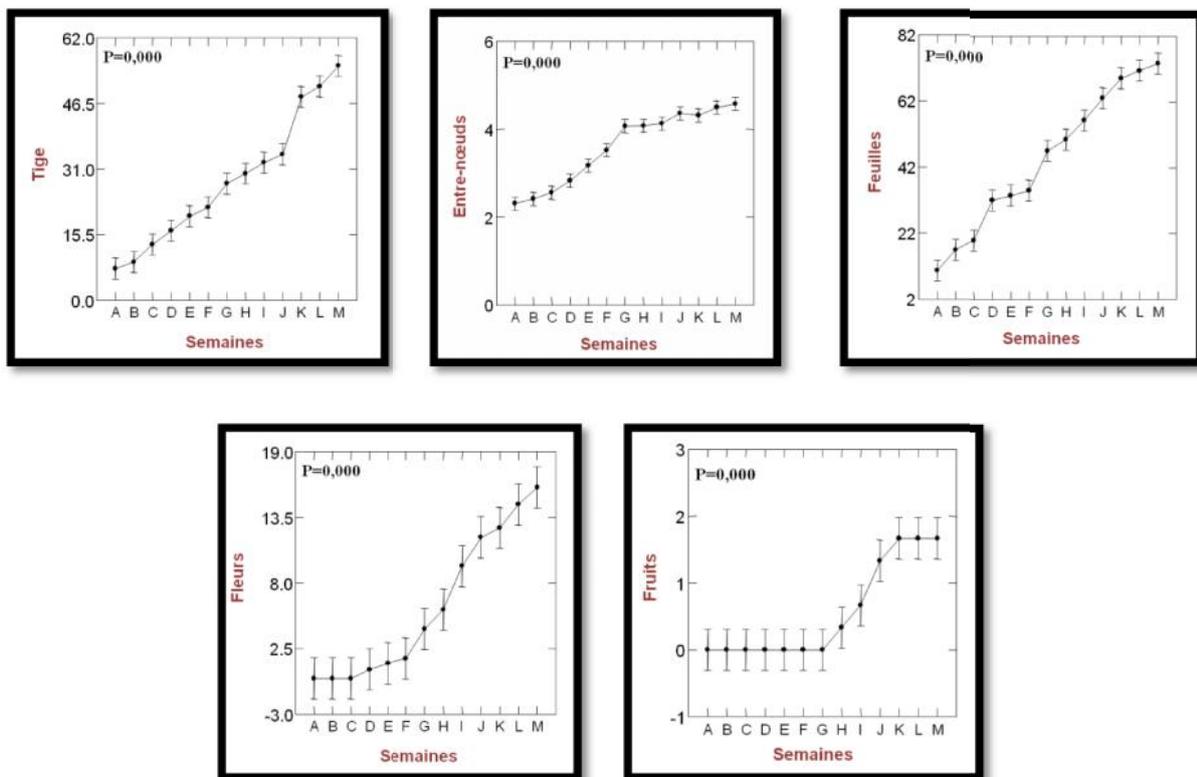
#### A/ De la variété Marmande

L'analyse de la variance des paramètres de croissance des plants déterminés ont montré des différences hautement significatives. Les deux souches de *Trichoderma* sp. ont stimulé l'élongation des tiges, la distance entre les entre-nœuds, le nombre de feuilles, de fleurs ainsi que des fruits ont augmenté au fil des semaines (tableau.10)

**Tableau.10 : Analyse de la variance de la croissance des plants de la variété Marmande (MAR) en fonction du temps (semaines)**

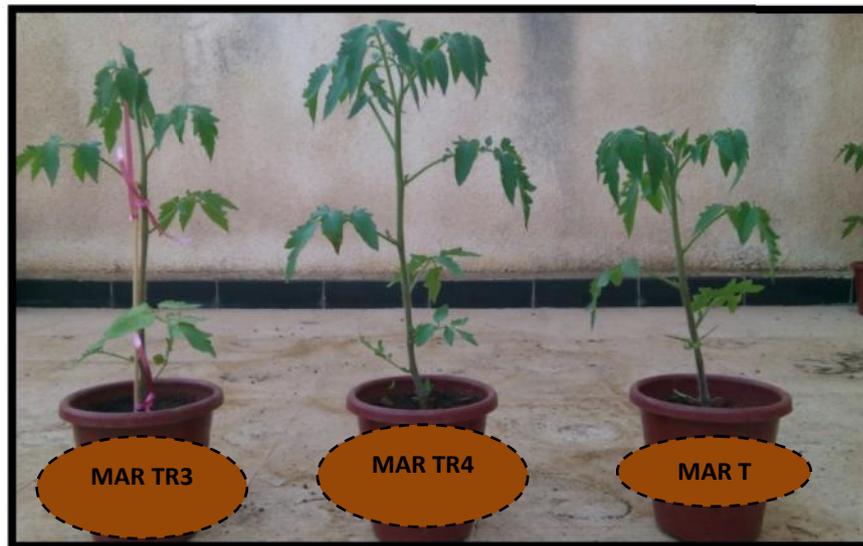
Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Fréquence F	P
Tige	8890,153	12	740,846	40,366	0,000
Entre-nœuds	25,552	12	2,129	31,814	0,000
Feuilles	16797,791	12	1399,816	46,014	0,000
Fleurs	1330,210	12	110,851	12,338	0,000
Fruits	19590	12	1,632	5,701	0,000

En modèle GLM, les plants traités ont enregistré une évolution de la croissance plus importante que celle des témoins. Dans ce sens, l'élongation de la tige varie entre 7,5 cm et 41,2 cm pour les témoins, alors qu'elle a été entre 7,5 cm et 60 cm et 7,5 cm et 65 cm, respectivement, pour TR3 et TR4. Le nombre des feuilles, de fleurs et de fruits suit le même schéma d'évolution (Figure.13).



**Figure.13 : Analyse de la variance en modèle GLM de la croissance des plants de la variété Marmande en fonction du temps (semaines)**

Par ailleurs, le début de chaque stade végétatif pour l'ensemble des plants de la variété Marmande diffère d'un échantillon à l'autre. En conséquence, les plants traités par la souche TR4 ont été plus précoces que ceux traités avec TR3. Les témoins arrivent en troisième position (figure.14).



**Figure.14 : Plants de la variété Marmande traités et témoins âgés de 8 semaines**

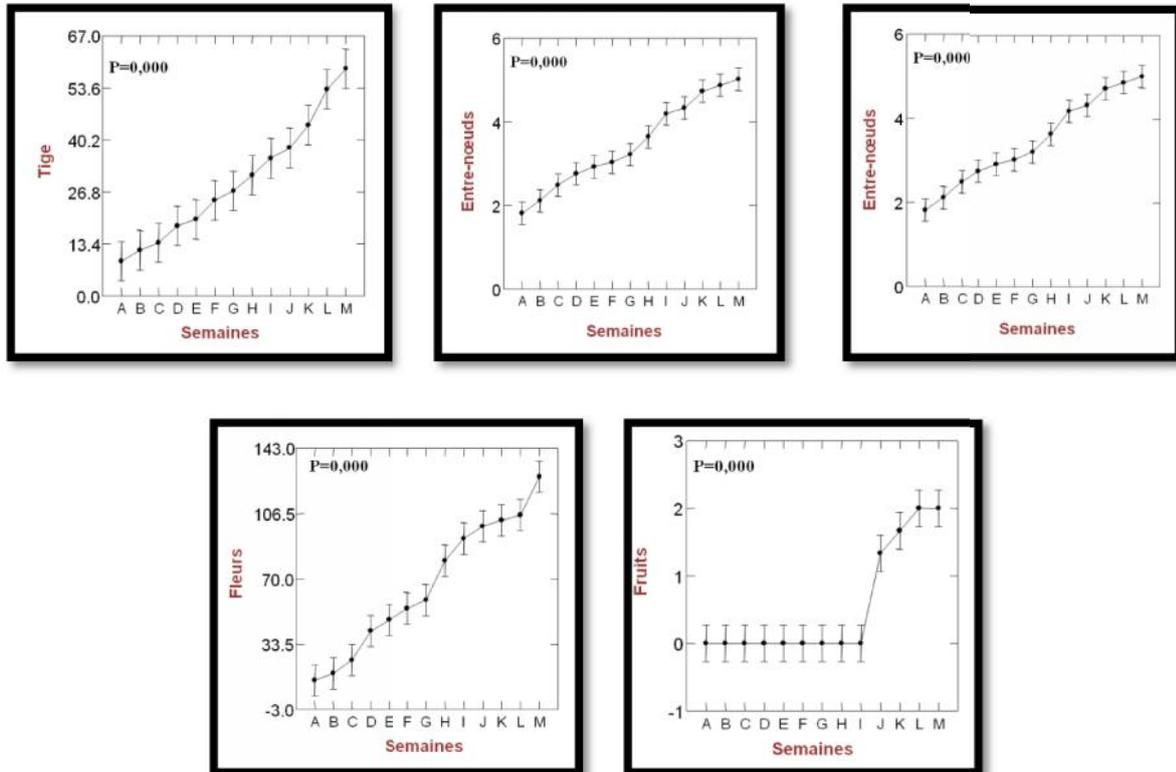
#### **B/ De la variété Saint-Pierre**

Selon l'analyse de la variance, la croissance des plants de la variété Saint-Pierre a aussi évolué positivement en fonction du temps. Les souches TR3 et TR4 ont, pour autant, stimulé les différents paramètres de croissance induisant à un meilleur développement par rapport aux témoins (Tableau.11).

**Tableau.11 : Analyse de la variance de la croissance des plants de la variété Saint-Pierre (SP) en fonction du temps (semaines)**

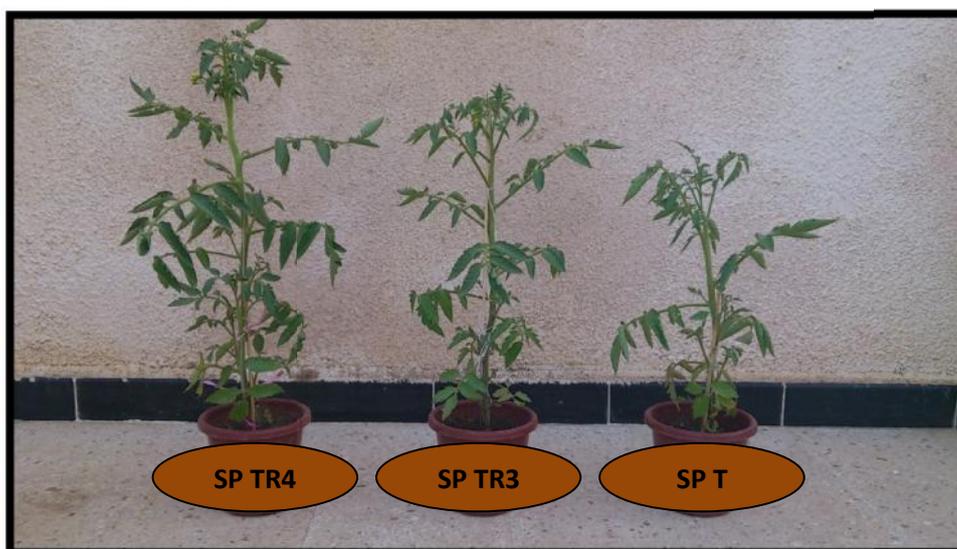
<b>Facteurs</b>	<b>S.C.E</b>	<b>ddl</b>	<b>Carrés moyens</b>	<b>Fréquence F</b>	<b>P</b>
<b>Tige</b>	8904,423	12	742,035	9,616	0,000
<b>Entre-nœuds</b>	41,561	12	3,463	16,105	0,000
<b>Feuilles</b>	50262,286	12	4188,524	18,138	0,000
<b>Fleurs</b>	1361,286	12	113,435	21,445	0,000
<b>Fruits</b>	26,359	12	2,197	9,885	0,000

Les mêmes résultats ont été constaté ont modèle GLM. En effet, la croissance des plants a évolué positivement en fonction du temps. Nous avons, par ailleurs, noté une précocité des plants traités par TR3 et TR4 (figure.15).



**Figure.15 : Analyse de la variance en modèle GLM de la croissance des plants de la variété Saint-Pierre (SP) en fonction du temps**

On peut aussi relever que le cycle végétatif des plants traités avec la souche TR4 a été plus précoce que celui des plants traités avec la souche TR3 et les témoins. Cela a été constaté lors de la floraison. Dans ce sens, la floraison pour les plants traités par TR4 a débuté à la 8 ième semaine. Par contre chez les plants traités par TR3 et ceux des témoins, elle a débuté, respectivement, à la 9 ième et 10 ième semaine (figure.16).



**Figure.16 : Plants traités et témoins de la variété St- Pierre agés de 8 semaines**

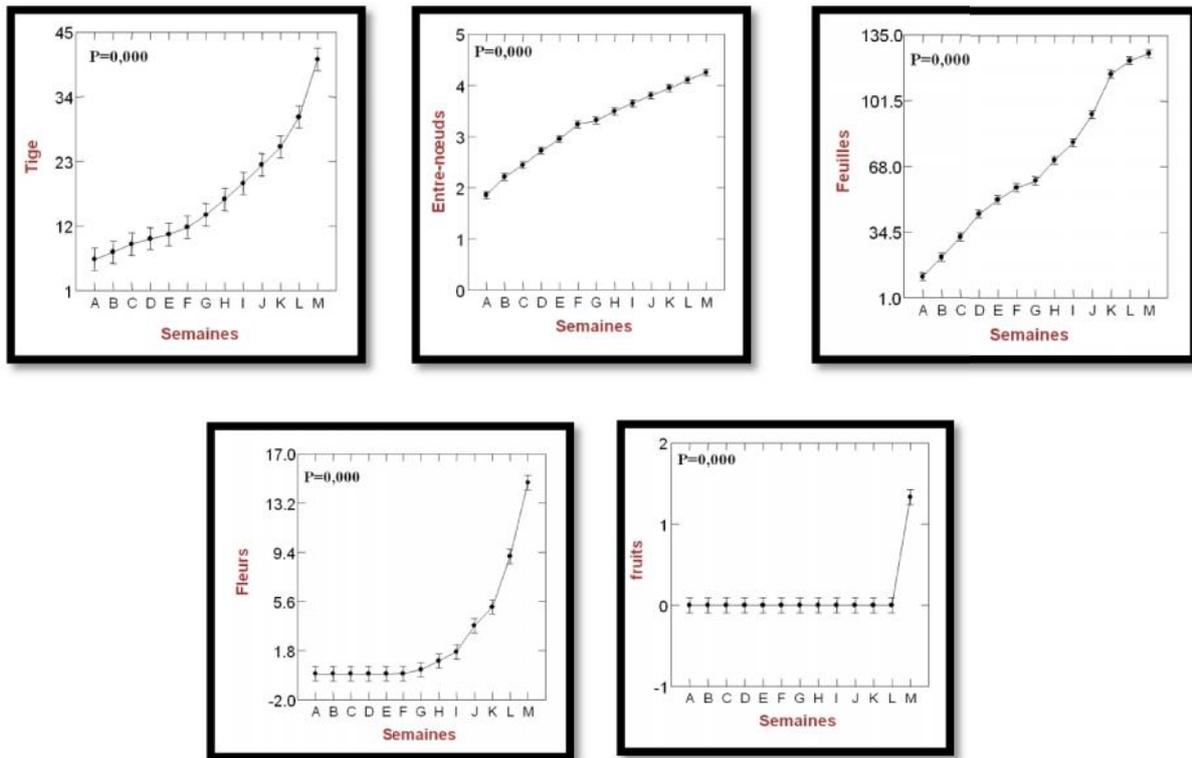
### C/ De la variété Aicha

L'analyse de la variance a révélé une influence positive du facteur temps sur la croissance des plants. En effet, nous pouvons constater que les différents paramètres de croissance ont évolué en fonction du temps (tableau.12).

**Tableau.12 : Analyse de la variance de la croissance des variétés en fonction du temps (semaines)**

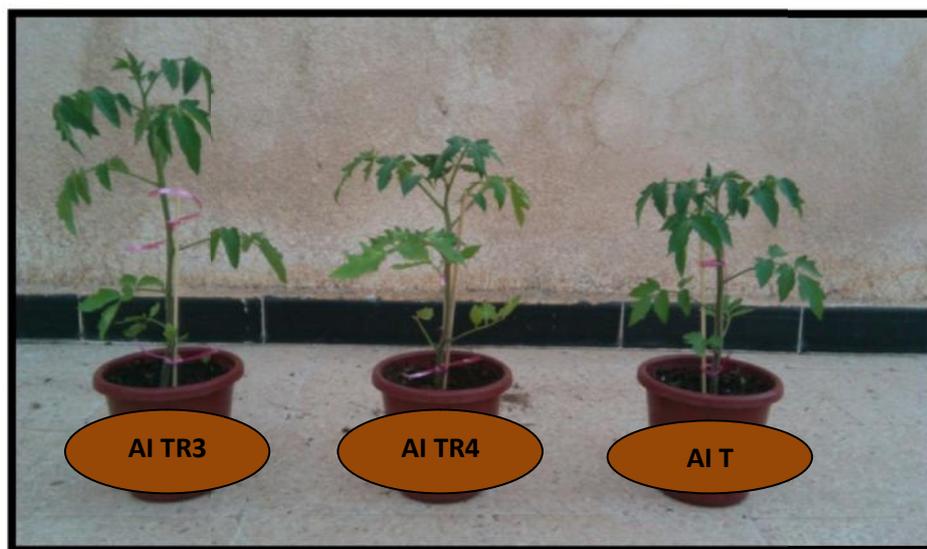
<b>Facteurs</b>	<b>S.C.E</b>	<b>ddl</b>	<b>Carrés moyens</b>	<b>Fréquence F</b>	<b>P</b>
<b>Tige</b>	3697,445	12	308,120	28,568	0,000
<b>Entre-nœuds</b>	20,375	12	1,698	121,486	0,000
<b>Feuilles</b>	50983,082	12	4248,590	338,194	0,000
<b>Fleurs</b>	739,860	12	61,655	66,041	0,000
<b>Fruits</b>	4923	12	0,410	16,000	0,000

En modèle GLM, la croissance des plants a aussi évolué positivement en fonction du temps. Ainsi, l'élongation de la tige varie en fonction du temps pour atteindre 45 cm à la quinzième semaine pour les plants traités par TR3. La même évolution est notée pour le reste des paramètres de croissance, notamment la distance entre les entre-nœuds, le nombre de feuilles et de fleurs. Enfin, pour le nombre de fruits, l'évolution a été stable jusqu'à la quatorzième semaine pour atteindre à la quinzième semaine un fruit (figure.17).



**Figure.17 : Analyse de la variance en modèle GLM de la croissance des plants de la variété Aicha (AI) en fonction du temps (semaines)**

Par ailleurs, il est à noter que les plants traités par TR3 ont été précoces par rapport à ceux traités par TR4 et les témoins. Dans ce sens, le stade début floraison a débuté à la 8<sup>ème</sup> semaine pour les plants traités par TR3, à la 9<sup>ème</sup> semaine pour ceux traités par TR4 et à la 10<sup>ème</sup> semaine pour les témoins (figure.18).



**Figure.18 : comparaison entre les plants traités de la variété Aicha et le témoin à la 8<sup>ème</sup> semaine**

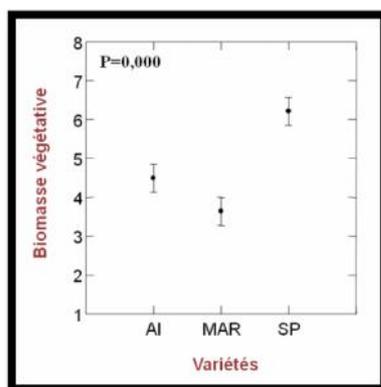
### 3.1.1.3 Effet des *Trichoderma* sur la biomasse végétative

Selon l'analyse de la variance, une différence significative a été observée concernant la biomasse végétative. Ainsi, elle a été plus importante chez les plants mycorhizés par TR3 et TR4 que les témoins, et ce pour les trois variétés testées (tableau.13).

**Tableau.13 : Effet des traitements sur la biomasse végétative des trois variétés étudiées**

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Fréquence F	P
Variétés	51,658	2	25,829	13,179	0,000

En modèle GLM, nous pourrions, cependant, dire que la biomasse de la variété Saint-Pierre (6,2g) a été plus importante que celles des deux autres variétés. La Marmande arrive en troisième position avec une biomasse de 3,95 g (figure.19).



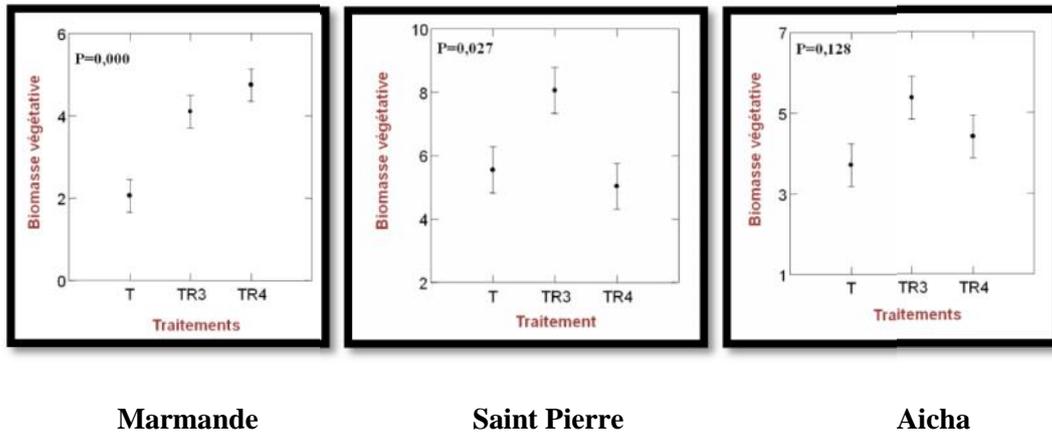
**Figure.19 : analyse de la variance en modèle GLM de la biomasse végétative des trois variétés de tomate**

L'analyse de la variance de la biomasse végétative a montré une différence hautement significative pour la variété Marmande, une différence significative pour la variété Saint Pierre mais, non significative pour la variété Aicha (tableau.14).

**Tableau.14 : Analyse de la variance de la biomasse végétative en fonction des variétés**

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Fréquence F	P
MAR	19,728	2	9,864	12,524	0,001
SP	26,205	2	13,103	4,984	0,027
AI	6,853	2	3,427	2,455	0,128

En modèle GLM, la variété Marmande traitée par TR4 a enregistré une biomasse de 4,78 g, alors qu'elle est de 4,10 g pour le traitement par TR3 et de 2,05 g pour les témoins(T). Pour la variété Saint-Pierre, la biomasse végétative des plants traités par la souche TR3 avoisine les 8g, alors qu'elle n'est que de 5,5 g pour les témoins et de 4,9 g pour le traitement par TR4. Enfin, pour la variété Aicha, TR3 a induit à une biomasse de 5,36 g contre 4,39 pour TR4 et 3,71 g pour les témoins (figure.20).



**Figure.20 : Analyse de la variance de la biomasse végétative en modèle GLM selon les plants traités par les deux souches et les plants témoins (T) et selon les variétés testées**

### 3.1.1.4 Colonisation des racines par *Trichoderma* et son maintien dans le sol

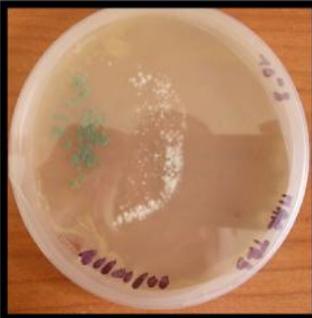
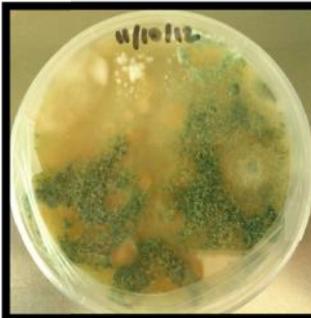
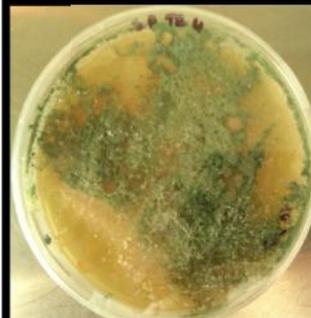
#### A/ Colonisation des racines

Après une incubation de sept jours à une température de 28°C, une fructification verdâtre caractéristique des *Trichoderma* a été révélée spécifiquement au niveau des fragments racinaires des plants traités par TR3 et TR4. Nous pouvons conclure que les deux souches de *Trichoderma* sp. ont colonisé les racines des plants traités induisant ainsi une stimulation de la croissance. Par ailleurs, pour les trois variétés étudiées, la souche TR4 a colonisé le nombre le plus important de racines. Nous pouvons donc dire que cette souche a un pouvoir de colonisation plus important que celui de la souche de TR3.

#### B/ Maintien des souches de *Trichoderma* sp. dans le sol

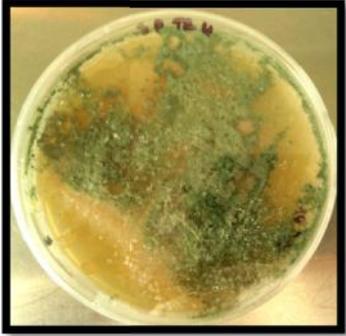
Après une incubation de sept jours à une température de 28°C, les échantillons de la rhizosphère ont été négatifs pour les témoins et positifs pour ceux traités avec les deux souches de *Trichoderma* sp., TR3 et TR4 (tableau.15a).

**Tableau.15 a: Aspects des échantillons positifs du sol de la rhizosphère en comparaison avec les témoins négatifs.**

Echantillons	Témoins	Echantillons traités par TR3	Echantillons traités par TR4
MAR			
SP			
AI			

Pour la différenciation des deux souches, nous avons effectués des observations microscopiques à l'aide d'un microscope optique au grossissement X 500 (Tableau.15 b).

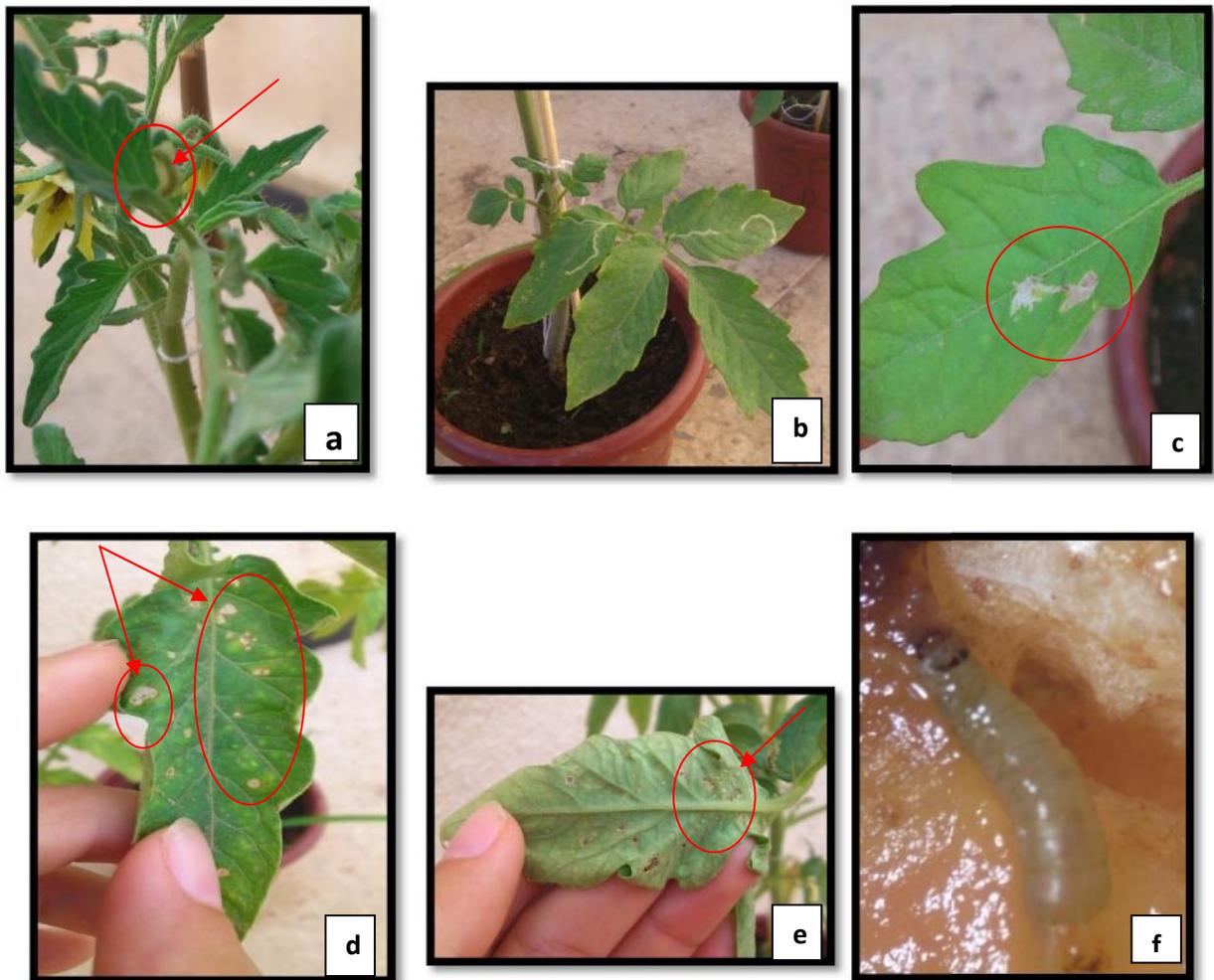
**Tableau.15b: Aspects microscopiques des échantillons positifs du sol de la rhizosphère.**

<b>Aspects de la souche</b>	<b>TR3</b>	<b>TR4</b>
<b>Macroscopique</b>		
<b>Microscopique (G × 400)</b>		

## 1.2 Etude de l'effet éliciteur de *Trichoderma* sur *Tuta absoluta*

### 3.1.2.1 Symptômes

Les symptômes d'infestation par le lépidoptère sont apparus dès la 4<sup>ème</sup> semaine sous forme de pontes d'œufs et des mines à l'intérieur des feuilles. Pour autant, la ponte d'œufs a été moins importante pour les plants traités par les souches TR3 et TR4. Ainsi, les deux souches de *Trichoderma* sp. ont eu un effet éliciteur sur les larves de *Tuta absoluta* (figure21).



**a ; f** : stade L4 du lépidoptère **b ; c** : mines à l'intérieur des feuilles ; **d** : points de pénétration des larves L1 à l'intérieur d'une feuille ; **e** : œufs de *tuta absoluta*

**Figure 21 : symptômes de *tuta absoluta* sur les feuilles de tomates**

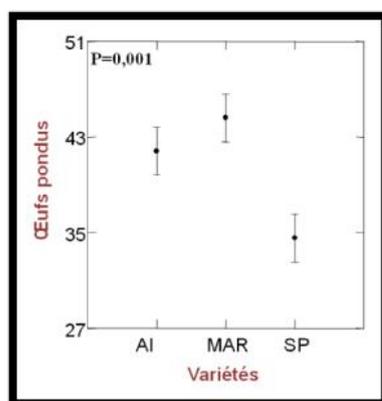
### 3.1.2.2 Nombre d'œufs

Pour autant, l'analyse de la variance du nombre d'œufs pondus sur les feuilles des échantillons traités par les deux souches de *Trichoderma* sp., en l'occurrence TR3 et TR4, et les témoins a révélé une différence significative entre les trois variétés (Tableau.16).

**Tableau. 16 : Analyse de la variance de la fonte d'œufs selon les variétés**

Facteurs	S.C.E	Ddl	Carrés moyens	Fréquence F	P
Variétés	12108,847	2	6054,424	6,711	0,001

En modèle GLM, la variété Saint-Pierre a enregistré le taux de ponte le plus faible, suivi par la variété Aïcha. La variété Marmande a été la plus sensible à l'infestation du lépidoptère (figure 22).



**Figure.22 : Analyse de la variance en modèle GLM de la ponte d'œufs en fonction des variétés**

#### A/ Pour la variété Marmande

L'analyse de la variance a été hautement significative. La ponte d'œufs a été de l'ordre de 36 œufs pour le témoin, alors que pour les plants traités par TR3 et TR4, la moyenne des œufs pondus a été, respectivement, de 26 et 10. Par ailleurs, elle a aussi été significative au fil du temps. Au début du stade floraison, la moyenne d'œufs a connu une hausse atteignant ainsi les 67 œufs pour les témoins contre 37 œufs pour TR3 et 10 œufs pour TR4. Aussi, au stade début fructification, nous avons enregistré une moyenne de 68 œufs pour les témoins, 40 œufs pour TR3 et 11 pour TR4 (tableau.17).

**Tableau. 17 : Analyse de la variance de la fonte d'œufs sur les feuilles de la variété Marmande (MAR) en fonction des stades et des traitements**

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Fréquence F	P
Stades	6241,387	2	3120,693	12,451	0,000
Traitements	106984,427	2	53492,213	213,430	0,000

En modèle GLM, la ponte d'œufs a augmenté en fonction des stades végétatifs. Elle a été de l'ordre de 36 œufs au stade feuillaison, elle passe à environs 45 au stade floraison pour attendre 52

œufs au stade fructification (figure 23, Planche1). Par ailleurs, une différence significative de ponte d'œufs est relevée entre les témoins et les plants traités par les deux souches de *Trichoderma* sp. En effet, elle a atteint 67 œufs pour les témoins contre 37 œufs pour TR3 et 10 œufs pour TR4 (figure 23, Planche 2).

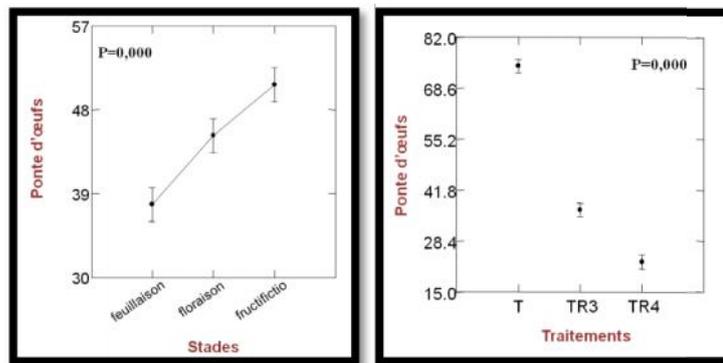


Planche 1 : stades ; planche 2 : traitements

Figure. 23 : Analyse de la variance en modèle GLM de la ponte d'œufs en fonction des stades végétatifs et des traitements

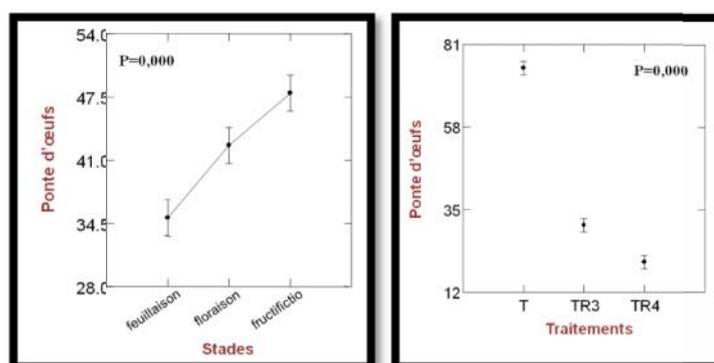
### B/ Pour la variété Saint-Pierre

Pour les échantillons de la variété St-Pierre, l'analyse de la variance a démontré une différence hautement significative de la ponte d'œufs d'une part en fonction des stades végétatifs mais aussi selon les traitements. Dans ce sens, la ponte d'œufs a augmenté d'un stade végétatif. Pour autant, elle varie en fonction du témoin aux plants traités par TR3 et TR4 (tableau.18).

Tableau.18 : Analyse de la variance de la ponte d'œufs sur les feuilles de la variété Saint-Pierre (SP) en fonction du stade végétatif et du traitement.

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Fréquence F	P
Stades	6223,707	2	3111,853	12,100	0,000
Traitements	123415,387	2	61707,693	239,942	0,000

En modèle GLM, la ponte d'œufs augmente d'un stade végétatif à un autre pour atteindre 47,5 œufs à la fin du stade fructification. Aussi, nous relevons une différence du taux de ponte entre les témoins et les plants traités par les souches de *Trichoderma* sp. Dans ce cadre, la ponte d'œufs a été très importante pour les témoins par rapport aux plants traités par TR3 et TR4. La souche TR4 a, par ailleurs, enregistré un taux inférieur à 20 œufs (figure.24).



**Figure. 24: Analyse de la variance en modèle GLM de la ponte d'œufs de la variété Saint-Pierre en fonction des stades végétatifs et du traitement**

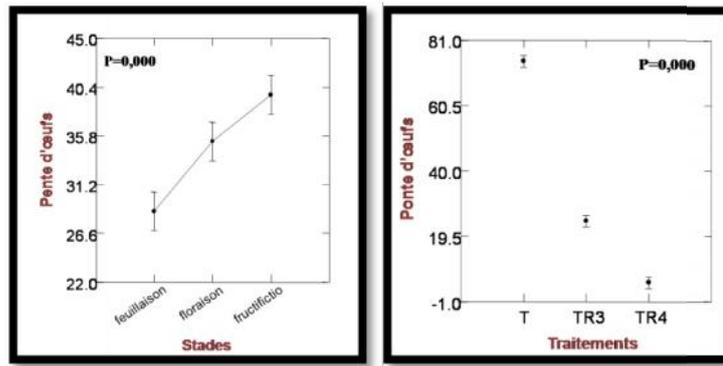
### C/ Pour la variété Aicha

Une différence hautement significative a été révélée pour la variété Aicha en ce qui concerne la ponte d'œufs. Effectivement, elle a été plus prononcée à la fin du cycle végétatif (fructification) qu'au stade floraison et feuillaison. Par ailleurs, elle a aussi varié entre les témoins et les plants traités par les souches TR3 et TR4 (tableau.19).

**Tableau. 19 : Analyse de la variance de la ponte d'œufs sur les feuilles de la variété Aicha en fonction des stades végétatifs et du traitement**

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Fréquence F	P
<b>Stades</b>	4587,742	2	2293,871	9,451	0,000
<b>Traitements</b>	192738,942	2	96369,471	390,008	0,000

En modèle GLM, la ponte d'œufs a significativement augmenté d'un stade végétatif à un autre. Ainsi, elle passe de 29,1 œufs au stade feuillaison à 35,6 au stade floraison pour atteindre 39,6 au stade fructification. Nous pouvons ainsi dire que le facteur temps avantage la ponte d'œufs. Par contre, cette dernière diffère significativement entre les témoins et les plants traités. En effet, elle est importante sur les feuilles des témoins avec des taux avoisinant les 80 œufs contre 22,7 œufs pour les plants traités par la souche TR3. Par contre pour les plants traités par la souche TR4, le taux d'œufs est presque nul. Ainsi, les souches de *Trichoderma* sp. ont eu un effet éliciteur sur la ponte d'œufs des femelles de *Tuta absoluta* (figure.25).



**Figure. 25: Analyse de la variance en modèle GLM de la ponte d'œufs de la variété Aicha en fonction des stades végétatifs et du traitement**

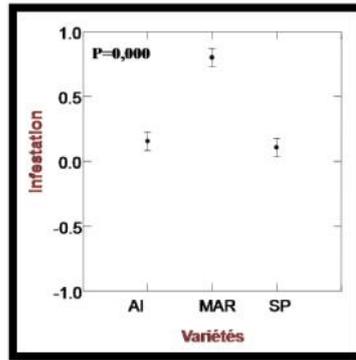
### 3.1.2.3 Taux d'infestation par le lépidoptère

Les plants de tomates des trois variétés ont été infestés par *Tuta absoluta*. Cependant, selon l'analyse de la variance les taux d'infestation sont hautement significatifs selon les traitements et en fonction du temps (semaines). En effet, les taux d'infestation sont réduits pour les plants traités par les souches TR3 et TR4. Dans ce sens, on peut supposer que les souches de *Trichoderma* sp. ont réduit le développement des larves de *Tuta absoluta*. Aussi, il est à relever que les taux d'infestation varient significativement entre les variétés de tomate étudiées (tableau.20).

**Tableau.20 : Analyse de la variance du taux d'infestation en fonction des variétés**

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Fréquence F	P
Variétés	10,802	2	5,401	29,930	0,000

En modèle GLM, la variété Marmande à été la plus sensible au lépidoptère. La variété Aicha vient en deuxième position, affichant toutefois une certaine résistance à l'insecte. Par contre la variété Saint-Pierre demeure la plus résistante avec un taux d'infestation presque nul (figure.26).



**Figure. 26: Analyse de la variance en modèle GLM du taux d'infestation par *Tuta absoluta* en fonction des variétés**

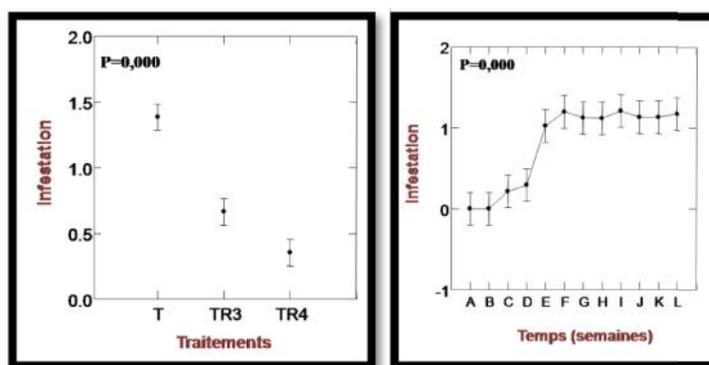
#### A/ Pour la variété Marmande

L'analyse de la variance des taux d'infestation des plants a révélé une certaine sensibilité de la variété Marmande à l'encontre de *Tuta absoluta*. En effet, l'infestation a été relativement importante durant tout le cycle végétatif de la plante. Cependant, les plants traités par les souches TR3 et TR4 se sont montrés résistants. Dans ce sens, on pourrait conclure que *Trichoderma* sp. a eu un effet éliciteur sur l'insecte (tableau.21).

**Tableau.21 : Analyse de la variance du taux d'infestation en fonction des traitements et du temps (semaines) pour la variété Marmande**

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Fréquence F	P
Traitements	6,713	2	3,357	27,479	0,000
temps (semaines)	8,439	11	0,767	6,280	0,000

En modèle GLM, la variance est hautement significative en ce qui concerne les traitements. En effet, les témoins se sont montrés sensibles à *Tuta absoluta* avec un taux d'infestation de 2,28 %. Par contre les plants traités par les souches TR3 et TR4 se sont montrés résistants avec les taux respectifs de 0,83% et 0,4%. Par ailleurs, il est à noter que l'infestation s'est accrue en fonction du temps. En effet, deux périodes ont été enregistrées. Une première période allant de la 3<sup>ème</sup> à la 6<sup>ème</sup> semaine et une seconde de la 7<sup>ème</sup> à la 15<sup>ème</sup> semaine. Pour la première le taux d'infestation était presque nul mais il a connu une hausse dès la 6<sup>ème</sup> semaine pour se stabiliser à la 7<sup>ème</sup> semaine et ce jusqu'à la fin de l'expérimentation. L'accroissement de l'infestation pourrait être expliqué par la hausse des températures à cette période puisque elle coïncide avec le mois d'aout (voir annexe 2) (figure.27).



T : Témoin TR3, TR4 : Souches de *Trichoderma* sp.

A : 3<sup>ème</sup> semaine.....L : 15<sup>ème</sup> semaine

**Figure. 27:** Analyse de la variance en modèle GLM du taux d'infestation par *Tuta absoluta* en fonction des traitements et du temps (semaines) pour la variété Marmande

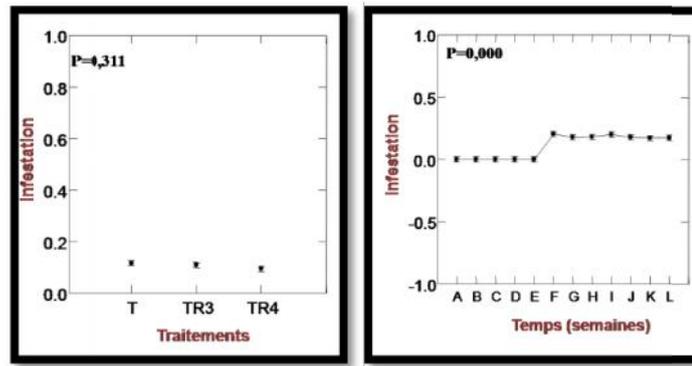
#### B/ Pour la variété Saint-Pierre

La variété Saint-Pierre est la plus résistante des trois variétés étudiées. Selon l'analyse statistique, le taux d'infestation a été très faible que ce soit pour les témoins ou les plants traités par TR3 et TR4. Cependant, le taux d'infestation des plants traités par TR4 était presque nul. Par ailleurs, le facteur temps a influencé l'infestation qui a augmenté au fil des semaines (tableau.22).

**Tableau.22 :** Analyse de la variance du taux d'infestation en fonction des traitements et du temps (semaines) pour la variété Saint-Pierre

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Fréquence F	P
Traitements	0,003	2	0,002	1,232	0,311
temps (semaines)	0,296	11	0,027	21,036	0,000

En modèle GLM, les taux d'infestation sont négligeables pour l'ensemble des échantillons avec toutefois une forte résistance des plants traités par TR4. Effectivement, le taux d'infestation chez les témoins (T) est de l'ordre de 0,24 % et de 0,16 pour les plants traités par TR3 alors qu'il est de 0,16 % pour ceux traités par TR4. Concernant l'évolution de l'infestation en fonction du temps, nous pouvons observer deux périodes. Une première de la 3<sup>ème</sup> à la 7<sup>ème</sup> semaine où l'infestation était nulle et stable une seconde de la 7<sup>ème</sup> à la 15<sup>ème</sup> semaine où l'infestation a atteint les 0,25 % (figure.28).



**Figure. 28 : Analyse de la variance en modèle GLM du taux d'infestation par *Tuta absoluta* en fonction des traitements et du temps (semaines) pour la variété Saint-Pierre**

### C/ Pour la variété Aicha

L'analyse de la variance a révélé le même résultat que pour les deux autres variétés. En effet, le taux d'infestation a été moindre pour les plants traités par TR3 et TR4. Par contre, l'infestation a connu un accroissement en fonction du temps (tableau. 23).

**Tableau.23 : Analyse de la variance du taux d'infestation en fonction des traitements et du temps (semaines) pour la variété Aicha**

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Fréquence F	P
Traitements	0,085	2	0,043	11,882	0,000
temps (semaines)	0,616	11	0,056	15,580	0,000

L'analyse de la variance en modèle GLM a aussi révélé une différence significative entre les taux d'infestation en fonction du temps et de la souche utilisée. En effet, le taux d'infestation des témoins était plus important que celui des plants traités par TR3 et TR4. Dans ce sens, il a été de 0,22% pour les plants témoins (T) alors qu'il n'a été que de 0,11% et 0,16% respectivement pour TR4 et TR3. Pour ce qui est de l'infestation en fonction du temps, il est à noter que deux périodes ont été enregistrées, comme cela était le cas pour les variétés Marmande et Saint-Pierre. La hausse de l'infestation a eu lieu avec la 7<sup>ème</sup> semaine qui coïncide avec le mois d'août. Aussi, il est rapporté que la reproduction de *Tuta absoluta* est influencée par la température. Plus la température augmente plus la reproduction s'intensifie. Ce qui pourrait expliquer la hausse de l'infestation dans le cas de notre étude (Figure.29).

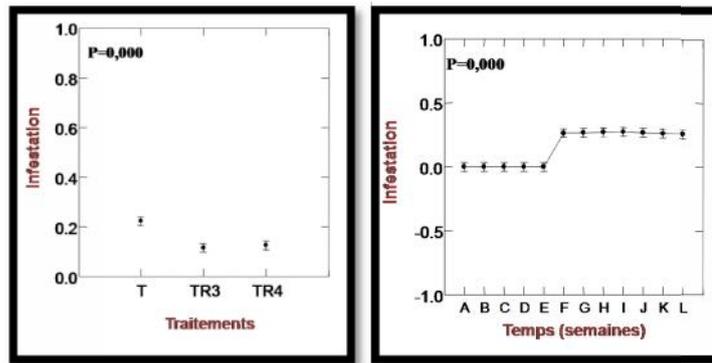


Figure. 29 : Analyse de la variance en modèle GLM du taux d'infestation par *Tuta absoluta* en fonction des traitements et du temps (semaines) pour la variété Aicha

### 3.3 Discussion

Les deux isolats de *Trichoderma* sp. testés dans notre étude ont montré un effet stimulant sur la croissance végétative, notamment sur l'élongation de la tige, le nombre de feuilles, de fleurs ainsi que des fruits. En effet, pour les trois variétés étudiées, les plants mychorisés ont montré une croissance et un rendement plus importants que les témoins. Cette stimulation s'est traduite essentiellement par une meilleure croissance axiale et une biomasse plus importante. Les deux isolats ont montré par contre un effet inhibiteur de la germination des graines des trois variétés.

Ces résultats coïncident avec ceux de nombreux travaux rapportés par la bibliographie. Les travaux de Mouria et *al.* (2007), sont les plus proches. Etudiant l'effet de certaines souches de *Trichoderma* sp. sur la croissance d'une culture de tomate en serre, ils sont parvenu à démontrer l'action stimulatrice de ces souches sur les plants. Leurs résultats ont montré que toutes les souches du *T. harzianum* ont stimulé la croissance de la tomate, notamment les biomasses végétative et racinaire. Quelques années avant, les travaux de Baker (1988) et de Lynch et *al.* (1991) ont montré que certaines souches du *Trichoderma* semblaient exercer une action stimulatrice sur la croissance de certaines plantes. En effet, Lynch et *al.* (1991) ont étudié l'effet des souches de *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 en l'absence de tout agent pathogène.

Kaveh et *al.* (2011), ont expliqué dans leurs travaux sur le melon que l'application du *Trichoderma* aux plantes augmente d'une façon significative leur croissance et pourrait contribuer à leur conférer une résistance aux agresseurs. Harman et *al.* (2004) et Vinale et *al.* (2008) ont, de leur côté, expliqué que les *Trichoderma* spp. ont développé des mécanismes multiples qui se traduisent par des améliorations dans la résistance aux maladies et par une croissance et une productivité supérieures et ce dans des travaux notamment sur le concombre, le chou, la laitue, la pomme de terre, la tomate, la carotte, les haricots et les pois.

Par ailleurs, Mouria et *al.* (2007) ont précisé que l'augmentation du poids de la biomasse végétative et racinaire ne s'agit pas d'une absorption excessive d'eau puisque 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. Nos résultats concernant la biomasse végétative converge dans ce sens. Pour l'ensemble des plants testés, l'analyse statistique a révélée que la biomasse végétative est plus importante chez les plants mychorisés que celle des témoins.

D'ailleurs, ceci est en accord avec les travaux de Windham et al. (1986), rapportés par Mouria et al. (2007), 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. Les travaux de Baker et al. (1984) ont, eux aussi, évoqué cette action des *Trichoderma* spp. Ils 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 in Mouria, 2007) ont démontré que l'inoculation de la tomate avec une souche du *T. atroviride* P. Karst permettait d'augmenter significativement la surface racinaire et le poids des plantules de tomate *in vitro* ainsi que le rendement commercialisable en serre. Hibar et al. (2005) rapportés par Djafer (2011), ont comparé l'état des plants de tomate inoculés par une souche pathogène du *F. oxysporum* Schlechtend.:Fr. et par *T. harzianum* avec des plants témoins sains non inoculés et non traités. Ils ont constaté que les plants traités par le pathogène et l'antagoniste présentaient un développement végétatif et racinaire plus important que les plants témoins.

Quant à l'inhibition de la germination des graines, Djafer (2011) a expliqué dans ses travaux sur l'effet de quelques isolats algériens de *Trichoderma* sp. sur la croissance d'une culture de pomme de terre, que les isolats fongiques ont présenté un effet biostimulant sur la germination alors que 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 de *Trichoderma* mais toujours proche des témoins. Mieux encore, Djafer (2011) relève que 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.

Pour autant, il est à relever que la mise en germination de nos graines a été effectuée dans des conditions climatiques peu favorables (température avoisinant 33,1°C), alors que la tomate nécessite une température d'environ 20°C, pour stimuler la germination. Djafer (2011) suggère, également, que les conditions climatiques pourraient être la cause 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. Cette hypothèse peut être étendue sur une culture de tomate. En effet, pour stimuler la germination des graines il faut un certain dosage en éléments nutritifs dans le sol. Dans le cas d'un épuisement de ces derniers, la germination pourrait être inhibée. Alabouvette et al., 1983, explique que le carbone et l'azote influent énormément sur la croissance des champignons, notamment les *Trichoderma*. Leur développement varie selon les quantités de carbone et de l'azote offertes par le milieu.

Dans ce cas, les *Trichoderma* pourraient avoir épuisé ces éléments pour leur développement exerçant par là une concurrence avec les graines de tomates. Il serait, donc, intéressant de faire une analyse de la teneur en *éléments* nutritifs du sol mycozisé avec les deux souches de *Trichoderma* et déterminer la concentration en spores de chaque isolat avant le semis.

Nemec et *al.* (1996) et Mouria et *al.* (2007) expliquent, par ailleurs, que l'une des caractéristiques essentielles chez un agent de lutte biologique est son aptitude à survivre dans un milieu différent de son milieu d'origine et à coloniser les racines des plantes afin de les protéger contre les pathogènes. Dans notre étude, il est aussi à relever, que les deux souches de *Trichoderma* testées ont pu coloniser les racines des plantes inoculées. Ces résultats confirment les travaux de Kleifield 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*.

Ousley et *al.* (1994) ont précisé que le *T. harzianum* améliore l'acheminement des nutriments du compost jusqu'aux racines d'une manière similaire aux effets 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.

Harman (2006) a cité des recherches récentes montrant que les effets du *Trichoderma* sur les plantes incluent l'induction d'une résistance systémique ou localisée. Ces champignons colonisent l'épiderme des racines et les couches corticales externes et libèrent des molécules bioactives. En conséquence, en plus de l'induction de la résistance chez les plantes, la croissance des plantes et l'approvisionnement en nutriments sont améliorés.

D'autre part, Kleifield et Chet (1992) ont rapporté que la stimulation des plantes par le *Trichoderma* dépend de sa capacité à survivre et à se maintenir dans la rhizosphère. Pour cela, l'estimation des populations du *Trichoderma* dans le substrat de culture à la fin des essais a montré leur capacité à se maintenir à un niveau élevé dans la rhizosphère; cependant, ce niveau varie d'une souche à l'autre.

Le classement des souches selon la population estimée au niveau de la rhizosphère, mais surtout à distance des racines où la compétitivité est plus prononcée, rappelle celui obtenu selon leur aptitude compétitive. Ceci est en accord avec les travaux d'Ozbay et Newman (2004) qui ont observé que les souches utilisées ont maintenu leurs populations à des niveaux élevés 4 semaines après inoculation. De même, Besnard et Davet (1993) ont constaté que les populations du *Trichoderma* se sont maintenues à la fin de leur expérience au niveau de l'inoculum introduit.

Pour autant, et bien que les travaux actuels n'ont pas encore élucidés les mécanismes de stimulation de la croissance des plantes par le *Trichoderma*, ceux-ci sont souvent attribués à leur aptitude à lutter contre les maladies des plantes. Yedidia et al. (1999) estiment que le *Trichoderma* pénètre et colonise les tissus racinaires des plantes mychorisées sans susciter de réactions de défense spécifiques contre la souche colonisatrice. Hibar et al. (2005 in Djafer, 2011) ont expliqué la stimulation du développement d'une culture de melon à la suite de l'application du *T. harzianum* par une activation du système de défense de la plante, une augmentation de l'activité chitinase et peroxidase et un accroissement de l'activité enzymatique dans les feuilles induisant une résistance systémique chez ces plants. Par contre, Ousley et al. (1993) attribuent ce phénomène à l'inhibition des pathogènes mineurs, induisant ainsi une forte croissance et un meilleur approvisionnement des nutriments.

Dans ce sens, les deux isolats de *Trichoderma* ont montré dans notre étude un effet éliciteur vis-à-vis de *Tuta absoluta*. Effectivement, les plants traités par les souches de *Trichoderma* ont montré une importante résistance au lépidoptère par rapport aux témoins. Cette résistance s'est traduite par une réduction de l'infestation et une limitation des pontes d'œufs sur les organes des plants traités, notamment les feuilles, les tiges et les fruits.

Nos résultats pourraient ouvrir une autre voie dans la lutte contre *Tuta absoluta*. En effet, les travaux effectués, jusqu'ici, sur le lépidoptère consistent aux recours aux agents auxiliaires, notamment les *Trichogramma* sp. Pratiçoli et al. (2003), ont étudié l'effet des *Trichogramma pretiosum* (Hym., Trichogrammatidae) sur le parasitisme de *Tuta absoluta*. Ses travaux démontrent la capacité de parasitisme de ce parasitoïde, qui a augmenté en fonction de la température du milieu. Selon Cônoli et al. (2009), *Trichogramma pretiosum* Riley est aussi un ennemi naturel important utilisé pour le contrôle biologique de *Tuta absoluta* au champ de tomates dans plusieurs pays d'Amérique du Sud. D'autres travaux, notamment ceux de Cabello et al. (2009), ont aussi relevé la capacité de parasitisme de d'autres espèces des *Trichogramma* sp. sur *Tuta absoluta* comme *Trichogramma achaeae*.

Pour autant, d'autres travaux ont eu recours à d'autres agents éliciteurs vis-à-vis de *Tuta absoluta*. Labdi Grissa et al. (2011) a eu recours à *Bacillus thuringiensis*. Ce dernier a eu un effet éliciteur vis-à-vis de *Tuta absoluta*. Ses travaux expliquent que les valeurs de la capsule céphalique du lépidoptère varient de 0,1 à 0,6 mm en passant du 1<sup>er</sup> au 4<sup>ième</sup> stade larvaire, alors que la longueur de la larve varie de 0,4 à 7,3 mm (la taille de la larve L4 est en moyenne 10 fois plus longue que la larve L1).

Badaoui Mahdjouba et al. (2011) ont, quant à eux, testé la sensibilité des larves de *Tuta absoluta* à *Beauveria* sp. Plusieurs concentrations sporales ont été utilisées. A forte dose tous les individus traités sont morts (100 %) au troisième jour, tandis qu'à faible dose le taux de mortalité a

atteint 87 % au quatrième jour. Pour le témoin plus de 80 % des larves ont évolué au stade chrysalide, conséquence d'une faible mortalité.

Ces résultats confirment ceux induits par les deux souches de *Trichoderma* sp. utilisés dans notre étude. De plus, l'effet antagoniste de *Trichoderma* contre d'autres agents pathogènes n'est plus à démontrer. Effectivement, Mouria *et al.* (2007), expliquent dans leurs travaux que toutes les souches de *Trichoderma* inoculées, en particulier *T. harzianum*, ont réduit le pourcentage de lésions sur les feuilles de tomate par rapport aux témoins.

Les travaux de Hibar *et al.* (2005 in Djafer, 2011) ont montré, de leur côté, l'effet antagoniste de *T. harzianum* vis-à-vis du *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*, agent responsable de la pourriture des racines et du collet de la tomate. Les essais de confrontations directes ou indirectes entre *F. oxysporum* f. sp. *radicis- lycopersici* et *T. harzianum*, ont révélé une inhibition *in vitro* de la croissance mycélienne de l'agent pathogène testé.

De même, Berber *et al.* (2009) ont évalué *in vitro* et *in vivo* le pouvoir antagoniste de trois isolats de *Trichoderma harzianum* et deux isolats de *T. viride* à l'encontre de *Bipolaris maydis*, *B. sorghicola*, *B. tetramera* et *B. sorokiniana*, parasites foliaires du Sorgho. Ils ont conclu que l'ensemble des isolats de *Trichoderma* ont inhibé efficacement la croissance mycélienne et la germination conidienne des agents phytopathogènes étudiés à des degrés variables et par le biais de différents mécanismes. Le test de confrontation directe a mis en évidence le pouvoir mycoparasitaire de deux espèces de *Trichoderma* et a affirmé que cet antagoniste fongique peut avoir des mécanismes liés à la concurrence, à l'antibiose, au mycoparasitisme et au hyperparasitisme (Poinar et Buckley, 2007).

Hasni (2011), dans son étude sur le pouvoir antagoniste de quelques isolats algériens de *Trichoderma* sur *Phytophthora infestans*, agent du mildiou de la pomme de terre, a révélé que des modifications structurales ont affecté la morphologie des isolats de *P. infestans* sous l'effet antagoniste des isolats de *Trichoderma* sp. Ces dernières sont traduites par la réduction du diamètre, la lyse et la vésiculation du mycélium ainsi que la déformation et la digestion du contenu des sporanges.

Ces résultats coïncident avec ceux de nombreux auteurs. Paul (1999) et Sempere et Santamarina (2008) ont affirmé que l'évaluation microscopique des isolats antagonistes est le résultat de l'agressivité de l'adversaire et la sensibilité de l'agent pathogène. Cette capacité peut être définie en fonction de la destruction totale ou partielle des populations de pathogènes. Elle peut révéler la déformation, la strangulation ou la fragmentation du mycélium des isolats phytopathogènes (Cook, 2000). Dans ce sens, Benhamou *et al.* (1999) ont décrit les événements du mycoparasitisme de *Trichoderma* sp. en vers plusieurs phytopathogènes comme *Phythium oligandrum*, *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* et *Phytophthora megasperma*. Ils ont noté la rupture des

cellules, la rétraction cytoplasmique et la rupture des membranes plasmiques, la perturbation et la distorsion de la paroi cellulaire des sites de pénétration des hyphes de l'antagoniste.

Ainsi, et vu l'antagonisme des souches de *Trichoderma* sp. sur d'autres agents pathogènes. Il serait intéressant d'élargir le spectre des études de leurs mécanismes d'action sur d'autres bioagresseurs. Dans ce sens, il est nécessaire d'étudier les mécanismes d'action du *Trichoderma* sur *Tuta absoluta*. Une confrontation directe entre *Trichoderma* sp. et *Tuta absoluta in vitro* serait judicieuse.

# **Conclusions et perspectives**

## Conclusion et perspectives

Le présent travail entre dans le cadre d'un projet de recherche de nouvelles méthodes de gestion d'une agriculture intégrée, plus respectueuse de l'environnement et de la biodiversité. Il s'intéresse au recours aux micro-organismes dans la biofertilisation et le biocontrôle des ravageurs des cultures. Il vise, plus particulièrement, l'étude du pouvoir biostimulant de deux isolats algériens de *Trichoderma* sp. sur la culture de trois variétés de tomate (Marmande, Saint-Pierre et Aïcha) en pot. Aussi, il s'intéresse à l'effet éliciteur de ces deux isolats vis-à-vis de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917), agent causal de la mineuse de la tomate.

Au terme de cette étude, il est important de rappeler les résultats les plus importants :

Les deux souches du *Trichoderma* sp., TR3 et TR4, ont exercé un effet stimulateur sur la croissance végétative des plants de tomate, notamment l'élongation de la tige, le nombre de feuilles, de fleurs ainsi que des fruits. Cette stimulation s'est traduite essentiellement par une meilleure croissance axiale et une biomasse plus importante. Néanmoins, quelques différences ont été mises en évidence selon les paramètres étudiés. La souche TR4 a, dans ce sens, montré un effet stimulateur plus prononcé que la souche TR3, et ce pour les trois variétés étudiées. Par ailleurs, la variété St-Pierre a montré une meilleure croissance, vigueur et rendement que les deux autres variétés. La variété Marmande s'est, quant à elle, révélée la plus vulnérable.

La présente étude nous a également permis de relever le pouvoir des *Trichoderma* sp. à coloniser les racines des plantes et de se maintenir dans le substrat de culture. L'inoculation des racines de plantules de tomate constitue donc un moyen efficace d'obtenir des plantes vigoureuses et protégées contre les phytopathogènes.

Par contre, les deux souches ont eu un pouvoir inhibiteur de la germination des graines, lorsqu'elles ont été inoculées dans le substrat de culture avant le semis. Plusieurs hypothèses peuvent être émises dans ce cas, notamment le fait que les deux souches aient épuisés les éléments majeurs de la rhizosphère pour leur développement au détriment des graines. La hausse des températures peut, aussi, être une raison de l'inhibition de la germination. En effet, les graines de tomate nécessitent des températures avoisinant les 20°C,

or que nous avons enregistré de fréquents pics de température en cette période de l'expérimentation.

Par ailleurs, les deux souches de *Trichoderma* sp. ont montré un effet éliciteur vis-à-vis de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917). La ponte d'œufs a été considérablement réduite pour les plants traités par rapport aux témoins. Le nombre d'œufs a atteint 80 et 39,6, respectivement, pour MAR T et AI T, contre 22,7 pour MAR TR3 et 22,7 pour AI TR3. Par contre pour les plants traités par la souche TR4, le nombre d'œufs était presque nul pour l'ensemble des variétés.

Les deux souches TR3 et TR4 ont aussi eu un effet éliciteur sur les taux d'infestation par le lépidoptère. Effectivement, pour la variété Marmande le taux d'infestation a été de 2,28 % pour le témoin contre 0,83% pour MAT TR3 et 0,4% MAR TR4. Le même effet a été relevé chez les deux autres variétés. Ainsi, le taux d'infestation chez SP T et AI T est de l'ordre, respectivement, de 0,24 % et 0,22%. Par contre il est de 0,16% pour SP TR3, de 0,16 % pour SP TR4, de 0,11% pour AI TR4 et 0,16% pour AI TR3.

Ainsi, il en ressort de notre étude que l'application des *Trichoderma* spp. en agriculture est une approche prometteuse qui permet de réduire l'utilisation des amendements de synthèse et des fongicides. Par ricochet, elle contribue à promouvoir une agriculture biologique soucieuse de préserver la biodiversité et l'environnement.

En revanche, ce travail ne constitue qu'une première étape dans la recherche des agents biostimulants des cultures. 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, notamment:

- La détermination des mécanismes portant sur la sécrétion de métabolites ou de régulateurs de croissance des plantes.
- L'identification moléculaire de ces deux isolats algériens efficaces de *Trichoderma*.
- La production en masse et formulation de ces isolats pour d'éventuels essais en plein champ.
- L'analyse de la teneur en éléments minéraux du sol traité avant la mise en culture et après la récolte pour déterminer l'effet bio-fertilisant de ces isolats fongiques.
- L'étude des mécanismes d'action de *Trichoderma* sp. impliqués dans le bio- contrôle de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917).
- Le test de l'effet insecticide de ces isolats sur d'autres ravageurs des cultures.

# **Références Bibliographiques**

## Références bibliographiques

- Abbad M. et Kelloua H., 2007 :** contribution à l'étude de comportement de la tomate *Lycopersicum esculentum* Mill. cultivée sur deux types de sols (neutre et salin) tasse ou mélange, thèse Ing. d'Etat Agro., Blida (Algérie), 56p.
- Alabouvette C., couteaudier Y. et Louvet J., 1983 :** Importance des phénomènes de compétition nutritive dans l'antagonisme entre microorganismes, XXIV Colloque de la société française de phytopathologie, n°34, Bordeaux, 7-16p.
- Alboury A., 1995 :** Le guide traité pratique de jardinage, 31<sup>ème</sup> Edition. ed. Clause jardin, Brétigny smorg. 893p.
- Amazouz S., 2008 :** Gestion en lutte intégrée de la mineuse de la tomate, koppert biological systeme, qmqaroc, 18p.
- Athertonet J.H. and Rudich J., 1986 :** The tomato crop : a scientific basisfor improvement. london, chapman and hall.661. in **Benard, 2009 :** Etude de l'impact de la nutrition azotée et des conditions de culture sur le contenu en polyphénols chez la tomate, thèse doc., umr1121Nancy Univ. Inra, 260p.
- Baker, R., Y. Elad and I. Chet, 1984:** The controlled experiment in the scientific method with special emphasis on biological control. *Phytopathology* (74) : 1019-1021 p.
- Baker R., 1988:** *Trichoderma* spp. as plant-growth stimulants, *crc crit.rev. biotechnol.* 7 (2): 97- 106 p.
- Barrientos Z.R., Abaplaza H.J., Norero S.A. et Estay P.P., 1998 :** Temperatura base y constante termica de desarrollo de la polilla del tomate *tuta absoluta* (lepidoptera, gelechiidae). *Ciencia Investigacion agraria* (25): 133-137 p.
- Bellahcene M. and Chet I., 1990:** Cellular and molecular mechanisms involved in the interaction between *T. harzianum* and *Phytium ultimum*. *appl. envir. microbial.* (63): 2095-2099 p.
- Benhamou N., King P., Picard K. et Tirilly Y., 1999 :** Aspects ultrastructuraux et cytochimiques de l'interaction entre le mycoparasite *Oligandrum pythium* et des agents pathogènes terricoles, *Phytopathology* (89): 506-517p.

- Berber F., Ouazzani-Touhami A., Badoc A. et Douira A., 2009 :** Antagonisme *in vitro* et *in vivo* de deux *Trichoderma* à l'égard de quatre espèces de *Bipolaris* pathogènes sur le sorgho. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, (148) : 93-114 p.
- Berkani A. et Badaoui M., 2008 :** La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick (*Lepidoptera; Gelechiidae*). Ed. Inraa, Algérie, 16p.
- Besnard O. et Davet P., 1993 :** Mise en évidence de souches de *Trichoderma spp.* à la fois antagonistes de *Pythium ultimum* et stimulatrices de la croissance des plantes, Agronomie (13): 413-421 p.
- Bissett J., 1991:** A revision of the genus *Trichoderma*. I. Section *Pachybasium*. Can. J. Bot. (69): 2373- 2417 p.
- Mouria B., Ouazzani-Touhami A. et Douira A., 2007 :** Effet de diverses souches du *Trichoderma* sur la croissance d'une culture de tomate en serre et leur aptitude à coloniser les racines et le substrat, Phytoprotection (88), n° 3, 103-110 p.
- Cabello T., Gallego J. R., Vila E., Soler A., Pino M. Del, Carnero A., Hernández-Suárez E. et Polaszek A., 2009:** Biological control of the South American tomato pinworm, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae), with releases of *Trichogramma achaeae* (Hym.: Trichogrammatidae) in tomato greenhouses of Spain (49): 225-230 p.
- Anonyme, 2007 :** CABI : Crop protection compendium. <http://www.cabicompendium.org>.
- Caron J., 2002 :** Le pouvoir antagoniste de *Trichoderma*, conférence présentée lors des journées horticoles régionales à St-Rémi (Canada), 2 p.
- Caron J.L., Laverdiere P.O., Thibodeau R. et Belanger R., 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 p.
- Chaux C., 1972 :** Production légumière, Ed. J.B, Baillièrè, Paris, 414p.
- Chaux C. et Foury C.L., 1994 :** Cultures légumières et maraichères. Tome III : Légumineuses Potagères, légumes fruits. Tec et Doc Lavoisier, Paris, 563 p.
- Chibane A, 1999 :** Tomate sous serre. Bulletin : transfert de technologie en agriculture, n°57, Ed : PNTTA, Rabat, 18-22 p.
- Chougar S., 2011 :** Bioécologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (*Lepidoptera : Gelechiidea*) sur trois variétés de tomate sous serre (Zahra, Dawson et Tavira) dans la wilaya de Tizi Ouzou. Th. Magistère. Univ. Tizi Ouzou, Algérie, 106 p.

- Coelho M.C.F. et França F.H., 1987 :** Biologia e quemotaxia da larva e descriçãõ da pupa e adulto da traça-do-tomateiro. *pesqui agropecu bras* (22): 129–135 p.
- Compobello E.W.A., Drenth H.H. et Leifrink R.S., 2002 :** Culture professionnelle de pomme de terre, plantation. 2eme édition. Nivva : 22.
- Cook, R.J., 2000 :** Les progrès dans la gestion de la santé des végétaux au XXe siècle. *Annual Review of Phytopathology* (38): 95-116 p.
- Corbinaux F. et Core A., 2006 :** Dictionnaire de la biologie des semences et des plantules. ed. tec et doc. Lavoisier, 226 p.
- Cournut B., 1984 :** Le genre *Trichoderma hyphomycètes*. Th : Pharmacie – Univ Marseille, 77 p.
- Davet P., 1983 :** Introduction et conservation des *Trichoderma* dans le sol. In les antagonismes microbiens. Modes d'action et application à la lutte biologique conte les maladies des plantes. 24 e Colloq. Soc. Fr. Phytopathol., Bordeaux Inra, 159-168 p.
- Davet P. et Rouxel F., 1997 :** Détection et isolement des champignons du sol. Eds. Inra, Paris. France, 194 p.
- Desneux N., Wajenberg E., Wyckhuys K.A.G., Burgio G., Arpaia S., Narvaez- Vasquez C.A., Pizzol J., Lez-Cabrera J.G., Ruescas DC., Tabone E., Frandon J., Poncet C., Cabello T. and Urbaneya A., 2010 :** Biological invasion of european tomato crops by *Tuta absoluta* : ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *j. pest. sci.* (83) : 197-215 p.
- Djafer A., 2011 :** Impact de l'utilisation des isolats algériens de *Trichoderma* sp. sur la culture de la pomme de terre *Solanum tuberosum* L. en Algérie, 74p.
- Dominique G, Brigitte N. et Michel L., 2000 :** Tomate pour un produit de qualité, ouvrage chifle Paris, 17 p.
- Elattir, Skiredj et Elfadl, 2002 :* La culture de tomate sous abris, PNTTA, Rabat, 1- 4 p.
- EPPO, 2008:** European and Mediterranean plant protection organization. Distribution maps of quarantine pests for Europe: [http://www.appo.org/quarantine/insects/tuta\\_absoluta/dsgnorab\\_map.ht](http://www.appo.org/quarantine/insects/tuta_absoluta/dsgnorab_map.ht): 1-2.
- EPPO, 2009:** European and Mediterranean plant protection organization. EPPO A1 and A2 lists of pests recommended for regulation as quarantine pests PM 1/2(18) English.

**-Esposito E. and Silva M., 1998 :** Systematics and environmental application of the genus *trichoderma*. *crit. rev. microbiol.* 2 (24): 89-98 p.

**-Cônsoili F.L., 2009:** Side-effects of insecticides used in tomato fields on the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* riley (*hym.*, *Trichogrammatidae*), a natural enemy of *Tuta absoluta* (Meyrick) (*lep.*, *Gelechiidae*), *Journal of Applied Entomology* (122): 43-47 p.

**-FAO Stat, 2012:** [http://faostat3.fao.org/home/index\\_fr.html?locale=fr#visualize](http://faostat3.fao.org/home/index_fr.html?locale=fr#visualize)

**-Fernandez S. et Montagne Z., 1990 :** Biología del minador del tomate, *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) (*Lepidoptera: Gelechiidae*). *Bol Entomol* (5) : 89–99 p.

**-Fischer S., 2009 :** La teigne de la tomate (*Tuta absoluta*), une nouvelle menace pour nos cultures sous abris, extrait de l'information cultures maraîchères no. 13, Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 4 p.

**-Gallais A. et Bannerot H., 1992-** Amélioration des espèces végétales objectifs et critères de sélection. Inra, Paris, 765p.

**-Gonçalves-Gervásio R., Ciociola A.I., Santa Cecília I. V. C. et Maluf W. R., 1999 :** Aspectos biológicos de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (*Lepidoptera: Gelechiidae*) em dois genótipos de tomateiro contrastantes quanto ao teor de 2-tridecanona nos folíolos, *ciênc. agrotec* (23): 247-251 p.

**-Guenaoui Y., 2008 :** *Nouveau ravageur de la tomate en Algérie*. PHYTOMA, la défense des végétaux, n°617, France, 18-19 p.

**-Gausсен H., Lefoy J. et Ozenda P., 1982 :** Précis de botanique. Deuxième ed. Masson, Paris, 172 p.

**-Hamlaoui Y., 2009 :** Efficacité de quelques isolats algériens fongiques de *Trichoderma harzianum* et *Paecilomyces lilacinus* sur les Nématoïdes à galles genre *Meloidoyne*. Thèse. Ing. Univ. Saad Dahlab de Blida, Algérie, 49 p.

**-Hammi, A., 2003 :** Caractérisation de populations de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary dans la région de Saïs. Thèse de doctorat. Université Sidi Mohamed Ibn Abdollah. Fes. Maroc, 272 p.

**-Harman, G.E., 2006 :** Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology* (96) : 190-194 p.

**-Harman E.G., Howell R. C., Viterbo A., Chet I and Lorito M. 2004:** *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent, plant symbionts. *nat.microbiol.* ( 2): 43-56 p.

**-Hasni H., 2012 :** Antagonisme in vitro du genre *Trichoderma* indigène à la rhizosphère de la pomme de terre *Solanum tuberosum* L. à l'égard de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. agent responsable du mildiou en Algérie. Th. Ing. Univ. Saad Dahlab de Blida, 71 p.

**-Jerabi-Bennani H., 1986 :** Etude morphologique et morphogénétique du développement de la tomate (*L. esculentum* Mill) jusqu'à l'initiation de la première inflorescence : contrôles corrélatifs et variabilité de l'expression organogène. Thèse de doctorat en *sciences agronomiques*. Université de Gembloux, Belgique, 159 p.

**Khalafi O., 2011 :** Essai de la lutte par l'utilisation de *Lantana camara* contre quelques ravageurs des cultures. Th. Magistère. Univ. Saad Dahlab de Blida, 93 p.

**-Kovel N., 1976 :** Les cultures maraichères en Algérie, Tome 1. Légumes et fruits, Ed. Ministère de l'Agriculture et des Réformes Agricoles, 52p.

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

**-Kulling C., Mach R.I., Lorito M. and Kubicek C.P., 2000:** Enzyme diffusion from *trichoderma atroviride* (*St. harzianum p1*) to *rhizoctoniasolani* is a prerequisite for triggering of *Trichoderma* ech42 gene expression before mycoparasitic contact. *Applied and Environmental microbiology* (5) : 2232-2234 p.

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

**-Latigui A., 1984 :** Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée, Thèse Magistère INA- el Harrach, 91 p.

**-Laumonier R., 1979 :** Culture légumière et maraîchère, Tome II, Ed. J.B Ballière, Paris, 276 p.

**-Laumonier R., 1979 :** Culture légumière et maraîchère, Tome III, Ed. J.B Ballière, Paris, 279 p.

**-Lebdi Grissa K., Skander M, Mhafdh M. et Belhadj R., 2011 :** Lutte intégrée contre la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (*Lepidoptera: Gelechiidae*) en Tunisie. *Faunistic Entomology* (63) : 125-132 p.

**-Lefebvre D., 2004 :** Approvisionnement en pollen et en nectar des colonies de bourdons *bombus terrestris*. *Ecologie comportementale et modélisation*. Implications pour la pollinisation des fleurs de tomate en serre. Thèse doc l'univ. de Rennes, 288 p.

**-Legrand P., Guillaumin J., Lung-Escarmant B. et Botton B., 2005 :** L'armillaire et le pourridié- agaric des végétaux ligneux. Inra, 504 p.

**-Lepoivre P., 2003 :** Phytopathologie bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte, Ed. Presse agronomique Gembloux, 432 p.

**-Liette I., 2002 :** Le biofongicide *Trichoderma* (rootshield) contre les maladies racinaires et la moisissure grise dans la fraise : tout un potentiel, présentation orale MAPAQ St-Rémi, Canada, 3 p.

**-Lynch J.M., Wilson K.L., Ousley M.A. and Whipps M.A., 1991:** Response of lettuce to *Trichoderma* treatment, lett. appl. microbial (12): 56-61 p.

**-Marcano R., 2008-**. Antifeedant and repellent effects of pongam (*Pongamia pinnata*) and wild sage (*Lantana camara*) on tea mosquito bug (*Helopeltis theivora*). Indian j. Agricultural Sci. (68): 274-276 p.

**-Mc Govern R.J., Datnoff L.E. and Tripp L., 1992:** Effect of mixed infection and irrigation method on colonization of tomato roots by *Trichoderma harzianum* and *Glomus intraradix*. Proc. Fla. State hortic. Soc, (105): 361-363 p.

**-Mohamed-Benkada M., 2006 :** Evaluation des risques fongiques en zones conchylicoles : substances toxiques de souches marines du genre *Trichoderma*. Thèse de doctorat. Univ. Nantes, 139 p.

**-Munero B. et Small E., 1997:** Les légumes du Canada. Ed. Val. Morin, Québec, Canada, 436 p.

**-Ozbay N., Newman S.E. and Brown W.M., 2004:** The effect of the *Trichoderma harzianum* strains on the growth of tomato seedlings. Proc. XXVI IHC-Managing Soil-Borne Pathogens Ed. A. Vanachter Acta Hort, 635p.

**-Nemec S., Datnoff L. and Strandberg J., 1996:** Efficacy of biocontrol agents in planting mixes to colonize plant roots and control root diseases of vegetables and citrus. Crop Prot. (15): 735-742 p.

**-Ousley M.A., Lynch J.M. and Whipps J.M., 1994:** Potential of *Trichoderma* spp. as consistent plant growth stimulators. biol. fertil. soils 17 (1) : 85-90.

**-Paul, B., 1999 :** Répression de *Botrytis cinerea* moisissure grise qui cause la maladie de vigne par un mycoparasite agressif, *Pythium radiosum*. Fems Microbiology Letters (176): 25-30 p.

**-Pesson P. et Louveaux J., 1984 :** Pollinisation et production végétale. Ed. Inra, 663p.

- Philippeau G., 1989 :** Comment interpréter les résultats d'analyse en composantes principales (ACP). Institut technique des céréales et fourrages (ITCF), Paris, 195 p.
- Poinar J., Go R. et Buckley R., 2007 :** Preuve du crétacé inférieur mycoparasitisme et hypermycoparasitisme dans l'ombre. Recherche Mycologique (111): 503-506 p.
- Pyron J.-Y., 2006 :** Références productions légumières, Edition. Lavoisier (synthèse agricole), Paris, 613 p.
- Rabinowitch H.D., 1993:** Special problems of tomato production in hot climates with emphasis on fruit set, colour development and sunscald damage. International course on vegetable production, IAC, Wageningen.
- Ramel J.M. et Oudard E., 2008 :** *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917), éléments de reconnaissance, L.N.P.V., 2 p.
- Rapilly, F., 1968 :** Les techniques de mycologie en pathologie végétale. Annales des epiphyties volume 19. n° hors-série. INRA, Paris, 25-39 p.
- Rey Y. et Costes C., 1965 :** La physiologie de la tomate, étude bibliographique. INRA, 111 p.
- Rick, C. M., 1978:** The tomato. Scientific American. (239): 76 87 p.
- Rifai M.A., 1969:** A revision of the genus *Trichoderma*. Mycologia papers, 116 p.
- Roquebert M.F., 1996 :** Interactions antagonistes des *Trichoderma* sp. dans les systèmes telluriques: systématique, biologie et écologie des organismes. Compte rendu des 4èmes Rencontres en toxicologie, Paris, 13-15 pp.
- 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 p.
- Samuels G. J., Petrini O. and Manguin S., 1994:** Morphological and macromolecular characterization of *Hypocrea schweinitzii* and its *Trichoderma* anamorph. Mycologia, (86): 421-435 p.
- Sefta S., 1999 :** Contribution à l'étude de l'influence des extraits foliaires de *Lantana camara* et de *Ipomoea leari* sur le comportement de ponte *Phthorimaea operculella* Zeller (*Lepidoptera, Gelechiidae*) en milieu de stockage, thèse Ing, INA, el Harrach, Algérie, 56 p.

- Sempere F. et Santamarina D., 2008 :** Suppression des *Nigrospora oryzae* (Berck & Broowe) petch. par un mycoparasite agressif et concurrent, *Penicillium oxalium* curve & thom. *International journal of food microbiology*, (122): 35-43 p.
- Siqueira, H.A.A., Guedes R.N.C. and Picanco M.C., 2000:** Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (*Lepidoptera: Gelechiidae*). *Agricultural and forest entomology* (2): 147-153 p.
- Skiredj, 2006 in Abbad M. et Kelloua H., 2007 :** Contribution à l'étude de comportement de la tomate *Lycopersicum esculentum* Mill. cultivée sur deux types de sols (neutre et salin) tasse ou mélange. Thèse Ing. d'Etat Agro., Blida (Algérie), 56p.
- Skiredj A., 2006 :** Fertilisation, guide pour améliorer la production des cultures, Ed. Rabat, 1- 9 p.
- Sugiyama J., 1987:** Pleomorphic fungi: the diversity and its taxonomic implications. Elsevier, 325 p.
- Torres J.B., Faria C.A. and Evangelista W.S., 2001:** Within-plant distribution of the leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) immatures in processing tomatoes, with notes on plant phenology. *International journal of pest management* (47): 173-178 p.
- Urbaneja A., Vercher R., Navarro V., Garcia Mari F., Porcuna J.L., 2007 in Berkani A. et Badaoui M., 2008 :** La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick (*Lepidoptera; Gelechiidae*). Ed. Inraa, Algérie, 16 p.
- Yedidia I., Benhamou N. and Chet I., 1999:** Induction of defence responses in cucumber plant (*Cucumis sativus* L.) by biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *appl. environ. Microbiol.* (65): 1061-1070 p.
- Zanoun S., 2011 :** Antagonisme *in vivo* des isolats Algériens de *Trichoderma* sp. à l'égard de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. agent responsable du mildiou de la pomme de terre en Algérie. Th. Master 2. Univ. Saad Dahleb, Blida, Algérie, 97 p.
- Zuang H., 1991 :** Mémento nouvelles espèces légumières. E. Ctifl. , Paris, 359 p.

# **Annexes**

## **Annexe1**

### **Composition du milieu de culture (PDA)**

Johnson et Booth, 1983 in Hammi, 2003 :

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

## Annexe 2

**Données climatiques pour la période mai- septembre 2012 (source l'Institut technique d'Arboriculture Fruitière et de la Vigne- ITAFV)**

Mois	pluviométrie	T° maximale	T° minimale	brouillard	siroco	vents forts	H° maximale	H° minimale
<b>Mai</b>	22,1	26,09	12,07	1	0	0	95,41	42,37
<b>Juin</b>	0,2	33,1	17,57	0	0	0	94,06	39,96
<b>Juillet</b>	0	32,68	18,76	0	1	3 V.M 1 V.F	91,67	39,3
<b>Août</b>	60,4	35,86	20,5	4	8	1	93,85	35,44
<b>Septembre</b>	5,5	29,75	15,84				96,82	48,64

## Table de matières

<b>Introduction</b> .....	2
<b><i>Chapitre I : Partie bibliographique</i></b>	
<b>1.1 Généralités sur la tomate</b> .....	4
1.1.1 Origine.....	4
1.1.2 Classification .....	4
1.1.3 Botanique .....	5
1.1.4 Variétés .....	6
1.1.5 Biologie .....	7
- La germination .....	7
- La croissance.....	7
- La floraison.....	7
- La pollinisation.....	7
- La fructification et la nouaison des fleurs.....	8
- La maturation du fruit.....	8
1.1.6 Ecologie.....	8
1.1.7 Importance économique de la tomate.....	9
1.1.7.1 Dans le monde.....	9
1.1.7.2 En Algérie .....	11
1.8 Problèmes phytosanitaires .....	13
<b>1.2 Aperçu sur la mineuse de la tomate</b> .....	16
1.2.1 Introduction .....	16
1.2.2 Taxonomie .....	16
1.2.3 Cycle biologique .....	16
1.2.4 Origine et distribution géographique .....	18
- Spécificité parasitaire .....	18
1.2.5 Symptomatologie .....	19



d'infestation de <i>Tuta absoluta</i> (Meyrich, 1917) .....	
2.1.4.2.1 Période d'apparition des symptômes .....	35
2.1.4.2.2 Réduction de l'infestation .....	35
2.1.5 Analyse statistique .....	35
<b>3. Résultats et discussion</b> .....	36
3.1 Résultats .....	36
3.1.1 Etude de l'effet biostimulant de <i>Trichoderma</i> spp. sur la croissance de la tomate ...	36
3.1.1.1 Effet des deux souches .....	36
A/ sur la variété Marmande .....	37
B/ Sur la variété Saint-Pierre .....	38
C/ Sur la variété Aicha .....	40
3.1.1.2 Evolution temporelle (semaines) de la croissance des plants .....	41
A/ De la variété Marmande .....	41
B/ De la variété Saint-Pierre .....	43
C/ De la variété Aicha .....	45
3.1.1.3 Effet des <i>Trichoderma</i> sur la biomasse végétative .....	46
3.1.1.4 Colonisation des racines par <i>Trichoderma</i> et son maintien dans le sol .....	48
A/ Colonisation des racines .....	48
B/ Maintien des souches de <i>Trichoderma</i> sp. dans le sol .....	48
3.1.2 Etude de l'effet éliciteur de <i>Trichoderma</i> sur <i>Tuta absoluta</i> .....	51
3.1.2.1 Symptômes .....	51
3.1.2.2 Nombre d'œufs .....	51
A/ Pour la variété Marmande .....	52
B/ Pour la variété Saint-Pierre .....	53
C/ Pour la variété Aicha .....	54
3.1.2.3 Taux d'infestation par le lépidoptère .....	55
A/ Pour la variété Marmande .....	56
B/ Pour la variété Saint-Pierre .....	57
C/ Pour la variété Aicha .....	58
<b>3.2 Discussion générale</b> .....	60
<b>Conclusion et perspectives</b> .....	67
<b>Liste bibliographique</b> .....	69
<b>Annexes</b>	
<b>Table des matières</b>	