

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE SAAD DAHLAB-Blida



Faculté de Science de la Nature et de la Vie
Département de Biotechnologies

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Science de la Nature et de la Vie
Spécialité : Biotechnologie des Plantes Aromatiques et Médicinales et des Produits Naturels

**Impact de l'utilisation de deux isolats de *Trichoderma* spp.
sur l'activité antioxydante des fruits de trois variétés de
tomate issues d'une culture en pots.**

Présenté par : **KRALIFAOUI Soumia**

Travail présenté devant le Jury :

Mme. SAHRAOUI F.	MCB	USDB	Présidente du jury
Mme. BELGUENDOUZ R.	MCB	USDB	Examinatrice
M. BENDALI A.	MAA	USDB	Examinatrice
Mme. MOUMENE S.	MAA	USDB	Promotrice

Année universitaire 2014/2015

Remerciement

J'exprime d'abord mes profonds remerciements, ma vive reconnaissance et ma sincère gratitude à Mme Moumene S., Enseignant à la faculté de biotechnologie, Université Saad dahleb de Blida pour avoir accepté de m'encadrer et pour ses conseils et ses précieuses orientations qu'elle n'a cessé de m'apporter tout au long de ce travail.

J'adresse mes sincères remerciements à Mme Sahraoui F., Enseignant à la faculté de Biotechnologie, Université Saad dahleb de Blida, pour l'honneur qu'elle me fait de présider le jury de ce mémoire.

Je tiens à remercier Mr. Bendali A., Enseignant à la faculté de biotechnologie Université Saad dahleb de Blida, pour avoir accepté de juger ce modeste travail.

Je remercie également Mme Belguendouz R., Enseignant à la faculté de biotechnologie, Université Saad dahleb de Blida, de me fait l'honneur d'accepter d'examiner mon mémoire de fin d'études.

Un remerciement particulier va à Mlle. Boukhalfa R., pour son aide qu'elle n'hésita jamais à me proposer dans les moments difficiles. Je la remercie pour sa bienveillance et ces conseils.

Mes sentiments de reconnaissance et mes remerciements vont également à tous mes amis du laboratoire pour les sympathiques moments qu'on a passé ensemble.

A toute la promotion de Master 2 «biotechnologie des plantes aromatiques et médicinales et des produits naturels», année 2014 - 2015.

Enfin, je remercie gracieusement toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci à tous pour tout...et BONNE LECTURE !

Dédicaces

Je dédie cette thèse à :

*Tout d'abord à mes parents qui m'ont soutenu
tout au long de mes études par leur
dévouement et abnégation.*

A ma très chère sœur Takoua

A mon frère Oussama

A toute la famille KRALIFAOUI

A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour

Impact de l'utilisation de deux isolats de *Trichoderma* spp. sur l'activité antioxydante des fruits de trois variétés de tomate.

Ce présent travail vise l'étude de l'effet bio-stimulant et elicitateur de deux isolats algériens de *Trichoderma* spp. sur la culture en pots et sous serre de trois variétés de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) : Marmande, Saint Pierre et Aïcha. Le mode de traitement retenu pour notre étude est la mycorhisation par trempage des racines des plantules de tomate dans les suspensions conidiennes des deux isolats de *Trichoderma* spp. TRA et TRB.

Notre étude s'est basée sur l'évaluation de la croissance végétative des plants de tomate définie par la hauteur des plants, le rendement en nombre, en poids et le calibre des fruits, ainsi que le nombre de graines. Les critères de qualité des fruits produits sont évalués sur la base de leur analyse organoleptique ainsi que l'analyse physico-chimique et biochimique de leurs jus. Plusieurs paramètres sont déterminés, notamment le pH, l'acidité titrable, l'activité antioxydante, les composés nutritionnels (les taux de sucres et d'acide ascorbique et les polyphénols).

Les résultats montrent que les deux isolats ont stimulé la croissance et amélioré le rendement en poids, la production de graines et le calibre des fruits. Leur effet elicitateur est important vis-à-vis des larves de Noctuelles et des maladies fongiques par rapport aux témoins. Par ailleurs, cela nous a permis de confirmer leur pouvoir colonisateur des racines et de la rhizosphère des plants de tomates inoculés. Pour la qualité organoleptique, les fruits de tomates issus des plants traités par l'isolat TRA sont plus rouges, plus sucrés et de texture plus épaisse, leur conférant, ainsi, une meilleure résistance contre les bio-agresseurs. Les analyses biochimiques et physico-chimiques de leurs jus révèlent des teneurs en acide ascorbique et en polyphénols nettement meilleures à celles des témoins des trois variétés. Par contre, le pH, l'acidité titrable et le taux de sucres sont très voisins à ceux des témoins. L'utilisation de l'isolat de *Trichoderma* sp TRA d'Algérie est recommandée en culture biologique de la tomate pour l'amélioration du rendement et la qualité des fruits.

Mots-clés: *Trichoderma* spp., *Lycopersicon esculentum* Mill, Elicitation, Bio-stimulation, Activité antioxydante.

Impact of use of two isolates of *Trichoderma* spp. on the antioxidant activity of fruits of three varieties of tomato.

This work aims to study the bio-stimulant and elicitor effects of two Algerian isolates of *Trichoderma* spp. on growth in pots in a greenhouse of three varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.): Marmande, Saint Pierre and Aïcha. The effective treatment method for our study is the mycorrhisation by soaking the roots of tomato seedlings in suspensions of conidia of two isolates of *Trichoderma* spp. TRA and TRB isolates from Algeria.

Our study is based on the evaluation of the vegetative growth of tomato plants defined by plant height, yield in number, weight and size of fruits, as well as the number of seeds. The criteria for product quality fruits are valued on the basis of their organoleptic, chemical and biochemical analysis of their juice. Several parameters are determined such as, pH, total acidity, antioxidant activity, nutritional compounds such as sugar content and ascorbic acid and polyphenols compounds.

The results showed that two isolates of *Trichoderma* spp. stimulated growth and improving the weight yield, seed production and fruit size. Their elicitor effect is remarkable against the Noctuidae larvae and fungal diseases, compared to controls. Which confirms their colonizing power of roots and rhizosphere of inoculated tomato plants. The tomato's fruits produced by treated plants with *Trichoderma* sp. TRA isolate. are redder, sweeter and thicker texture, giving them better resistance against pests and diseases Biochemical and chemical analyzes reveal that the concentration of their juice in polyphenols and ascorbic acid are significantly better than the control of three varieties . However, pH, acidity and sugar content are very close to the latter. Using *Trichoderma* sp. TRA isolate of Algeria is recommended in the cultivation of organic tomatoes to improve the yield and fruit quality.

Keywords: *Trichoderma* spp., *Lycopersicon esculentum* Mill, Elicitation, Bio-stimulation, antioxidant activity

أثر استخدام *Trichoderma sp.* على نشاط مضادات الأكسدة على ثمار ثلاثة أصناف من الطماطم.

يهدف هذا العمل الحالي على تحسين البيولوجي للمردود ومكافحة الامراض بواسطة *Trichoderma spp.* على زراعة ثلاثة أصناف من الطماطم (Marmande, Saint Pierre, Aïcha (*Lycopersicon esculentum* Mill.) اصيصات تحت بيوت بلاستيكية. طريقة العلاج المتبع في دراستنا هي نقع جذور شتلات الطماطم في محلولات لاثنين من انواع *Trichoderma spp.* TRA و TRB من الجزائر.

تستند دراستنا على تقييم النمو الخضري للنباتات الطماطم التي يحددها ارتفاع النباتات، والعائد في العدد والوزن وحجم الثمار، فضلا عن عدد البذور. يتم تقييم جودة المنتج على أساس تحاليل حسية والكيميائية وتحاليل كيميوية بواسطة استعمال عصير الفواكه. يتم ايضا تحديد عدة معايير مثل درجة الحموضة، الحموضة، النشاط المضاد للأكسدة، مركبات غذائية مثل السكر ومحتوى حمض الاسكوريك وكذلك مادة البوليفينول.

أظهرت النتائج أن كلا النوعين من *Trichoderma spp.* حفز النمو وقام بتحسين العائد في وزنها، وعدد بذورها وحجم ثمارها. ولها تأثير لافنت للنظر في مكافحة يرقات نوكتويال والأمراض الفطرية، مقارنة بالشاهد. هذا مما يؤكد على قوة الاستعمارية لجذور نباتات الطماطم وفي التراب، لنباتات المنقوعة. بالنسبة للجودة الحسية، ثمار طماطم النباتات المنقوعة في *Trichoderma sp.* TRA هي أكثر احمرارا، ولها طعم حلو وملمس أكثر سماكة، مما يمنحها أفضل مقاومة للآفات والأمراض. بالنسبة لتحاليل الكيميوحيوية والكيميائية تكشف ان تركيز حمض الاسكوريك والبوليفينول أفضل بكثير من الشاهد. عكس ذلك، درجة الحموضة ومحتوى السكر قريبة جدا من هذا الأخير. يوصى باستخدام *Trichoderma sp.* TRA من الجزائر في زراعة العضوية لطماطم لتحسين المحصول وجودة الثمار.

الكلمات المفتاحية: *Trichoderma spp.*، *Lycopersicon esculentum* Mill، الاستنباط، تحسين البيولوجي، النشاط المضاد للأكسدة.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau.01: Teneurs en caroténoïdes pour 100 g de tomate crue	10
Tableau.02: Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate crue	11
Tableau.03: Les principales maladies de la tomate	14
Tableau.04: Teneurs en quelques composés phénoliques dans la tomate fraîche	25
Tableau.05 : Caractéristiques des variétés de tomates utilisées	29
Tableau.06: Analyse de la variance de la croissance végétative des plants de tomate	39
Tableau.07: Analyse de la variance du nombre de fruits de tomates par 10 plants	40
Tableau.08: Analyse de la variance du rendement en poids des fruits de tomates	41
Tableau.09: Analyse de la variance des calibres de fruits de tomates	43
Tableau.10: Analyse de la variance de nombre de graines	45
Tableau.11: Analyse de la variance des taux d'infestation des fruits de tomates	47
Tableau.12: Isolement des isolats de <i>Trichoderma</i> spp. à partir des plants des variétés de tomates traités et témoins	49
Tableau.13: Critères de qualité des fruits des trois variétés de tomates récoltés de plants traités par <i>Trichoderma</i> spp. et des plants témoins	50
Tableau.14: Analyse de la variance des pH des échantillons de fruits de tomates	52
Tableau.15: Analyse de la variance de l'acidité titrable des échantillons de fruits de tomates	53
Tableau.16: Pourcentage d'inhibition des radicaux libres des jus de fruits de tomates	54
Tableau.17: Analyse de la variance de l'activité antioxydante des échantillons de jus de fruits de tomates selon les traitements, les variétés et les concentrations	55
Tableau.18: Analyse de la variance des taux de sucres des échantillons de fruits de tomates	57
Tableau.19: Analyse de la variance des taux d'acide ascorbique des échantillons de fruits de tomates selon les variétés et les traitements	58
Tableau.20: Analyse de la variance du rendement en extraits secs des extraits méthanolique des échantillons de fruits de tomates selon les variétés et les traitements	59
Tableau.21: Analyse de la variance des taux des phénols totaux des extraits méthanoliques de jus de fruits de tomates selon les variétés et les traitements	60

LISTE DES FIGURES

Figure.01: Description morphologique des parties de la plante de tomate	06
Figure.02: Part de la production de tomate par région (2000- 2010)	12
Figure.03: Production du top 5 des producteurs (2000- 2010)	13
Figure.04: Production de tomate en Algérie (2005- 2010)	13
Figure.05: Sections systématiques de <i>Trichoderma</i> spp. et quelques agrégées de Rifai (1969)	17
Figure.06: Aspect morphologique d'un conidiophore de <i>Trichoderma longibrachiatum</i>	18
Figure.07: La structure moléculaire du lycopène.	23
Figure.08: Dispositif expérimental de la mise en culture de trois variétés de tomates en pots et sous serre des plants témoins et ceux traités par <i>Trichoderma</i> spp	31
Figure.09: Evolution temporelle de la hauteur des plants selon le traitement à base des isolats de <i>Trichoderma</i> spp. et les variétés de tomate	38
Figure.10: Analyse de la variance en modèle GLM de la croissance végétative des plants de tomates selon les traitements et les variétés	39
Figure.11: Analyse de la variance en modèle GLM de l'effet de <i>Trichoderma</i> spp. sur le nombre de fruits de tomates par 10 plants selon les traitements et les variétés	41
Figure.12: Analyse de la variance en modèle GLM du rendement en poids des fruits de tomates selon les traitements et les variétés	42
Figure.13: Les fruits des plantes traités et témoins de trois variétés	43
Figure.14: Analyse de la variance en modèle GLM des calibres de fruits de tomates selon les traitements et les variétés	44
Figure.15: Effet des traitements à base de <i>Trichoderma</i> spp. sur le nombre de graines	44
Figure.16: Analyse de la variance en modèle GLM de l'effet de <i>Trichoderma</i> spp. sur le nombre de graines par 20g de fruits de tomate, selon les traitements et les variétés	45
Figure.17: Symptômes de pourritures sur les fruits de tomates récoltés à partir des plants témoins	46
Figure.18: Développement des isolats fongiques du genre <i>Aspergillus</i> et <i>Alternaria</i>	46
Figure.19: Analyse de la variance en modèle GLM de l'effet de <i>Trichoderma</i> spp. sur l'infestation des plants par les insectes selon les traitements et les variétés	47
Figure.20: Fruits de tomates témoins infestés par les larves de Noctuelle (a et b) et fruits sains traités par les isolats TRA et TRB (c et d).	48
Figure.21: Absence des colonies des isolats de <i>Trichoderma</i> spp. dans le jus de fruits de tomates de la variété Saint pierre sur milieu PDA, selon les traitements des plants	51

Figure.22: Analyse de la variance en modèle GLM du pH des échantillons de fruits de tomates selon les traitements et les variétés	52
Figure.23: Analyse de la variance en modèle GLM des taux d'acidité titrable des échantillons de fruits de tomates selon les traitements et selon les variétés	53
Figure.24: Activité antioxydante des échantillons de jus de fruits de tomates selon les traitements et les variétés	54
Figure.25: Analyse de la variance en modèle GLM de l'activité antioxydante des échantillons de jus de fruits de tomates selon les concentrations, les traitements et les variétés.	56
Figure.26: Analyse de la variance en modèle GLM de l'effet de <i>Trichoderma</i> spp. sur le Taux de sucres des fruits de tomates selon les traitements et les variétés	57
Figure.27: Analyse de la variance en modèle GLM de l'effet de <i>Trichoderma</i> spp. sur le taux d'acide ascorbique des échantillons de fruits de tomates	58
Figure.28: Analyse de la variance en modèle GLM du rendement en extraits secs des extraits méthanolique des échantillons de fruits de tomates selon les variétés et les traitements	59
Figure.29: Analyse de la variance en modèle GLM des teneurs en phénols totaux des jus de fruits de tomates selon les traitements et les variétés	60

ADL: Acide détergent lignine

AFNOR: Association Française de Normalisation.

AI: La variété Aicha

ANOVA: Analyse de variance

CHS: Chalcone Synthase

DPPH: 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

FAO: Food and Agriculture Organization

GAE: Gallicacideéquivalents

GLM: General Linear Model.

HCl : Acide chlorhydrique

ISO : L'Organisation Internationale de Normalisation.

MAR : La variété la Marmande

N : Normalité

NaOH: L'hydroxyde de sodium

NF: Norme Française

PAL : Phénylalanine aminométhylase

PDA : Potato dextrose agar

SP: La variété Saint Pierre

SRPV: Station Régionale de l'Institut Nationale de la Protection des Végétaux

T: Témoin

TRA: L'isolat A de *Trichoderma* spp.

TRB: L'isolat B de *Trichoderma* spp.

UV: Ultra-violet

Sommaire

Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des Tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	02
Chapitre I : partie bibliographique	04
1.1 Généralités sur la tomate	04
1.1.1 Origine et Historique	04
1.1.2 Taxonomie	04
1.1.3 Description morphologique	05
1.1.4 Les variétés de tomate	06
1.1.5 Biologie	07
1.1.6 Ecologie	09
1.1.7 Cultures de la tomate	09
1.1.8 Valeur nutritive de la tomate	10
1.1.9 Production et importance économique de la tomate	12
1.1.10 Problèmes phytosanitaires	14
1.2 Généralités sur <i>Trichoderma</i> spp	15
1.2.1 Historique	15
1.2.2 Taxonomie	16
1.2.3 Aspect cultural et morphologie	18
1.2.4 Ecologie	19

1.2.5 Biologie	19
1.2.6 Importance de <i>Trichoderma</i> spp. en agriculture	20
1.2.7 Mécanismes d'action des <i>Trichoderma</i>	20
1.3 Les antioxydants	21
1.3.1 Généralités sur les antioxydants	21
1.3.2 Principales sources d'antioxydants	22
1.3.3 Rôle du complexe antioxydant	22
1.3.4 Les antioxydants de la tomate	22
1.4 Polyphénols	24
1.4.1 Généralités biochimiques	24
1.4.2 Localisation et rôle dans les plantes	24
1.4.3 Composés phénoliques de la tomate	25
1.4.4 Influence de l'environnement sur la synthèse des composés phénoliques	26
1.4.5 Rôles et propriétés des polyphénols	26
1.4.6 Méthodes de dosage des composés phénoliques	27
Chapitre II : Matériels et méthodes	28
2.1 Introduction	28
2.2 Matériel biologique	28
2.2.1 Matériel fongique	28
2.2.2 Le matériel végétal	29
2.3 Effet biostimulant des isolats de <i>Trichoderma</i> sp	30
2.3.1 Mise en culture des variétés de tomate et Mode de traitements à base des isolats <i>Trichoderma</i> sp	30
2.4 Effet eliciteur des isolats de <i>Trichoderma</i> sp	32
2.5 Pouvoir colonisateur des racines des plants de tomate par les isolats de <i>Trichoderma</i> sp	32

2.6 Etude de critères de qualité des fruits de tomates	33
2.6.1 Préparation du jus de tomates	33
2.6.2 Critères organoleptiques des fruits de tomates	33
2.6.3 Analyses physicochimiques des fruits de tomates	34
2.6.4 Critères nutritionnels des fruits de tomates	35
2.6.5 Analyse biochimique	36
2.6 Analyse statistique	37
Chapitre III : Résultats et discussion	38
3.1 Effet biostimulant de <i>Trichoderma</i> sp	38
3.1.1 Croissance végétative	38
3.2 Effet biostimulant de <i>Trichoderma</i> sp. sur la production des fruits de tomates	40
3.2.1 Rendement en nombre de fruits	40
3.2.2 Rendement en poids de fruits par dix plants	41
3.2.3 Calibre des fruits	42
3.2.4 Le nombre des graines	44
3.3 Effet eliciteur des isolats de <i>Trichoderma</i> sp	46
3.4 Pouvoir colonisateur racinaire des isolats de <i>Trichoderma</i> sp	49
3.5 Etude de critères de qualité des fruits de tomates	50
3.5.1 Critères organoleptiques	50
3.5.2 Analyses physicochimiques des fruits de tomates	52
3.5.3 Critères nutritionnels des fruits de tomates	57
3.6.4 Analyse biochimique	59
Conclusion et perspectives	62

Introduction Générale

Introduction

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) est la troisième espèce cultivée au monde, après la pomme de terre et la patate douce, et le deuxième légume le plus consommé (De Broglie et Guérault, 2005). La culture de la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole algérienne (Snoussi, 2010).

La tomate est sujette à l'attaque par une multitude de microorganismes pathogènes. En effet, sa culture intensive a généré et a amplifié les problèmes phytosanitaires d'origine microbienne (Boudyach et al., 2004). Outre les champignons et les virus, les bactéries pathogènes entraînent une réduction importante de la qualité et du rendement de cette culture (Gartemann et al., 2003). La capacité des *Trichoderma* à contrôler des agents pathogènes telluriques est connue depuis la fin des années 1920 (Mohamed- Benkada, 2006). Ils ont été utilisés comme agents de lutte biologique contre un large spectre de pathogènes. Les travaux de Lynch et al., (1991) ont montré que certaines souches de *Trichoderma* semblaient exercer une action stimulatrice sur la croissance de certaines plantes. Aussi, ils présentent un avantage incontestable dans la protection des maladies racinaires et des parties aériennes.

De nombreuses études épidémiologiques ont montré les effets bénéfiques d'un régime riche en fruit et légumes, ces effets pourraient être en partie dus aux micro-constituants (caroténoïdes, composés phénoliques, vitamines, minéraux, etc.) contenues dans ces produits (Chanforan, 2010).

La tomate s'est révélée être riche en micro-constituants antioxydants, d'après certaines études, une consommation régulière de la tomate ou de produits à base de tomate réduirait les risques de cancer mais également des maladies cardiovasculaires, de diabète et d'ostéoporose (Chanforan, 2010).

De nombreux travaux de recherche ont porté sur la caractérisation organoleptique et l'analyse chimique et biochimique des fruits de tomates. Ce fruit et ses produits sont d'excellents sources d'antioxydants naturels en grande partie sous forme de caroténoïdes, composés phénoliques, tocophérols et acide ascorbique (Moco et al., 2007).

Dans ce sens, notre étude vise l'amélioration du rendement et la qualité des fruits de trois variétés de tomates par l'étude de la biostimulation et la résistance induite par les isolats de *Trichoderma* spp. aux plants de tomates contre les bio-agresseurs. L'étude est complétée par le dosage des composés nutritionnels, des polyphénols totaux et l'activité antioxydante.

Chapitre I

Etude Bibliographique

1.1 Généralités sur la tomate

1.1.1 Origine et historique

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) est originaire des Andes d'Amérique du Sud. Elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe au XVIème siècle par les Espagnols avant même la pomme de terre et le tabac (Shankara et *al.*, 2005).

Le genre *Lycopersicon* comprend neuf espèces, dont une seule ; *Lycopersicon esculentum* sous sa forme sauvage ceraciforme, qui pourrait être directement à l'origine des autres variétés, a émigré vers le Sud de l'Amérique du Nord (Chaux et Foury, 1994).

Au départ, les européens l'exploitèrent pour un usage purement ornemental et évitèrent sa consommation à cause des liens de parenté botanique très étroits avec certaines espèces végétales connues comme plantes vénéneuses en l'occurrence, *Hyocinus niger*, *Lycopersicon atropa* (Kovel, 1976). En effet, elle a été longtemps considérée comme une plante toxique, au même titre que la mortelle Belladone (*Atropa belladonna*). Ce n'est que vers les années 1920-1930 qu'elle commença à être largement commercialisée.

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros) qui l'ont introduite en raison des conditions climatiques qui sont propices pour sa culture. Quant à sa consommation, elle 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 Taxonomie

La tomate est une solanacée qui 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 (Munro et Small, 1997).

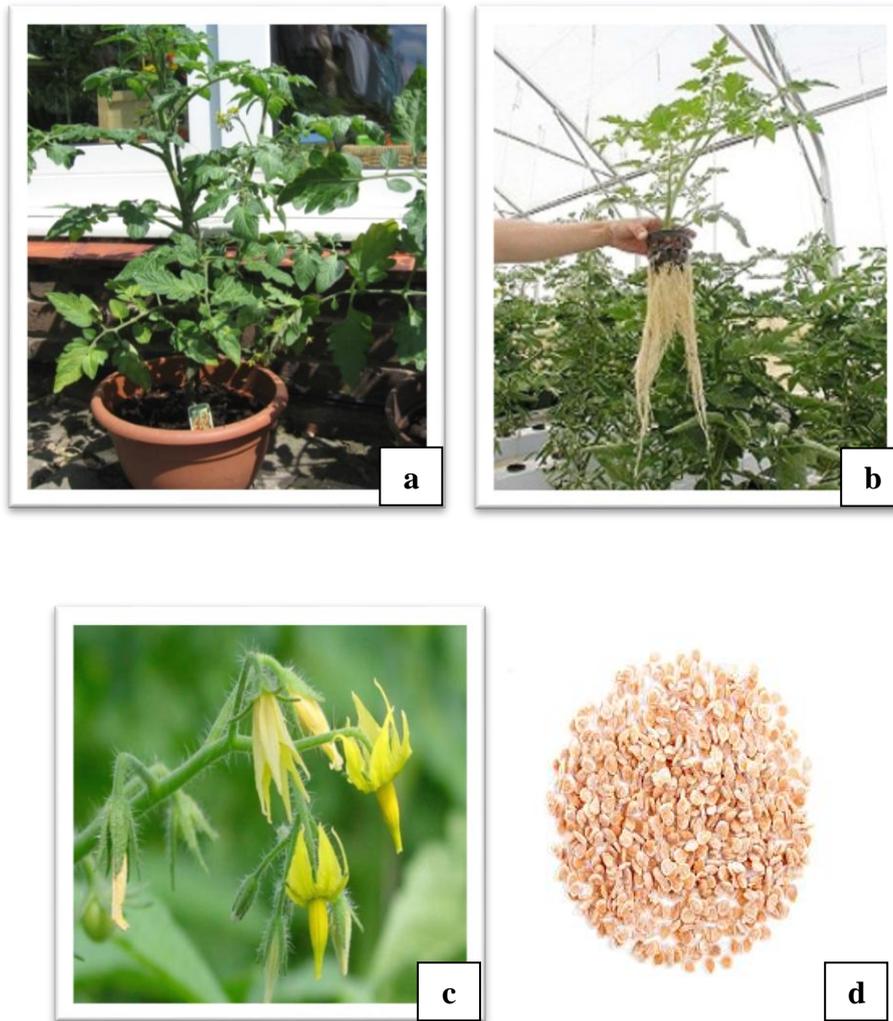
Kovel (1976) a défini la tomate *Lycopersicum esculentum* Mill. Comme une plante herbacée annuelle et autogame.

Gausсен et *al.*, (1982) ont établi la classification de la tomate comme suit :

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

1.1.3 Description morphologique

Selon la description de Berti (1989), la tomate est une liane annuelle, à port buissonnant dont la longueur peut dépasser plusieurs mètres. Elle porte de nombreuses feuilles velues alternes et composées, ainsi que plusieurs bourgeons latéraux et des inflorescences jaunes en grappes ou en bouquets qui peuvent être simples, doubles ou composées. Sa tige herbacée se lignifie rapidement avec l'âge de la plante et devient anguleuse (Figure.01a). Le système racinaire est fasciculé et puissant pouvant atteindre 150 cm de profondeur et 70 cm de largeur (Figure.01b). Les fleurs sont bisexuées et régulières. Elles poussent opposées et/ou entre les feuilles. Le tube du calice est court et velu, les sépales sont persistants (Figure.01c). La plante est principalement autogame, mais la fécondation croisée peut avoir lieu ; les abeilles et les bourdons étant les principaux pollinisateurs. Les graines sont nombreuses, en forme de rein ou de poire. Elles sont poilues, beiges, de 3 à 5 mm de longueur et 2 à 4 mm de largeur (Figure.01d). L'embryon est enroulé dans l'albumen (Shankara et *al.*, 2005).



A: plant de tomate, b: les racines, c: fleurs, d: les graines

Figure.01 : Description morphologique des parties de la plante de tomate (Shankara et *al.*, 2005).

1.1.4 Les variétés de tomate

Les tomates peuvent être classées d'après leurs caractères morphologiques et botaniques. Les variétés sont très nombreuses. A cet effet, ces dernières peuvent être classées selon leur croissance qui peut être du type indéterminé ou du type déterminé (Polese, 2007).

1.1.4.1 Les variétés à port indéterminé

Les variétés à port indéterminé sont les plus nombreuses. Elles continuent de pousser et de produire des bouquets de fleurs tant que les conditions leur conviennent. Comme leur développement est exubérant, leur tige doit être attachée à un tuteur sous peine de s'affaisser au sol. Il est également nécessaire de les tailler et de les ébourgeonner régulièrement. Elles ont

une production plus étalée et sont plus productives que les tomates à port déterminé (Polese, 2007). Parmi ce type de croissance, il existe deux types de variétés:

- Les variétés fixées: il existe plus de 500 variétés dont les caractéristiques génotypiques et phénotypiques se transmettent pour les générations descendantes. Elles sont sensibles aux maladies, mais donnent des fruits d'excellente qualité gustative (Polese, 2007). Les variétés les plus utilisées en Algérie sont la Marmande et la Saint Pierre (Snoussi, 2010).
- Les variétés hybrides : sont plus d'un millier. Elles sont relativement récentes puisqu'elles n'existent que depuis les années 1960, qui, du fait, de l'effet hétérosis, présentent la faculté de réunir plusieurs caractères d'intérêt (bonne précocité, bonne qualité de résistance aux maladies et aux attaques parasitaires et donc un bon rendement). Ces hybrides ne peuvent être multipliés vu qu'ils perdent leurs caractéristiques dans les descendance (Polese, 2007). Les variétés les plus utilisées en Algérie sont Actana, Agora, Bond, Nedjma, Tafna, Tavira, Toufan, Tyerno et Zahra (Snoussi, 2010).

1.1.4.2 Les variétés à port déterminé

Ce sont des variétés naines. Leur croissance s'arrête une fois que la plante a produit un nombre déterminé de bouquets de fleurs (en général trois ou quatre). C'est dans ce type de tomate que l'on trouve, le plus souvent, les variétés industrielles de conserverie, cultivées en plein champ. Pour ce type de croissance, on retrouve, également, des variétés fixées et des hybrides (Polese, 2007). Les hybrides suivants sont les plus utilisés en Algérie : Farouna, Joker, Luxor, Super Red, Tomaland, Top 48, Suzana, Zigana, Zeralda et la variété Aïcha pour les variétés fixées (Snoussi, 2010).

1.1.5 Biologie

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

- La germination

La germination est épigée. Elle exige une température ambiante d'environ 20°C et une humidité relative de 70 à 80 % (Chaux et Foury, 1994).

- **La croissance**

Selon Laumonier (1979), la croissance du plant de tomate se déroule en deux phases et dans 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.

En plein champ : Après l'apparition des feuilles à photosynthèse intense et des racines fonctionnelle. Les plantes continuent leur croissance. La tige s'épaissit et augmente son nombre de feuille.

- **La floraison**

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, débutant par les boutons floraux. La floraison dépend de la photopériode, de la température et des besoins en éléments nutritifs des plants.

- **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**

La nouaison est conditionnée particulièrement par la température. Elle est optimale aux températures comprises entre 13 à 15°C, mais les nuits chaudes à 22°C sont défavorables à la nouaison (Rey et Costes, 1965). 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 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, 1965).

1.1.6 Ecologie

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 premiers bouquets surtout à de basses températures (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).

Chibane (1999) a montré que la tomate n'a pas d'exigences particulières en matière de sol, cependant, elle s'adapte bien dans les sols profonds, meubles et 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 et 7 (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).

Les principaux éléments nutritifs dont la plante a besoin sont l'azote, le phosphore et le potassium. La plante puise également des éléments indispensables en plus petites quantités (calcium, magnésium, soufre...) et des oligo-éléments en très petites quantités (fer, manganèse, zinc, cuivre ...) (Skiredj, 2006).

1.1.7 Cultures de la tomate

La tomate est cultivée selon deux systèmes principaux qui sont:

- **La culture de plein champ**

Ce système de culture est le plus répandu. Si l'irrigation est disponible, les plantations

peuvent être faites en saison sèche. La mécanisation est souvent réduite à la préparation du sol (Cirad et Gret, 2002).

- **La culture sous abris**

Ce système de culture vise à produire les tomates au long de l'année. Il permet de développer des productions hydroponiques, supprimant ainsi certaines contraintes liées au sol (Cirad et Gret, 2002). La culture sous abri fournit aujourd'hui une part essentielle du marché de frais pour les légumes-fruits tels que la tomate (Jeannequin et *al.*, 2005).

1.1.8 Valeur nutritive de la tomate

Le fruit de tomate est d'une grande valeur nutritive. Il est aussi très diététique. Durant les dernières décennies, la consommation de tomate a été associée à la prévention de plusieurs maladies comme le cancer ou les maladies cardiovasculaires (Sharoni et Levi, 2006; Wilcox et *al.*, 2003). Cet effet protecteur a été principalement attribué à ses précieux composants bioactifs avec propriétés antioxydants (Borguini et Torres, 2009) comme les carotènes (lycopène qui donne leur couleur rouge aux tomates ainsi que le β -carotène), l'acide ascorbique, tocophérol et les composés phénoliques (Martinez-Valverde et *al.*, 2002 ; Periago et *al.*, 2009) (Tableau.01). Le lycopène révélé comme le plus puissant antioxydant caroténoïdien a également montré d'autres effets bénéfiques sur la santé tels que l'induction de la communication entre les cellules, la modélisation des hormones du système immunitaire et d'autres voies métaboliques. Il neutralise, plus efficacement, le radical libre, particulièrement agressif, dérivé de l'oxygène. Aussi, les composés phénoliques présentent un large éventail de propriétés physiologiques comme des anti-allergéniques, anti-inflammatoires, anti-microbiens, anti-athérogènes et à effets cardioprotecteurs (Balasundram et *al.*, 2006).

Tableau.01: Teneurs en caroténoïdes pour 100g de tomate crue (Canene-Adams et *al.*, 2005).

β -carotène	449 μ g
α _carotène	101 μ g
Lycopène	25573 μ g
Lutein_zeaxanthin	123 μ g
Phytoene	1860 μ g
Phytofluene	830 μ g

La tomate est un aliment diététique, très riche en eau, en éléments minéraux et en oligo-éléments (Tableau.02). Parmi les minéraux de la tomate, le potassium domine largement, suivi par le chlore, le phosphore et le magnésium. Parmi les oligo-éléments, on peut noter des teneurs non négligeables en fer et en zinc, ainsi que des traces de cobalt, de nickel, de fluor, de bore et de sélénium. Les vitamines du groupe B sont assez abondantes et toutes représentées y compris la vitamine B8 et l'acide folique (vitamine B9). Par contre, ce fruit ne renferme que de faibles quantités de glucides (3%), de protéines (moins de 1 %) et seulement des traces de lipides. De ce fait, elle est pauvre en calories (15 Kcal pour 100 g, soit 63 k Joules) (Favier et *al.*, 2003).

Tableau.02: Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate crue (Favier et *al.*, 2003).

Composants de la tomate crue		
Eau		93,8g
Valeur calorique		19Kcal
Eléments énergétiques	Protides	0,8g
	Glucides	3,5g
	Lipides	0,3g
Vitamines	Provitamine A	0mg
	Vitamine B1	0,06mg
	Vitamine B2	0,05mg
	Vitamine B6	0,08mg
	Vitamine C	18mg
	Vitamine PP	0,6mg
Minéraux	Fer	0,4mg
	Calcium	9mg
	Magnésium	11mg
	Phosphore	24mg
	Potassium	226mg
	Sodium	5mg
Fibres		1,2g

1.1.9 Production et importance économique de la tomate

1.1.9.1 Importance mondiale

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.02).

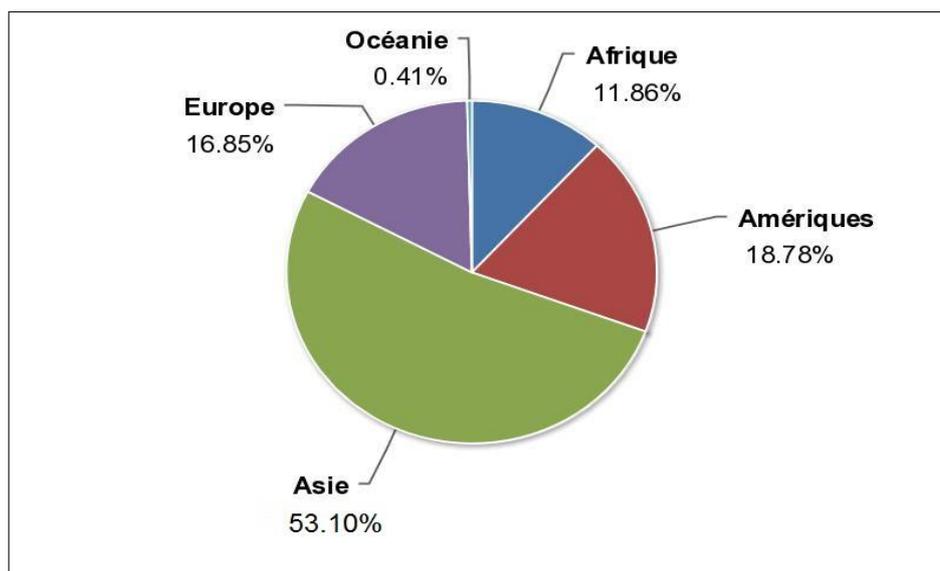


Figure.02: Part de la production de tomate par région (2000- 2010) (FAO Stat, 2012)

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).

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.03).

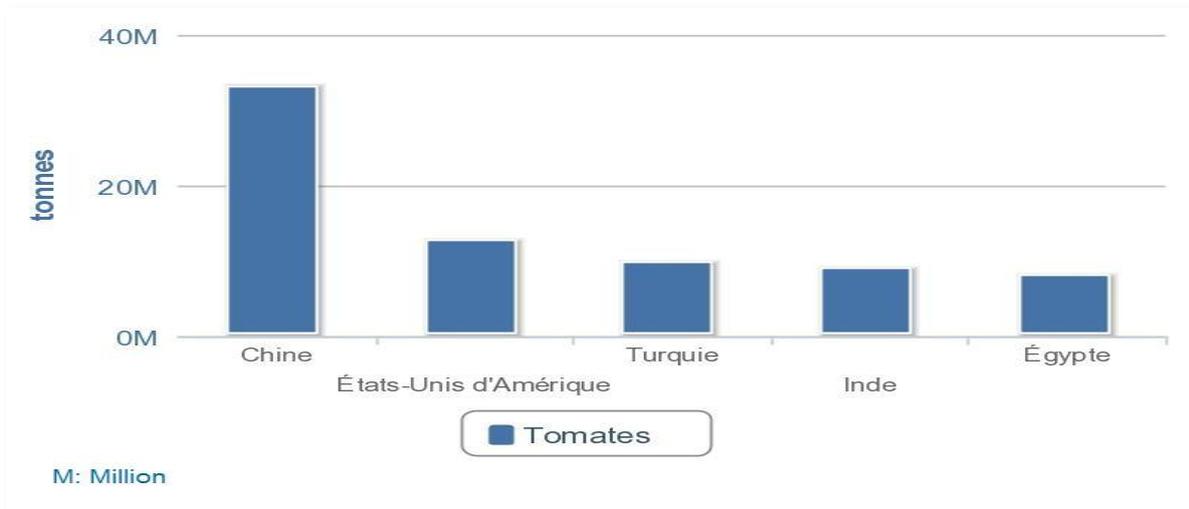


Figure.03: Production du top 5 des producteurs (2000- 2010) (FAO Stat, 2012)

1.1.9.2 Importance en Algérie

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 occupe une surface de 6000 ha dont l'essentiel est localisé au niveau des zones littorales et sublittorales (Abbad et Kelloua, 2007). Pour autant, la production a connu une baisse notable depuis 2006, atteignant en 2010 578.700 tonnes, selon un rapport de la FAO (FAO Stat, 2012) (Figure.04).

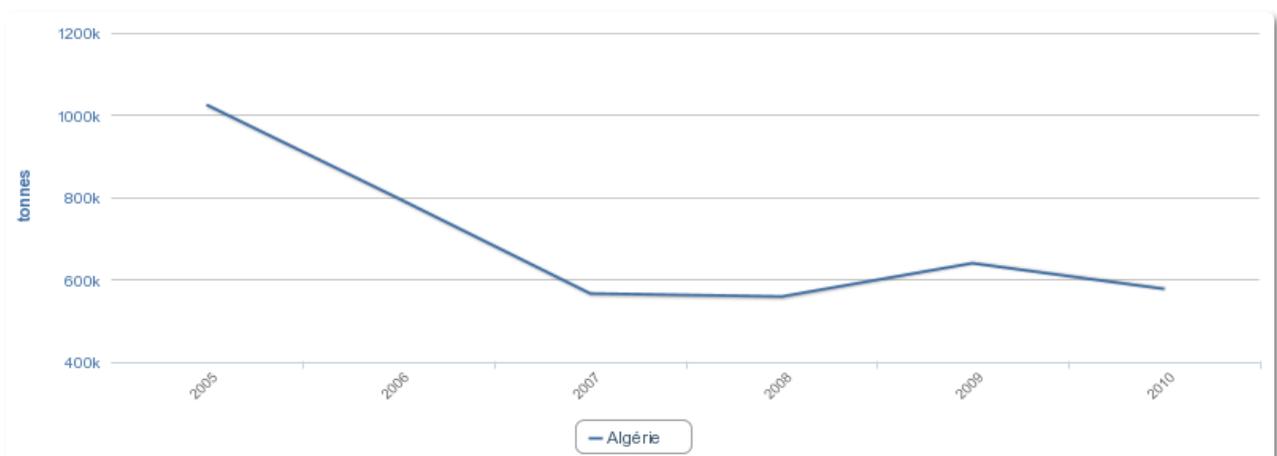


Figure.04: Production de tomate en Algérie (2005- 2010) (FAO Stat, 2012)

1.1.10 Principaux problèmes phytosanitaires de la culture de tomate

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). Ces pathologies sont principalement dues à des champignons, bactéries et virus. Le tableau.03 donne quelques exemples de ces pathologies tout en évoquant les agents causals.

Tableau.03: Les principales maladies de la tomate

Les maladies fongiques	Les maladies bactériennes	Les viroses
<p>L'alternariose: causée par <i>alternaria alternata</i> f. sp. <i>lycopersici</i></p> <p>L'oïdium: causé par <i>leveillula taurica</i></p> <p>La pourriture grise: causée par <i>Botrytis cinerea</i></p> <p>Les fusarioses: causées par <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> et <i>F.oxysporum</i> f.sp. <i>radici-lycopersici</i></p> <p>La verticilliose: causée par <i>Verticillium dahlia</i></p> <p>La cladosporiose: causée par <i>Fulvia fulva</i> = <i>Cladosporium fulvum</i></p>	<p>Le chancre bactérien : causé par <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i></p> <p>La moucheture des feuilles : causée par <i>Pseudomonas syringae</i>pv. <i>syringae</i></p> <p>La tache bactérienne : causée par <i>Pseudomonas syringae</i>pv. <i>Tomato</i></p> <p>La moucheture bactérienne : causée par <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i></p> <p>Le flétrissement bactérien : causé par <i>Ralstonia solanacearum</i></p> <p>La moelle noire : causée par <i>Pseudomonas corrugata</i></p> <p>La pourriture molle bactérienne : causée par <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>Carotovora</i></p>	<p>La mosaïque de la tomate causée par le virus de la mosaïque de la tomate (ToMV) et par d'autres virus non spécifiques qui attaquent la tomate</p> <p>La maladie bronzée de la tomate : Virus de la maladie bronzée de la tomate (TSWV)</p> <p>Maladie des feuilles jaunes en cuillère de la tomate (Tylc) : Virus des feuilles jaunes en cuillère de la tomate</p> <p>La jaunisse apicale de la tomate : Virus de la jaunisse apicale de la tomate</p>

Il faut noter que la culture de la tomate est également soumise à l'action néfaste de plusieurs ravageurs tels que les insectes (la mineuse de la tomate, la mouche blanche, les noctuelles, les thrips...), les nématodes (notamment les nématodes à galles) et les mollusques

(surtout la limace grise). Et comme les maladies précitées, ces ravageurs causent aussi des pertes importantes au niveau de cette culture.

La noctuelle de la tomate, presque cosmopolite, est un des ravageurs les plus importants dans les zones tropicales et subtropicales. Les fruits de tomate sont troués, les feuilles rongées, les bouquets floraux coupés. Les fruits piqués à l'état jeune tombent généralement; les autres pourrissent sur les plantes ou sont déformés (Collingwood, 1984).

Encore très jeunes et petites, les larves s'infiltrant dans le fruit et passent inaperçues dans les tomates pelées, destinées à la conservation, ce qui entraîne des pertes commerciales très élevées (INRA, 1998). Les attaques les plus importantes se situent entre janvier et mai entraînant de graves dégâts sur les cultures de poivron, pomme de terre, tomate, haricot et chou (Collingwood, 1984).

Diverses méthodes de lutte sont utilisées contre ce ravageur, dès la nouaison des fruits ou dès l'apparition d'œufs ou de petites chenilles mais avant la pénétration dans les fruits. Les essais de lutte biologique avec *Trichogramma* sp. et *Bacillus thuringiensis* n'ont été que très partiellement efficaces (CDH, 1986). Aux Etats-Unis, des produits à base de neem (*Azadirachtaindica*) et des amandes de graines (*Prunus amygdalus*) (Jaglan et al., 1997) ont contrôlé plus ou moins efficacement la noctuelle de la tomate (Stark et Walter, 1995).

1.2 Généralités sur *Trichoderma* spp.

1.2.1 Historique

Le terme *Trichoderma* a été introduit en mycologie en 1794 par Persoon. 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 Kulling- Gradinger et al., (2002) in Legrand et al., (2005), il s'agit d'un genre de champignons imparfaits regroupant des espèces qui sont les anamorphes d'ascomycètes de la famille des *Hypocreaceae* (*Hypocrea* et genres voisins).

1.2.2 Taxonomie

Rifai (1969) a proposé comme base de la classification 9 « agrégats » regroupant chacun des espèces très voisines ; Bissett (1991) ont répartie les espèces en sections. 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 *Deuteromycètes*, 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.05) (Bissett, 1991)

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

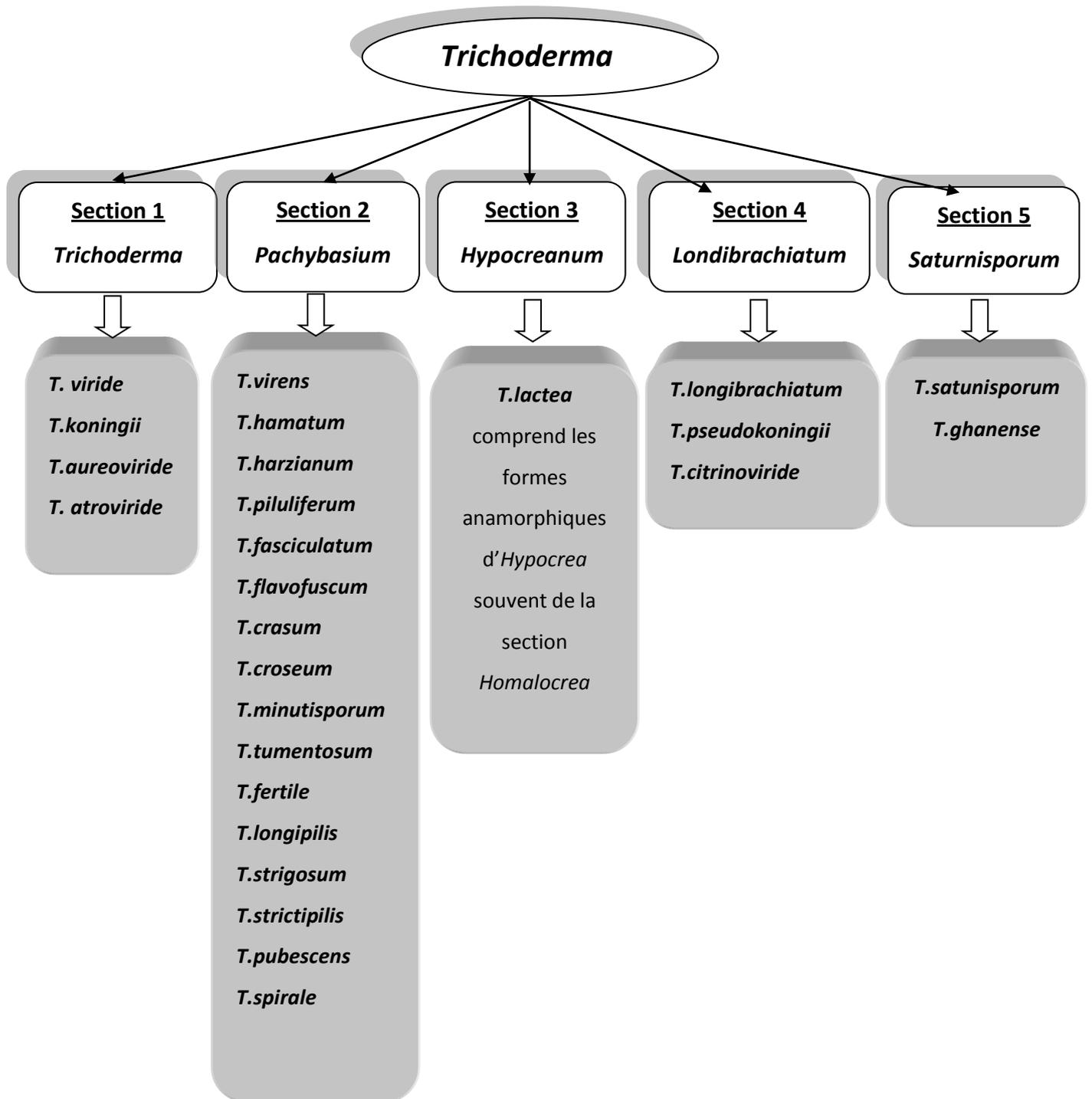


Figure.05 : Sections systématiques de *Trichoderma* spp. et quelques agrégées de Rifai (1969) (Bissett, 1991)

1.2.3 Aspect cultural et 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^{ème} et le 20^{ème} 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.06).

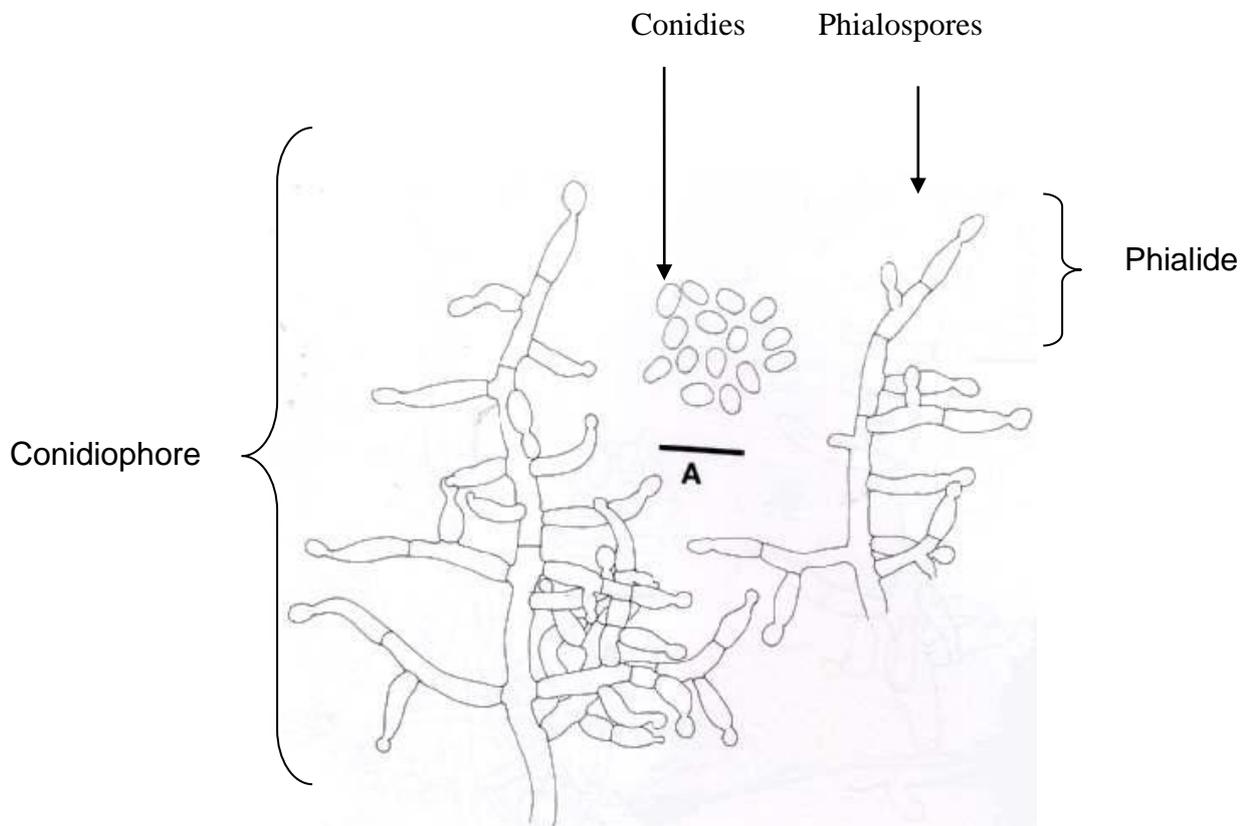


Figure.06 : Aspect morphologique d'un conidiophore de *Trichoderma longibrachiatum* (Samuels et al., 1994).

1.2.4 Ecologie

Trichoderma est l'un des genres les plus communément répandus à la fois dans le sol et le bois mort en décomposition. Ce 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. 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 comme agent de lutte biologique en raison de leur antagonisme vis-à-vis d'autres espèces fongiques (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*.

1.2.5 Biologie

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). Les *Trichoderma* spp. 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).

Djafer (2011) a rapporté que 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* (Djafer, 2011). Les *Trichoderma* sont classés 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 et les sols acides favorisent leur développement.

Cependant, ces antagonistes 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, 1997).

Par ailleurs, 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.

1.2.6 Importance de *Trichoderma* spp. en agriculture

Les *Trichoderma* sont des champignons bénéfiques qui colonisent naturellement les sols. S'ils arrivent à coloniser les racines des plants avant les champignons pathogènes, ils protègent et donnent même un sur plus 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 pathogènes telluriques est connue depuis la fin des années 1920 (Mohamed- Benkada, 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 Lynch et *al.* (1991) ont montré que certaines souches de *Trichoderma* semblaient exercer une action stimulatrice sur la croissance de certaines plantes. 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. harzianum* et *T. viride* (Mohamed- Benkada, 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.

1.2.6 Mécanismes d'action des *Trichoderma*

Trichoderma possède un enjeu de mécanismes d'action 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 par pulvérisation aérienne. Une fois installée,

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.

1.3 Les antioxydants

1.3.1 Généralités sur les antioxydants

Un antioxydant est une molécule capable de ralentir ou d'empêcher l'oxydation d'autres substances chimiques. C'est une molécule qui diminue ou empêche l'oxydation dans notre corps et régule la formation des radicaux libres en protégeant nos cellules contre le vieillissement accéléré. L'oxydation est une réaction d'oxydoréduction qui transfère les électrons d'une substance à un agent oxydant.

Les antioxydants sont capables de stopper ces chaînes de réaction en captant les radicaux libres intermédiaires et en devenant eux-mêmes des oxydants. Les antioxydants sont souvent des agents réducteurs comme les thiols et les polyphénols. Bien que les réactions d'oxydation soient importantes pour la vie, elles peuvent aussi être destructrices. Par conséquent, les plantes et les animaux maintiennent des systèmes complexes de plusieurs types d'antioxydants comme le glutathion, les vitamines C et E et aussi bien des enzymes comme la catalase, et certaines peroxydases pour se protéger contre ces réactions d'oxydation. Une déficience ou absence de production d'enzymes antioxydants conduit au stress oxydatif qui endommage ou détruit les cellules. Les antioxydants sont aussi largement utilisés comme ingrédients importants dans la supplémentation alimentaire dans le but de maintenir la santé et de prévenir certaines maladies comme le cancer (Valko et *al.*, 2007).

1.3.2 Principales sources d'antioxydants

Les études épidémiologiques visant à montrer qu'une alimentation riche en fruits et légumes ayant une incidence positive sur les taux plasmatiques en antioxydants, sont très diversifiées et surtout concluantes. L'ensemble de ces études dans diverses régions du globe montre indéniablement que la consommation de fruits et légumes entraîne une augmentation significative de la concentration plasmatique en antioxydants, dont la vitamine C et divers caroténoïdes comme l' α - et le β -carotène, la lutéine et le lycopène (Le Marchand et *al.*, 1994 ; Steptoe et *al.*, 2003).

Ainsi, il a été montré que la consommation de trois à huit portions de fruits et légumes par jour permet, après deux semaines, d'augmenter significativement la concentration plasmatique en vitamine C et en β -carotène de 72,8 et 53 %, respectivement (Zino et *al.*, 1997).

Par ailleurs, dans une étude récente, il a été montré que la non consommation de fruits et légumes conduit à la diminution des taux sériques en vitamine C de l'ordre de 3,55 ug/ mL et d'autres antioxydants, constituant de ce fait, un risque majeur pour l'incidence des maladies cardiovasculaires (Zino et *al.*, 1997).

1.3.3 Rôle du complexe antioxydant

La vie en aérobiose se traduit au niveau cellulaire par l'existence d'une chaîne respiratoire mitochondriale nécessaire au stockage de l'énergie sous forme d'adénosine triphosphate (ATP). La chaîne respiratoire est une succession de phénomènes d'oxydoréduction au cours desquels il existe des transferts d'électrons. Ces électrons peuvent réagir avec une molécule avoisinante pour aboutir à la formation d'un radical libre. Ce dernier est une espèce chimique contenant un ou plusieurs électrons non appariés sur l'orbite électronique la plus externe. Les radicaux libres sont produits au cours de nombreuses réactions engagées dans les mécanismes physiologiques (respiration mitochondriale) (Boss, 2002).

1.3.4 Les antioxydants de la tomate

La tomate contient des antioxydants, principalement des caroténoïdes, dont le plus abondant est le lycopène, un pigment qui lui donne sa couleur rouge vif (Shi, 2000). L'activité antioxydante de la tomate est aussi assurée par différents composés phénoliques (Vinson et *al.*, 1998 ; Takeoka et *al.*, 2001).

1.3.4.1 Les polyphénols

Les polyphénols sont capables de piéger les radicaux libres découlant aussi bien des réactions d'oxydation de différents nutriments que de celles de l'organisme. La richesse des structures des polyphénols en résidus hydroxyles, leurs confère une meilleure capacité à neutraliser les radicaux libres. Etant des antioxydants primaires et radicalaires, ils peuvent ralentir la formation de radicaux libres et interrompre la chaîne autocatalytique (Spencer et *al.*, 2001).

Les composés phénoliques de la tomate sont des antioxydants actifs et contribuent aux effets synergiques de lycopène (Ramandeep et *al.*, 2005). Des effets antioxydants synergiques contre l'oxydation de LDL ont été obtenus quand le lycopène a été employé en association avec différents polyphénols (Krinsky, 1989).

1.3.4.2 Le lycopène

Le lycopène est un tétraterpène constitué de 8 molécules isoprènes : $C_{40}H_{56}$. C'est un caroténoïde acyclique polyinsaturé, contenant 11 doubles liaisons conjuguées dans la partie centrale de la molécule et 2 autres doubles liaisons non conjuguées (figure.07) (véronique, 2001).

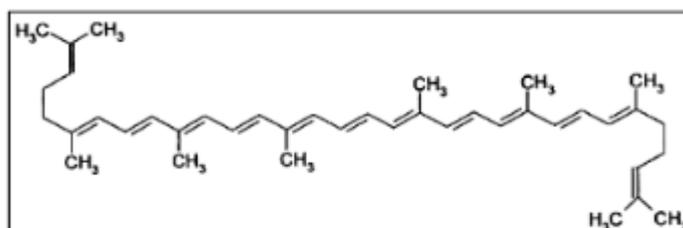


Figure.07 : Structure moléculaire du lycopène. (Stahl et *al.*, 2000).

Le lycopène est plus soluble dans le chloroforme, le benzène et d'autres solvants organiques que dans l'eau. Dans les systèmes aqueux, il tend à agréger et précipiter sous forme de cristaux. Le lycopène est absorbé plus facilement par le corps humain lorsqu'il est préparé dans le jus, la sauce, la pâte, et le ketchup (Gartner et *al.*, 1997). Ceci peut se produire en partie parce que le lycopène est inclus dans la matrice de fruit frais et des cellules végétales, ce qui empêche son dégagement complet.

La transformation des produits alimentaires peut améliorer la biodisponibilité du lycopène en dégradant les parois cellulaires ce qui affaiblit les forces des liaisons entre le lycopène et la matrice de tissu, et augmente sa biodisponibilité. En plus, la forme isomérique du lycopène peut être changée des trans isomères aux cis-isomères sous l'effet de la température ce qui augmente son absorption (Raffo et *al.*, 2006).

En outre, le lycopène est soluble dans la phase grasse, son absorption augmente dans les régimes lipidiques (Lee et *al.*, 2000).

1.3.4.2.1 Effets biologiques du lycopène

Les mécanismes de défense contre l'oxydation sont génétiquement programmés, comme la production d'enzymes superoxyde dismutase et glutathion peroxydase. Par contre, d'autres mécanismes proviennent de composés alimentaires comme la vitamine C, la vitamine E et le sélénium et probablement de substances caroténoïdes (Rao, 2007).

1.4 Polyphénols

1.4.1 Généralités biochimiques

Les composés phénoliques sont des molécules qui appartiennent au métabolisme secondaire. Les polyphénols constituent un groupe important de métabolites secondaires, environ 10 000 composés ont été caractérisés jusqu'à aujourd'hui. La plupart des molécules phénoliques sont formées à partir de deux acides aminés aromatiques la tyrosine et surtout de la phénylalanine. Ces acides aminés sont formés de façon variable suivant les végétaux, (Guignard, 2000).

Les polyphénols sont des molécules très diversifiées, constituées d'un ou plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles (Macheix et *al.*, 2005).

1.4.2 Localisation et rôle dans les plantes

A l'échelle de la cellule, les composés phénoliques sont principalement répartis dans deux compartiments : les vacuoles et la paroi. Dans les vacuoles, les polyphénols sont conjugués, avec des sucres ou des acides organiques, ce qui permet d'augmenter leur solubilité et de limiter leur toxicité pour la cellule. Au niveau de la paroi, on trouve surtout de la lignine et des flavonoïdes liés aux structures pariétales.

Les composés phénoliques sont synthétisés dans le cytosol. Une partie des enzymes impliquées dans la biosynthèse des phénylpropanoïdes est liée aux membranes du réticulum endoplasmique, où elles sont organisées en métabolons (Winkel, 2004; Macheix et *al.*, 2005).

Au sein même des feuilles la répartition des composés est variable, par exemple les anthocyanes et les flavonoïdes sont majoritairement présents dans l'épiderme (Tomas-Barberan et Espin, 2001; Cheynier et Sarni-Manchado, 2006). Les composés phénoliques (Tableau.04) interviennent dans un grand nombre de processus physiologiques chez la plante

et dans les interactions avec leur environnement, leur structure leur conférant des fonctions très spécifiques (Desjardin, 2008).

Tableau.04 : Teneurs en quelques composés phénoliques dans la tomate fraîche (Desjardin, 2008).

Composés phénoliques	Teneurs (mg/100g de MS)
Acide Chlorogénique	3.67-21.0
Rutine	19.8 - 31.23
Naringénine	0 - 22.78

Par ailleurs, les composés phénoliques peuvent avoir un rôle de signal (Treutter, 2006), des flavonoïdes permettent par exemple la mise en place de la symbiose entre des Fabacées et des bactéries, ce qui permet à ces plantes de fixer directement l'azote atmosphérique. Ils participent aux phénomènes de pollinisation puisqu'ils sont responsables de la coloration des fleurs (Macheix et *al.*, 2005).

De plus les flavonoïdes ont un rôle de filtre contre le rayonnement UV, ce qui explique leur localisation dans les tissus externes (Gould et Lister, 2006). Enfin les flavonoïdes comme les dérivées hydroxycinnamiques jouent un rôle important dans la résistance des plantes aux stress environnementaux (Walton et Brown, 1999). Lors des blessures ou d'attaques de pathogènes fongiques et bactériens, la synthèse de composés phénoliques est stimulée ou induite (Sawa et *al.*, 1999).

1.4.3 Composés phénoliques de la tomate

La composition phénolique des fruits de tomates évolue avec la maturation du fruit (Fleuriet et Macheix, 1981; Gautier et *al.*, 2008). Elle varie également quantitativement et qualitativement suivant les cultivars étudiés, les tomates cerises étant généralement les plus riches (Raffo et *al.*, 2002).

Les flavonoïdes sont majoritairement trouvés dans la partie externe du fruit (peau et péricarpe), et les principaux composés détectés sont la naringénine chalcone et des glucosides de la naringénine, des formes glycosilées de la quercétine comme la rutine (Hunt et Baker, 1980; Krause et Galensa, 1992; Stewart et *al.*, 2000; Bauer et *al.*, 2004; Slimestad et Verheul, 2005). Cependant, les feuilles renferment des quantités importantes de polyphénols totaux. L'acide chlorogénique et la rutine semblent être les composés les plus abondants (Wilkens et *al.*, 1996).

1.4.4 Influence de l'environnement sur la synthèse des composés phénoliques

Les composés phénoliques interviennent dans de nombreux phénomènes pour permettre à la plante de s'adapter à son milieu (Macheix et *al.*, 2005). Ils sont influencés par les facteurs suivants :

- La lumière agit de façon quantitative et qualitative. Elle est corrélée à une augmentation des teneurs en composés phénoliques et plus particulièrement de flavonoïdes dans les tissus (Macheix et *al.*, 2005).

- La température peut modifier les teneurs en polyphénols chez les fruits pendant la phase de croissance, mais également après la récolte. Pour les plantes de tomate, un stress thermique semblerait apparaître à partir de 35°C, causant l'accumulation de composés phénoliques tels que les flavonoïdes. En effet, un stress thermique provoqué par des températures froides (4°C) ou élevées entraîne une augmentation des activités PAL et CHS qui a pour conséquence d'augmenter les teneurs en composés phénoliques (Leyva et *al.*, 1995). En outre, l'oxydation des composés phénoliques par les polyphénols oxydases et peroxydases est inhibée, ce qui maximise l'accumulation des polyphénols (Rivero et *al.*, 2001).

- L'enrichissement en CO₂ va modifier le statut carboné de la plante et augmenter la disponibilité en carbone (Haukioja et *al.*, 1998). Une augmentation de 30% des teneurs en composés phénoliques dans les feuilles peut être observée (Penuelas et Estiarte, 1998) mais ce comportement est très dépendant des plantes et des molécules étudiées. En outre, la synthèse des tannins, des terpènes et de la lignine ne semblent pas modifiée par un enrichissement en CO₂ (Koricheva et *al.*, 1998; Penuelas et Estiarte, 1998).

L'équipe de Wang (2003) a obtenu des teneurs en phenylpropanoïdes et en flavonoïdes significativement plus importantes chez des framboisiers cultivées sous enrichissement en CO₂ (Wang et *al.*, 2003).

1.4.5 Rôles et propriétés des polyphénols

1.4.5.1 Le rôle des composés phénoliques

Ils peuvent intervenir dans:

- La fertilité, la pigmentation, la signalisation et la protection contre des agents biotiques et abiotiques et encore la formation de polymères structuraux comme la lignine; (Macheix et *al.*, 2005).

- Ils ont un rôle dans les critères de qualité (couleur, astringence, amertume et qualité nutritionnelles...) qui orientent les choix de l'homme dans la consommation des organes végétaux (fruits, légumes, tubercules) et des produits qui en dérivent par transformation;

(Macheix et *al.*, 2005; Dicko et *al.*, 2006). Selon Sarni Machando et Cheynier (2006), les polyphénols exercent un effet majeur sur les caractères organoleptiques des produits.

- Ils ont aussi un rôle dans la variation de certaines caractéristiques des végétaux lors des traitements technologiques (préparation des jus de fruits, des boissons fermentées ...), pendant lesquels apparaissent fréquemment des brunissements enzymatiques qui modifient la qualité du produit fini (Fleuriet et Macheix, 1990; Macheix et *al.*, 2005).

1.4.5.2 Propriétés des composés phénoliques

Parmi les antioxydants naturels, les composés phénoliques, et plus particulièrement les acides phénoliques et les flavonoïdes, suscitent un intérêt grandissant. Ce sont des composés naturels qui permettent de ralentir le phénomène d'oxydation qui favorisent le vieillissement cellulaire en interrompant le passage du stress oxydatif et interceptant le « message » de l'apoptose (mort cellulaire programmée) (Macheix et *al.*, 2005).

1.4.6 Méthodes de dosage des composés phénoliques

L'extraction de composés phénoliques du tissu végétal pose plusieurs problèmes, y compris la présence de différentes enzymes comme les oxydases de polyphénols qui peuvent oxyder les composés phénoliques. Le séchage est une bonne méthode pour supprimer l'activité enzymatique, mais il pourrait causer la diminution des teneurs en polyphénols (Ribéreau-Gayon, 1968). Comme les polyphénols ont des polarités variables, le solvant utilisé est le méthanol absolu (Falleh et *al.*, 2008). Plusieurs auteurs ont utilisé de l'eau pour l'extraction (Odabasoglu et *al.*, 2004). Cependant, l'eau peut dissoudre les molécules indésirables tels que les protéines et les polysaccharides, en particulier si l'extraction est effectuée à des températures élevées (Shi et *al.*, 2003). Les mélanges, alcool-eau sont largement utilisés pour les extractions phénoliques (Chu et *al.*, 2000; Martínez-Valverde et *al.*, 2002).

Chapitre II

Matériels et méthodes

2. Matériels et méthodes

2.1 Introduction

Notre présent travail s'est déroulé au niveau de deux sites : à la station régionale de l'Institut national de la protection des végétaux (SRPV) de Boufarik (wilaya de Blida) et au niveau du laboratoire de recherche des plantes aromatiques et médicinales du département des biotechnologies de l'université de Blida 1.

L'étude que nous avons menée a pour objectif, l'impact de l'utilisation de deux isolats algériens de *Trichoderma* spp. sur la croissance, le rendement et la qualité des fruits de la culture de trois variétés de la tomate.

Cette étude nécessite l'utilisation d'un matériel végétal et d'un matériel fongique. Elle est basée sur les parties d'études suivantes :

- Effet biostimulant ;
- Effet elicitateur des isolats de *Trichoderma* spp. ;
- Etude de critères de qualité des fruits de tomates ;
- Analyses physicochimiques des fruits de tomates ;
- Critères nutritionnels des fruits de tomates ;
- Analyse biochimique ;
- L'analyse statistique.

2.2 Matériel biologique

Le matériel biologique est représenté par un matériel fongique et un matériel végétal.

2.2.1 Matériel fongique

Notre travail nécessite l'utilisation de deux isolats de la collection de *Trichoderma* spp. de Mme Moumène collectés de différentes régions d'Algérie (Communication personnelle), ayant déjà fait l'objet des travaux de mémoires de fin d'études de Labdi (2008), Hamlaoui (2009), Saadoune (2011) et Djafer (2011) et d'une publication internationale sur l'effet biostimulant et elicitateur de deux isolats de *Trichoderma* spp. sur la culture en pots de trois variétés de tomate (Messgo-Moumene et al., 2013). Les isolats purifiés et conservés à l'abri des contaminations ont tous été produits en masse sur milieu PDA et incubés à 28°C. (Labdi, 2008; Saadoune, 2011).

2.2.2 Le matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de semences de trois variétés de tomate: Saint-Pierre, Marmande et Aïcha, dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous (Tableau.05).

Tableau.05 : Caractéristiques des variétés de tomates utilisées

Caractéristiques	Variétés de tomates étudiées		
	Marmande (MAR)	Saint-Pierre (SP)	Aïcha (AI)
Croissance	Indéterminée (Elles continuent de pousser et de produire des bouquets de fleurs tant que les conditions leur conviennent) (Snoussi, 2010).	Indéterminée (Elles continuent de pousser et de produire des bouquets de fleurs tant que les conditions leur conviennent) (Snoussi, 2010).	Déterminée (Leur croissance s'arrête une fois la plante a produit un nombre déterminé de bouquets de fleurs) (Snoussi, 2010).
Maturité	Très précoce	Demi-précoce	Précoce
Rendement	Très élevé	Très élevé	assez élevé
Description du fruit	Rond, aplati, côtelé	Rond et lisse	globe, légèrement aplati et charnu
Couleur	Rouge intense	Rouge	Rouge intense
Calibrage	Moyen	Gros	légèrement gros

2.3 Effet biostimulant des isolats de *Trichoderma* spp.

2.3.1 Mise en culture des variétés de tomate et mode de traitements à base des isolats de *Trichoderma* spp.

Des suspensions conidiennes ont été préparées à partir des cultures pures des deux isolats de *Trichoderma* spp. âgées de 15 jours et développées sur milieu PDA à 28°C.

Ce qui consiste à rajouter 10 ml d'eau distillée stérile dans chaque boîte de Pétri. Puis, racler la surface de ces cultures immergées. Les suspensions conidiennes sont récupérées dans des tubes stériles et soumises à l'agitation à l'aide d'un agitateur vortex. Les taux de sporulation sont déterminés pour chaque suspension, à l'aide de la cellule de Malassez sous microscope optique. Ainsi, les concentrations sont ajustées par de l'eau distillée stérile à l'ordre 10^8 spores. ml⁻¹ (Caron et *al.*, 2002).

Le mode de traitement des plantules retenu pour notre étude est la mycorhisation qui consiste à débarrasser les plantules de tomate de leur substrat de germination puis les tremper dans les suspensions conidiennes pendant une heure. Ce traitement est réalisé lors de leur transplantation, deux semaines environ après la levée jusqu'au stade quatre feuilles. Les plants témoins ont subi un trempage des racines dans l'eau distillée stérile. Les plantules sont 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).

Tous les pots sont ensuite placés sous abri serre.

L'expérimentation a duré quatre mois et demi (avril- Aout). Le dispositif expérimental est composé de trois blocs et trois lignes. Chaque ligne correspond à 10 répétitions pour chaque variété. Au totale nous avons 90 pots (figure.08). L'arrosage est 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.

Bloc 01			Bloc 02			Bloc 03		
Témoin	TRA	TRB	TRA	TRB	Témoin	TRB	TRA	Témoin
P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
P7	P7	P7	P7	P7	P7	P7	P7	P7
P8	P8	P8	P8	P8	P8	P8	P8	P8
P9	P9	P9	P9	P9	P9	P9	P9	P9
P10	P10	P10	P10	P10	P10	P10	P10	P10

Signification :

Bloc 01 : variété la Marmande

Bloc 02 : variété Saint- Pierre

Bloc 03 : variété Aïcha

TRA,TRB :(isolats de *Trichodermaspp.*): traitements

P: pot

Figure.08 : Dispositif expérimental de la mise en culture de trois variétés de tomates en pots et sous serre des plants témoins et ceux traités par *Trichoderma spp.*

La croissance végétative des plants est évaluée chaque semaine après le repiquage à l'aide d'un mètre ruban en relevant la hauteur allant du collet au bourgeon apical.

La récolte des fruits est effectuée après quatre mois et demi. Les tomates, récoltées à pleine maturité, sont rincées, emballées dans des sachets alimentaires hermétiques et placés dans le réfrigérateur à 4°C jusqu'à leur utilisation.

Le rendement des plants en fruits est évalué pour chaque plant de tomate. Il porte sur le nombre et le poids des fruits par plant ainsi que le calibre et le nombre de graines par fruit.

2.4 Effet eliciteur des isolats de *Trichoderma* spp.

L'effet eliciteur est évalué selon l'infestation et l'infection des fruits par les insectes prédateurs et les agents pathogènes. Pour cela, cette partie d'étude est basée sur la reconnaissance des symptômes développés sur les fruits et leur agents responsables. Les fruits présentant des symptômes ont été recueillies au cours de l'expérimentation et l'isolement de l'agent pathogène a été réalisée en coupant les fragments, à la frontière des tissus malades et en bonne santé (Machado et *al.*, 2002; Mathur et Kongsdal, 2003). Les fragments ont été transféré sur le milieu de culture PDA et incubé à 28°C pendant sept jours. Ainsi, sur le milieu de tomate.

L'identification des insectes est effectuée au niveau de la station régionale de la protection des végétaux (SRPV) de Boufarik (wilaya de Blida).

2.5 Pouvoir colonisateur des racines des plants de tomate par les isolats de *Trichoderma* spp.

La confirmation de l'effet biostimulants des isolats de *Trichoderma* spp. repose sur la capacité de la colonisation des racines des plants de tomates traités par les deux isolats de *Trichoderma* spp. ainsi que leur survie dans le sol.

En effet, la colonisation du système racinaire des plants de tomate par les isolats de *Trichoderma* spp. consiste à laver puis, désinfecter superficiellement à l'eau de Javel 2 % pendant 5 min et enfin rincer abondamment à l'eau distillée stérile. les racines sont séchées puis découpées en petits morceaux et placées dans les boites de Petri contenant du milieu PDA. L'incubation se fait à la température 28°C pendant 7 jours.

L'isolement des isolats de *Trichoderma* spp. consiste à prélever 5 g du sol de la rhizosphère tamisé et homogénéisé pour les transférer dans 50 ml d'eau distillée stérile contenue dans un Erlenmeyer. Le mélange est ensuite mis en agitation pendant 30 minutes pour obtenir une bonne dilacération des particules.

Ainsi, 1 ml de chacune des suspensions est versé séparément sur le milieu de culture PDA, et incubé sept jours à une température de 28°C.

2.6 Etude de critères de qualité des fruits de tomates

Pour l'étude de critère de qualité des fruits de tomates on a utilisé les fruits que pour étudier les critères organoleptiques et le jus de fruit de tomate pour les autres analyses.

Les critères de qualité des fruits de tomates regroupent plusieurs paramètres :

- Les critères organoleptiques ;
- L'analyse physico-chimique et le pouvoir anti oxydant ;
- Les critères nutritionnels ;
- L'extraction et dosage des composés phénoliques.

2.6.1 Préparation du jus de tomates

Les tomates ont été vidées de leur contenu de graines et découpées avec un couteau. Après broyer pour produire une purée de fruits. Et filtrer.

2.6.2 Critères organoleptiques des fruits de tomates

La dégustation de fruit de tomate est effectuée par des personnes dont l'âge est compris entre 20 et plus de 60 ans, de différents sexes.

Les études sensorielles des tomates, ont porté sur l'état physique des échantillons en utilisant les paramètres de la norme NF ISO 5492, 1992, qui sont la couleur, l'acidité, le goût, la texture, l'odeur, le développement des champignons microscopiques. A titre expérimental, l'appréciation des caractéristiques sensorielles a été effectuée par un panel de 10 dégustateurs amateurs.

Les fruits de trois variétés de tomate par dégustation sont coupés en secteurs avant d'être présentés aux dégustateurs. L'appréciation globale est notée sur un formulaire simple. Ce test a été réalisé just après la récolte. En ce qui concerne le développement des champignons microscopiques, la technique utilisée consiste à mettre 1 ml de jus de tomate sur le milieu PDA et incubé sept jours à une température de 28°C.

2.6.3 Analyses physicochimiques des fruits de tomates

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées sur le jus de fruits de tomate. Ces analyses permettent d'apprécier la qualité des fruits à travers les paramètres suivants :

- Détermination du potentiel d'hydrogène ;
- L'acidité titrable ;
- Activité antioxydante ;

2.6.3.1 Détermination du potentiel d'hydrogène

Le mode opératoire suivant est décrit en détail dans la norme ISO 1842 :1991 :

On étalonne le pH mètre avec une solution tampon dont le pH est de 7 et 4, en plonge l'électrode dans la solution de tomate et la lecture se fait directement sur le pH mètre. (En prenant soins que l'électrode soit complètement immergée dans la solution).

2.6.3.2 L'acidité titrable

La méthode d'acidité titrable est basée sur le titrage de l'acidité avec une solution d'hydroxyde de Sodium (NaOH) en présence de Phénolphthaléine comme indicateur coloré selon la norme française NF V 05-101 :

Le titrage s'effectue par une solution de NaOH (0.1N) versée à l'aide d'une burette sur un bécher contenant 10g d'échantillon auquel nous ajoutons 2 gouttes de phénophtaléine. Nous agitons jusqu'à obtention d'un virage de coloration rose persistante pendant 30 secondes.

L'acidité titrable moyenne exprimée en gramme par Kg de fruits est déterminée en considérant trois répétitions par échantillon, selon la formule suivante :

$$\text{Acidité} = V/10 * M * 0.07 * 100$$

V : volume versé de la solution NaOH (0.1 N) en ml.

M : masse de l'échantillon (la prise d'essai) en g.

0.07 : facteur de conversion de l'acidité titrable en équivalent d'acide citrique (« C₆H₁₂O₈ » pour 100 g de tomate).

2.6.3.3 Activité antioxydante

L'activité anti radicalaire des différents extraits du fruit de tomate, est basée sur la méthode du DPPH (1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl), considéré comme un radical relativement stable, selon le protocole décrit par Mansouri et *al.*, (2005).

Dans ce test, les antioxydants réduisent le diphényl picryl hydrazyl ayant une couleur violette en un composé jaune, le diphényl picryl hydrazine, dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons (Sanchez-Moreno, 2002).

La solution de DPPH est préparée par solubilisation de 2,4 mg de DPPH dans 100ml de méthanol. 50µl des différentes concentrations de jus de tomate sont ajoutés à 1,95ml de DPPH, le mélange est laissé à l'obscurité pendant 30 min, et la décoloration par rapport au contrôle négatif contenant uniquement la solution de DPPH est mesurée à 517nm. L'activité anti radicalaire est estimée selon l'équation suivante :

$$\% \text{ AA} = (\text{Abs}_{517\text{T}} - \text{Abs}_{517\text{t}}) / \text{Abs}_{517\text{T}} \times 100$$

- **AA : d'activité anti radicalaire**
- **Abs_{517 T} : Absorbance du témoin à la longueur d'onde de 517 nm**
- **Abs_{517 t} : Absorbance de l'échantillon à la longueur d'onde de 517 nm**

2.6.4 Critères nutritionnels des fruits de tomates

L'impact des *Trichoderma* spp. est étudié sur les composés nutritionnels de jus des fruits de tomate. A cet effet, les taux de sucres et de vitamine C sont retenus pour cette partie d'étude.

2.6.4.1 Taux de sucres

Le taux de sucres des échantillons de fruits de tomates sont déterminés par la mesure de l'indice de réfraction de l'échantillon à la température de 20°C. Cet indice sera convertit en résidu sec soluble (exprimé en saccharose) ou par la lecture directe des matières solubles naturelles sur le réfractomètre (ISO 2173). Ce qui consiste à essayer d'abord le réfractomètre avec de l'eau distillée, déposer 4 ou 5 gouttes de jus de tomate sur la lentille puis lire la valeur Brix directement sur le réfractomètre.

2.6.4.2 Taux d'acide ascorbique

Le taux d'acide ascorbique se fait par simple dosage iodométrique classique. Cette méthode n'est applicable qu'à des produits purs et ne dose que l'acide ascorbique réduit (Kolthoff et Sandel, 1936).

Elle consiste à introduire 10 ml d'une solution de jus de tomate dans un erlenmeyer d'un de 100ml dans lequel sera rajouté 2 ou 3 gouttes d'empois d'amidon saturée, mélanger et titrer par la solution d'iode de 0.1N jusqu'à virage de couleur en violet.

Le dosage de la vitamine C est déterminé par la formule suivante :

$$\text{Teneur en acide ascorbique mg/l} = V.88$$

V : volume de la chute en ml de la solution d'iode.

2.6.5 Analyse biochimique

L'impact des *Trichoderma* spp. est étudié sur les composés phénoliques de jus des fruits de tomate. A cet effet, l'extraction et le dosage des composés phénoliques sont retenus pour cette partie d'étude.

2.6.5.1 Extraction des composés phénoliques

Une prise d'essai de 2.5g de jus de tomate est mise à macérer dans 25ml de méthanol absolu sous agitation magnétique pendant 30 minutes, l'extrait est ensuite placé à 4°C durant 24 heures, filtré et évaporé à sec sous pression réduite à 50°C au rotavapor. La récupération se fait par 5 ml de méthanol (Falleh et *al.*, 2008).

2.6.5.2 Les rendements en extraits secs

La détermination du rendement en phénols (R) a été effectuée en ramenant le contenu en phénols d'un extrait liquide sur la matière première à partir de laquelle il a été obtenu.

Le rendement d'extraction des composés phénoliques est calculé par la formule donnée par (Falleh et *al.*, 2008):

$$R (\%) = 100 \text{ Mext/Méch.}$$

Où : R est le rendement en %.

Mext : est la masse de l'extrait après évaporation du solvant en mg

Méch : est la masse sèche de l'échantillon végétal en mg.

2.6.5.3 dosages des composés phénoliques

Le dosage des polyphénols totaux dans les extraits méthanoliques est effectué par spectrophotométrie selon la méthode du réactif de Folin - Ciocalteu (Singleton et *al.*, 1999).

Ce dosage est basé sur la concentration totale de groupements hydroxyles présents dans l'extrait. Le réactif de Folin – Ciocalteu est une solution jaune acide (Ac) contenant un complexe polymérique d'ions (hétéro polyacides). En milieu alcalin, ce dernier oxyde les phénols en ions phénolates et réduit partiellement ses hétéro polyacides d'où la formation d'un complexe bleu (Daels, 1999).

A cet effet, un volume de 200 µl de l'extrait méthanolique est mélangé avec 1 ml du réactif de Folin-Ciocalteu fraîchement préparé (10 fois dilué) et 0.8 ml de Na₂CO₃ à 7.5%. L'ensemble est incubé à température ambiante pendant 30 minutes et la lecture est effectuée à 765 nm. Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalent d'acide gallique par g de matière végétale.

Le taux de polyphénols totaux de nos extraits méthanoliques est calculé à partir d'une courbe d'étalonnage linéaire d'équation ($y = ax + b$) établie avec des concentrations précises d'acides gallique comme standards de référence, dans les mêmes conditions que l'échantillon (voir annexe).

2.7 Analyse statistique

Afin de vérifier une éventuelle efficacité des traitements à base des deux isolats de *Trichoderma* spp. sur effet biostimulant et sur les critères de qualité et les critères nutritionnels des fruits de trois variétés de tomates testées, des analyses statistiques ont été effectuées au moyen du logiciel SYSTAT vers.7, en déterminant la variance à l'aide du GLM et ANOVA (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 Effet biostimulant de *Trichoderma* spp.

3.1.1 Croissance végétative

La hauteur des plants évolue en fonction du temps selon les variétés et les traitements (Figure.09).

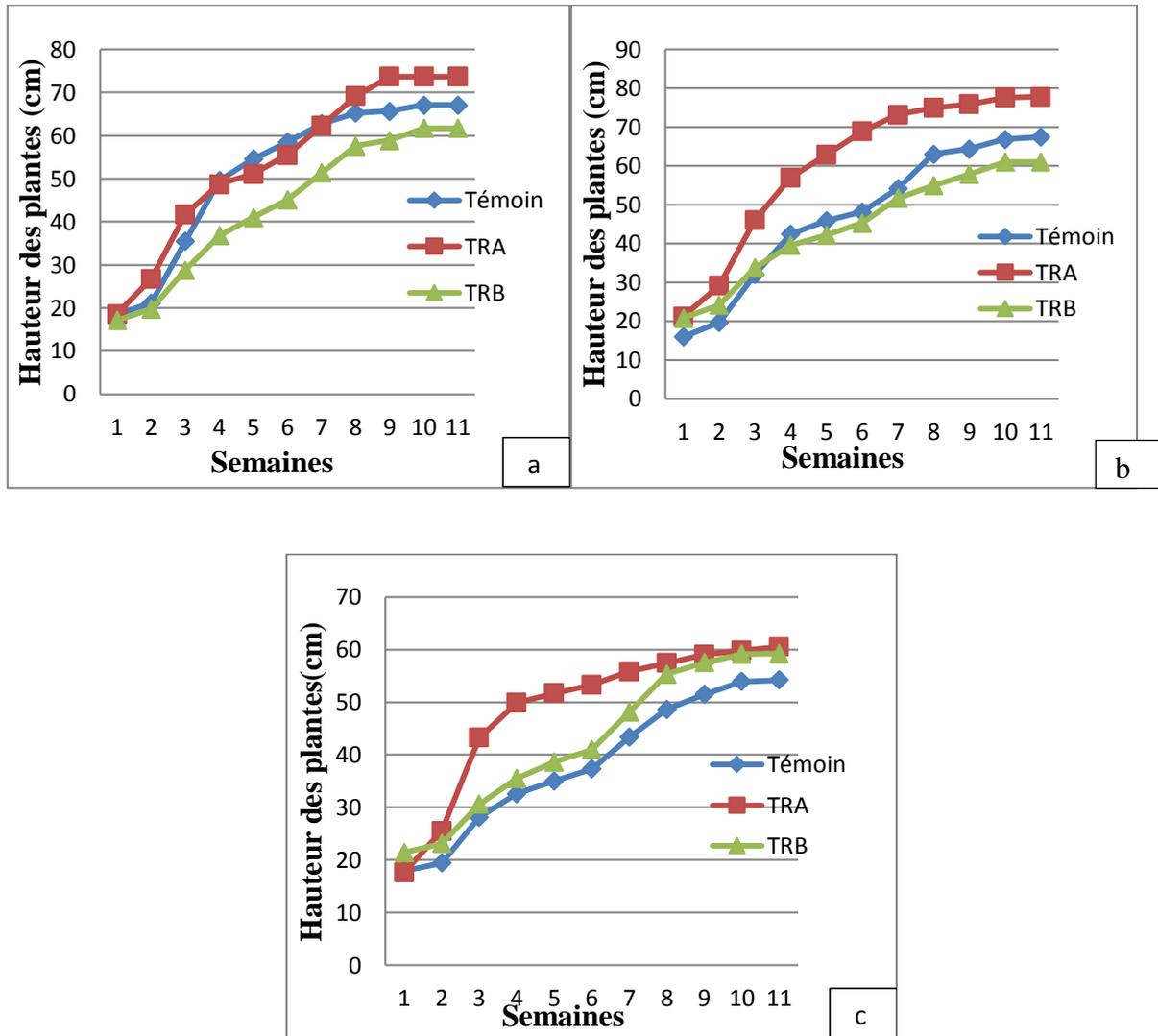


Figure.09 : Evolution temporelle de la hauteur des plants selon le traitement à base des isolats de *Trichoderma* spp. et les variétés de tomate

a : Variété Aïcha, b : Variété Saint Pierre, c : Variété la Marmande

Une différence hautement significative de la hauteur des plants est révélée entre les plants de tomate selon leur âges ($P=0.000$, $F=67.589$), les traitements à base de *Trichoderma* spp. ($P=0.000$, $F= 12.537$) et les variétés de tomate ($P=0.000$, $F=16.002$) (Tableau.06).

Tableau.06: Analyse de la variance de la croissance végétative des plants de tomate

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	F	P
Age des plants	23801.811	10	238.181	67.589	0.000
Variétés	1127.016	2	563.508	16.002	0.000
Traitements	882.994	2	441.497	12.537	0.000

L'analyse de la variance en modèle GLM a montré que les plants traités par la souche TRA présentent la meilleure hauteur pour les trois variétés de tomate (Figure.10). La hauteur des plants dépasse 70 cm pour les variétés Aïcha et Saint-Pierre et atteint 60 cm pour la variété Marmande, alors que la souche TRB a relevé une meilleure croissance seulement pour la variété Marmande. Cependant, les témoins ont enregistré une croissance relativement lente par rapport celle des plants traités.

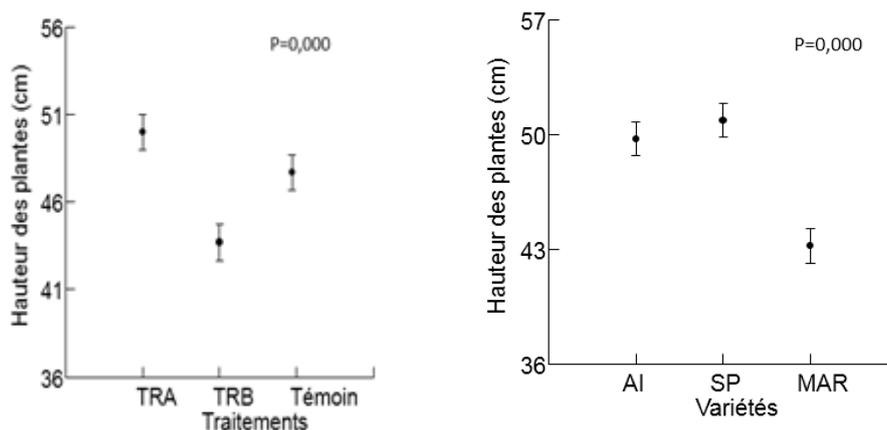


Figure.10 : Analyse de la variance en modèle GLM de la croissance végétative des plants de tomates selon les traitements et les variétés

a : Variété Aïcha, b : Variété Saint pierre, c : Variété la Marmande

Les travaux de Baker (1988) et de Lynch et *al.* (1991) ont affirmé que certaines souches de *Trichoderma* spp. semblaient exercer une action stimulatrice sur la croissance de certaines plantes.

Ousley et *al.*, (1994) ont précisé que le *Trichoderma 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 *Trichoderma harzianum* à inactiver les matières toxiques du sol qui inhibent la croissance des plantes.

Ces résultats coïncident avec ceux de nombreux travaux rapportés par la bibliographie. Les travaux de Mouria et *al.*, (2007), sont les plus proches en étudiant l'effet de certaines souches de *Trichoderma* spp. sur la croissance d'une culture de tomate en serre. Ils sont parvenus à montrer l'action stimulatrice des souches de *Trichoderma harzianum* sur la croissance de la tomate, notamment les biomasses végétative et racinaire.

Dans ce sens, l'isolat algérien TRA de *Trichoderma* sp. a confirmé son effet stimulant sur la croissance des plants des trois variétés de tomates testées.

3.2 Effet biostimulant de *Trichoderma* spp. sur la production des fruits de tomates

3.2.1 Rendement en nombre de fruits

L'analyse de variance du nombre de fruits par 10 plants a montré une différence non significative selon les traitements ($P=0.089$, $F=4.690$) et les variétés ($P=0.834$, $F=0.190$) (Tableau.07).

Tableau.07 : Analyse de la variance du nombre de fruits de tomates par 10 plants

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	F	P
Variétés	4.222	2	2.111	0.190	0.834
Traitements	104.222	2	52.111	4.690	0.089

En modèle GLM, les plants traités par l'isolat TRA ont enregistré un rendement en nombre de fruits proche de ceux des témoins (13 fruits pour les plants traités par l'isolat TRA et 11 fruits pour les témoins) et un nombre de fruits plus faible pour ceux traités par l'isolat TRB (4 fruits), le nombre de fruits de tomates produit était sensiblement supérieur chez la

variété Saint Pierre (10 fruits) mais, moins important, respectivement, chez les variétés Marmande (9 fruits) et Aïcha (8 fruits) (Figure.11).

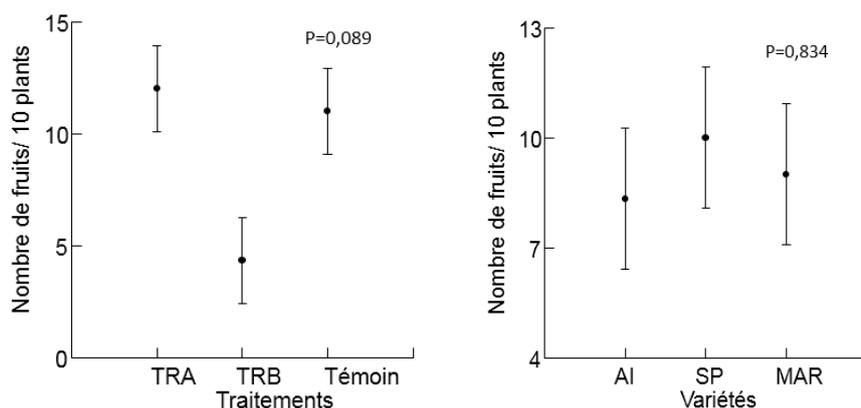


Figure.11 : Analyse de la variance en modèle GLM de l'effet de *Trichoderma* spp. sur le nombre de fruits de tomates par 10 plants selon les traitements et les variétés.

a : Variété Aïcha, b : Variété Saint pierre, c : Variété la Marmande

En conclusion, les deux isolats algériens de *Trichoderma* spp. n'ont pas montré d'effet sur le rendement en nombre de fruits de tomates. Nos résultats concordent avec ceux de Djafer (2011) qui a affirmé pour les isolats algériens de *Trichoderma* spp. testés sur la croissance d'une culture de pomme de terre, 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 les isolats étudiés reste proche des témoins. Les travaux de Datnoff et *al.*, (1995) confirment également nos résultats. Ils ont montré que l'utilisation du produit biologique à base de *T. harzianum* n'a pas d'effet significatif sur le rendement de tomate.

3.2.2 Rendement en poids de fruits par dix plants

L'analyse de la variance du rendement en poids des fruits produits a montré une différence moyennement significative selon les traitements ($P=0.013$, $F=15.391$), mais non significative ($P= 0.537$, $F= 0.730$) selon les variétés (Tableau.08).

Tableau.08 : Analyse de la variance du rendement en poids des fruits de tomates

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	F	P
Variétés	7891.916	2	3945.958	0.730	0.537
Traitements	166318.409	2	83159.204	15.391	0.013

En modèle GLM, les plants traités par l'isolat TRA ont enregistré un rendement important en poids (389g) par rapport aux témoins (216g), contrairement aux plants traités par l'isolat TRB (56g). Le poids de fruits de tomate produit par 10 plants est sensiblement supérieur chez la variété Marmande (258 g), mais moins important, respectivement, chez les variétés Saint Pierre (196 g) et Aïcha (195 g) (Figure.12).

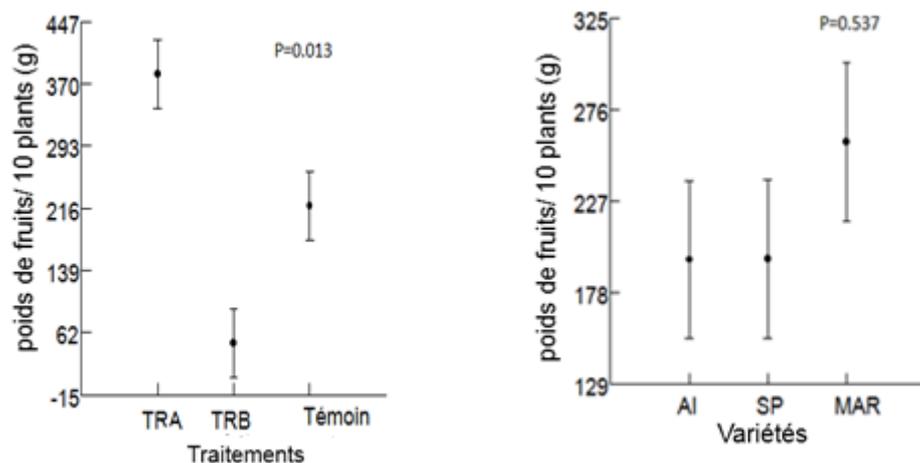


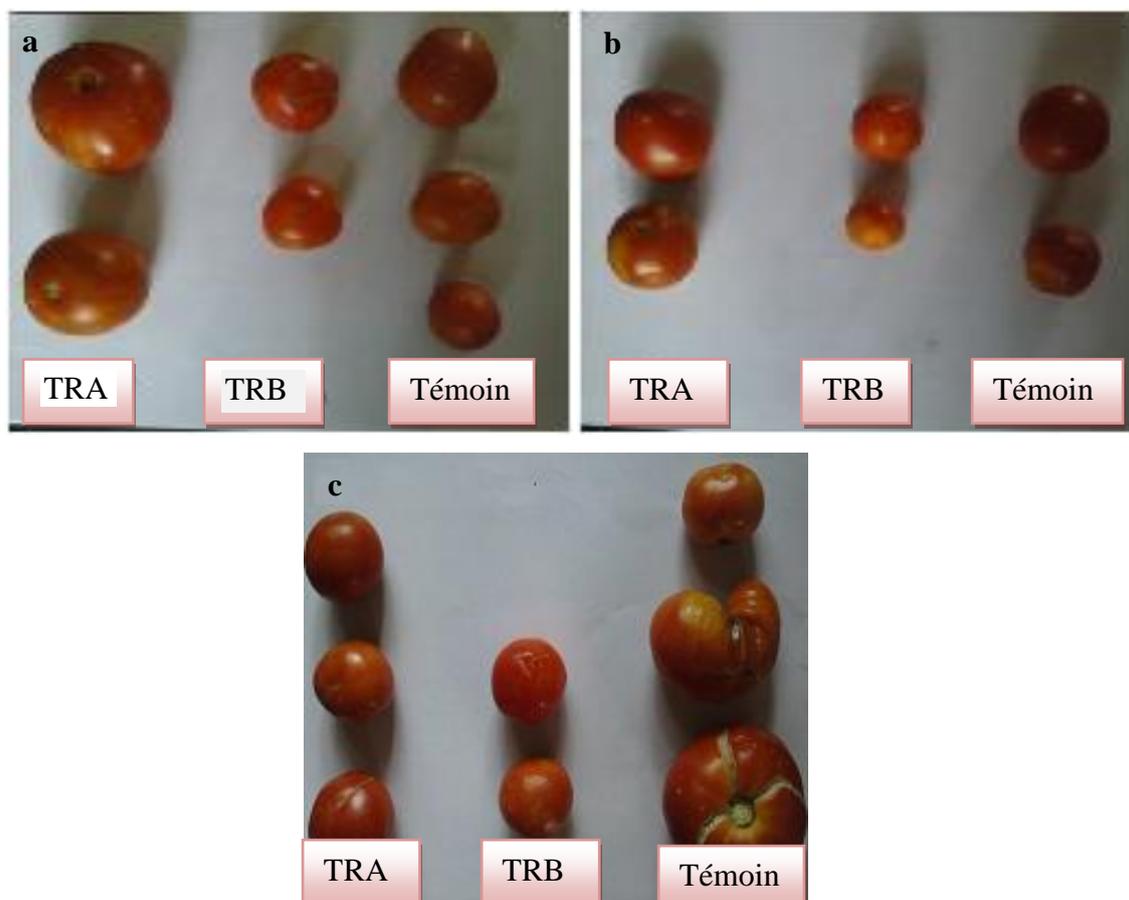
Figure.12 : Analyse de la variance en modèle GLM du rendement en poids des fruits de tomate selon les traitements et les variétés

a : Variété Aïcha, b : Variété Saint pierre, c : Variété la Marmande

Contrairement au nombre, l'isolat TRA de *Trichoderma* spp. a prouvé son effet stimulant sur le rendement en poids de fruits de tomate. Ceci coïncide avec les travaux de Gravel et *al.*, (2005) qui ont confirmé que l'inoculation des plants de tomate avec une souche du *T. atroviride* permettait d'augmenter significativement le poids des plantules de tomate ainsi que le rendement commercialisable en serre.

3.2.3 Calibre des fruits

Les fruits issus des plants traités par les deux isolats de *Trichoderma* spp. sont homogènes et sains, par contre les fruits des témoins sont hétérogènes et infectés. Par ailleurs, l'isolat TRA a engendré un calibre plus important que celui de l'isolat TRB (Figure.13).



a : Variété Aïcha, b : Variété Saint pierre, c : Variété la Marmande
 Figure.13: Les fruits des plantes traités et témoins de trois variétés

L'analyse de la variance des calibres des fruits ont montré une différence significative selon les traitements ($P=0.012$, $F=15.898$) et non significative selon les variétés ($P=0.154$, $F=3.103$) (Tableau 09).

Tableau.09: Analyse de la variance des calibres de fruits de tomates

Facteurs	S.C.E	Ddl	Carrés moyens	F	P
Variétés	775.661	2	387.831	3.103	0.154
Traitements	3973.543	2	1986.771	15.898	0.012

En modèle GLM, les plants traités par l'isolat TRA ont montré un plus grand calibre (156.535 mm) par rapport aux témoins (131mm) et les plants traités par l'isolat TRB (89mm). Le calibre de fruits de tomate était supérieur chez la variété Marmande (141.39 mm) mais moins important, respectivement, chez les variétés Saint Pierre (121.88 mm) et Aïcha (121.51mm) (Figure.14).

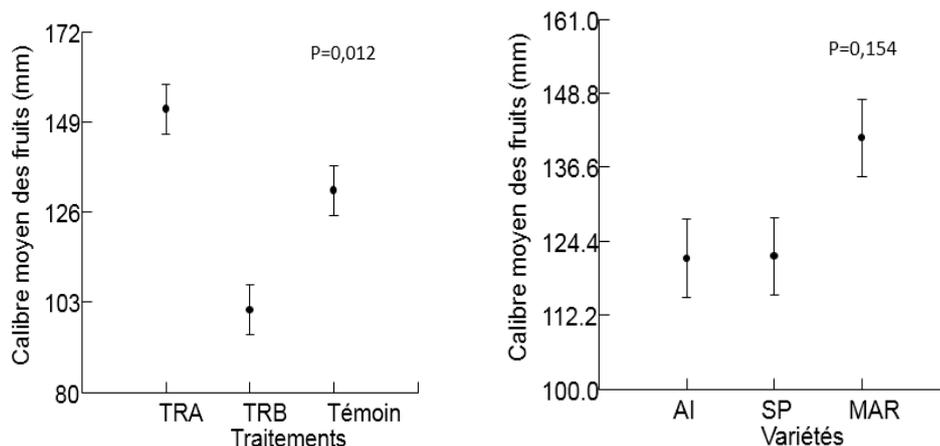


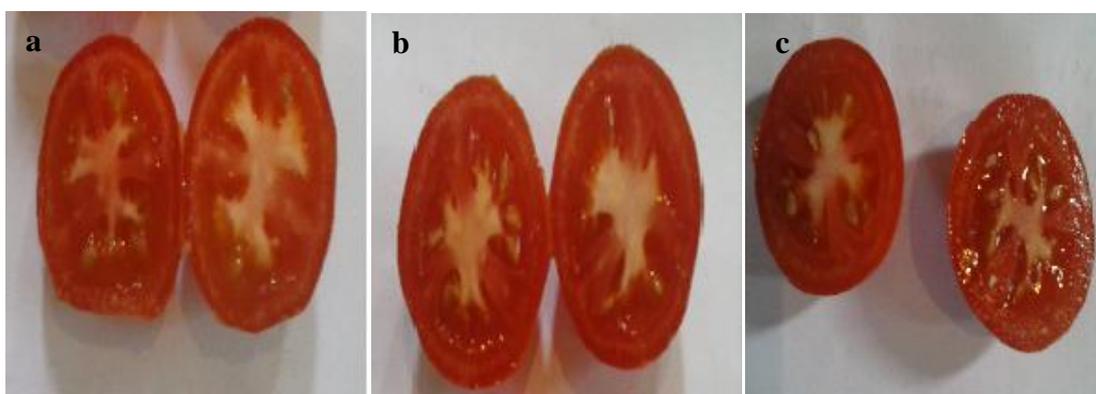
Figure.14 : Analyse de la variance en modèle GLM des calibres de fruits de tomates selon les traitements et les variétés

a : Variété Aïcha, b : Variété Saint pierre, c : Variété la Marmande

Ces résultats confirment que l'isolat TRA stimule le calibre de fruits de tomate. Ils coïncident avec les travaux de Carone (2002) qui a montré que la présence de *Trichoderma* aux racines permet la production de fruits d'un bon calibre, en quantité et en qualité.

3.2.4 Le nombre des graines

Comparés aux témoins, les fruits de tomate traités par *Trichoderma* spp. ont montré un nombre plus important de graines (Figure.15).



a : fruits témoin de la variété Saint Pierre, b et c: fruit de la variété Saint-Pierre traités respectivement par les isolats TRA et TRB.

Figure.15 : Effet des traitements à base de *Trichoderma* spp. sur le nombre de graines

L'analyse de la variance du nombre moyen de graines par 20g de fruit de tomate a montré une différence significative selon les traitements ($P=0.047$, $F=7.207$) mais une différence non significative selon les variétés de tomate ($P=0.663$, $F=0.456$) (Tableau.10).

Tableau.10 : Analyse de la variance de nombre de graines

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	F	P
Variété	128.667	2	64.333	0.456	0.663
Traitements	2034.667	2	1017.333	7.207	0.047

En modèle GLM, les plants traités par l'isolat TRB ont enregistré un nombre important de graines par 20 g de fruit de tomate (62 graines) par rapport aux plants témoins (24 graines) et ceux traités par l'isolat TRA (46 graines). Il en est de même pour la variété Marmande par rapport aux autres variétés (Figure.16).

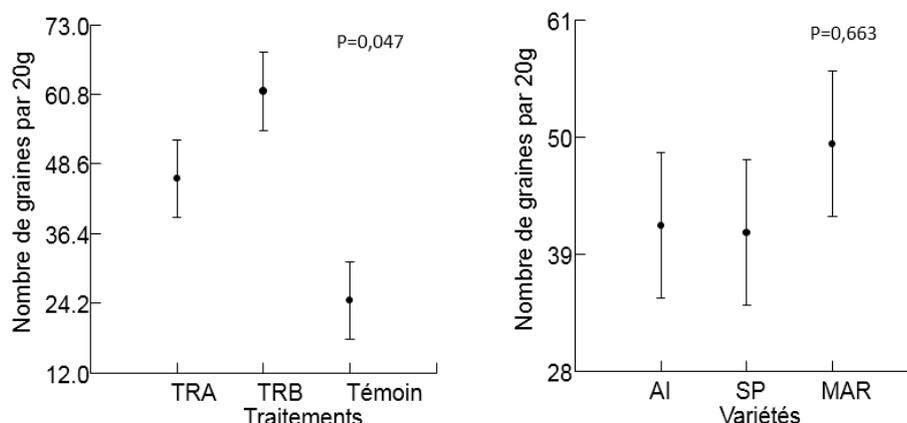


Figure.16 : Analyse de la variance en modèle GLM de l'effet de *Trichoderma* sp. sur le nombre de graines par 20g de fruits de tomate, selon les traitements et les variétés

a : Variété Aïcha, b : Variété Saint pierre, c : Variété la Marmande

Nos résultats ne coïncident pas avec ceux obtenus par Renson (1983) qui a cité environ 280 graines par gramme chez le fruit de la tomate cerise et entre 250 à 300 graines par gramme de fruit de tomate de table. Cependant, les deux isolats ont prouvé leur effet biostimulant sur la production de semences des trois variétés de tomates.

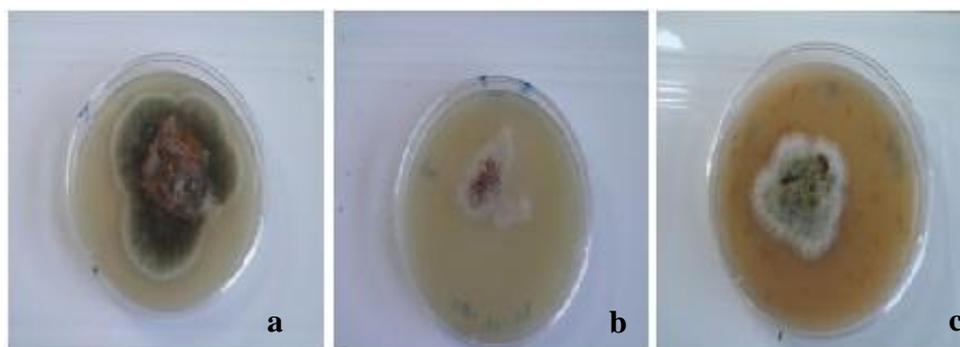
3.3 Effet eliciteur des isolats de *Trichoderma* spp.

Des symptômes de pourriture se sont développés sur quelques fruits des plants témoins des trois variétés de tomate alors que tous les plants traités par les isolats TRA et TRB de *Trichoderma* spp. apparaissent sains et de bonne texture (Figure.17).

Ainsi, les fruits infectés, placés dans des boîtes de Pétri contenant les milieux de cultures PDA et à base de tomate ont révélé des fructifications fongiques dont les critères morphologiques par observation microscopique de leurs thalles et appareils sporifères ont confirmé l'identification des deux genres de champignons : *Aspergillus* et *Alternaria* (Figure.18).



Figure.17: Symptômes de pourritures sur les fruits de tomates récoltés à partir des plants témoins



a : *Alternaria* sp. sur milieu PDA, b : *Aspergillus* sp. sur milieu PDA, c : *Aspergillus* sp. sur milieu à base de tomate.

Figure.18 : Développement des isolats fongiques du genre *Aspergillus* et *Alternaria*

Par ailleurs, les échantillons de fruits de tomate témoins particulièrement les variétés Aïcha et Saint Pierre sont également faiblement infestés par les larves de noctuelles.

L'analyse de la variance des taux d'infestation des fruits de tomates par les insectes a montré une différence non significative selon les traitements ($P=0.120$, $F=3.769$) et les variétés ($P=0.444$, $F=1.000$) (Tableau.11).

Tableau.11: Analyse de la variance des taux d'infestation des fruits de tomates

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	F	P
Variétés	288.889	2	144.444	1.000	0.444
Traitements	1088.889	2	544.444	3.769	0.120

En modèle GLM, les fruits issus des plants traités par les isolats de *Trichoderma* spp. TRA et TRB n'ont pas enregistré une infestation par les insectes par contre les témoins de la variété Aïcha et Saint Pierre ont enregistré des taux d'infestation de l'ordre de 13% (Figure.19). Ainsi, les isolats de *Trichoderma* spp. induisent des mécanismes de résistance contre les maladies et les insectes chez les trois variétés de tomates (Figure.20).

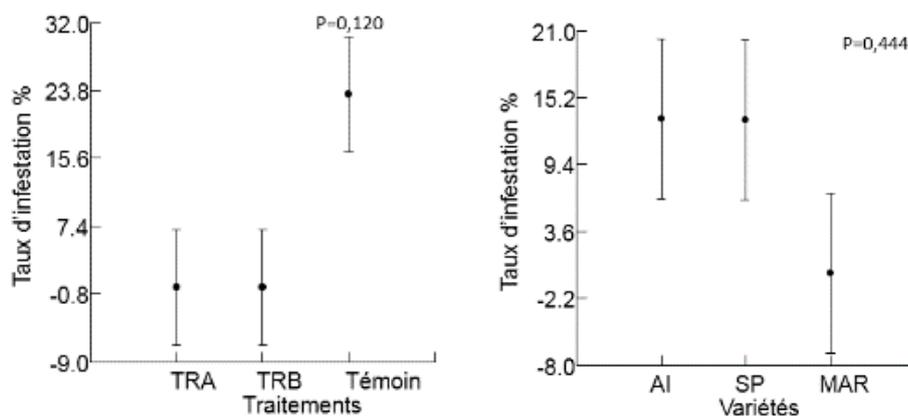


Figure.19: Analyse de la variance en modèle GLM de l'effet de *Trichoderma* spp. sur l'infestation des plants par les insectes selon les traitements et les variétés.
a : Variété Aïcha, b : Variété Saint pierre, c : Variété la Marmande



Figure.20 : Fruits de tomates témoins infestés par les larves de Noctuelle (a et b) et fruits sains traités par les isolats TRA et TRB (c et d).

Nos résultats confirment que les deux isolats de *Trichoderma* spp. utilisés dans notre étude induisent une résistance des plants de tomates aux bio-agresseurs. Ceci coïncide avec les travaux de Mouria et *al.* (2007) qui ont montré que toutes les souches du *Trichoderma* inoculées, en particulier avec *T. harzianum*, ont réduit le pourcentage de lésions sur les plants de tomate par rapport aux témoins.

Harman (2006) et Vinale et *al.*, (2008) ont, de leur côté, affirmé 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 les cultures de concombre, chou, pomme de terre, tomate, carotte, haricots et petits pois.

Hibar et *al.*, (2005) in Djafer (2011) ont interprété la stimulation de la croissance de la 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.

Hasni (2012), 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 confirmé la réduction d'inoculum de *P. infestans* sous l'effet antagoniste des isolats de *Trichoderma* sp.

Dans ce sens, les deux isolats de *Trichoderma* spp. ont montré leur effet eliciteur vis-à-vis des larves de Noctuelles. Ils ont induit une importante résistance des variétés de plants de tomates aux maladies et aux prédateurs.

3.4 Pouvoir colonisateur racinaire des isolats de *Trichoderma* spp.

Après une semaine d'incubation, une fructification verdâtre caractéristique du genre *Trichoderma* est isolée des fragments de racines des plants traités par les isolats TRA et TRB, recouvrant progressivement les boîtes de Pétri. Leur observation microscopique a confirmé la morphologie des isolats antagonistes et leur capacité de coloniser les racines des trois variétés de tomates et leur présence dans la rhizosphère (Tableau.12).

Tableau.12 : Isolement des isolats de *Trichoderma* spp. à partir des plants des variétés de tomate traités et témoins

Plants des variétés	Témoins	Echantillons traités par isolat	
		TRA	TRB
Marmande	-	+	+
Saint-Pierre	-	+	+
Aïcha	-	+	+

Légende :

+ : Présence de champignons

- : Absence de champignons

Le pouvoir colonisateur racinaire des isolats de *Trichoderma* spp. confirme leur effet biostimulant et eliciteur des plants des variétés de tomates. Il coïncide avec les travaux de Kleifeld et Chet (1992) qui ont affirmé que la stimulation de la croissance des plantes par *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*.

Par ailleurs, les travaux de Nemeč et *al.*, (1996) et Mouria et *al.*, (2007) ont affirmé 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.

3.5 Etude de critères de qualité des fruits de tomates

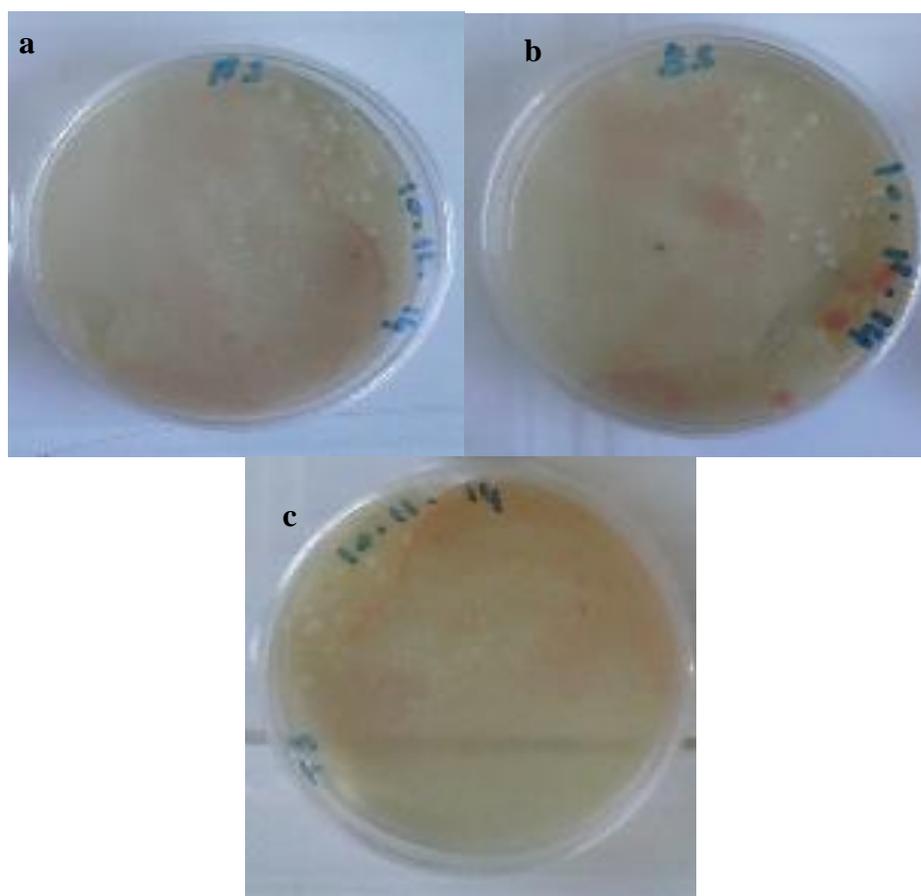
3.5.1 Critères organoleptiques

Les observations visuelles, les saveurs et les odeurs ont permis de relever les critères généraux des fruits de tomate récoltés. La couleur varie du rouge au rouge foncé. La saveur est sucrée ou acide avec une bonne odeur prononcée de tomate et une texture épaisse à très épaisse de fruits (Tableau.13).

Tableau.13 : Critères de qualité des fruits des trois variétés de tomates récoltés de plants traités par *Trichoderma* spp. et des plants témoins

Critères de qualité des trois variétés de fruits de tomates		visuelle	gustative		tactile	Olfactive	Appréciation globale
		couleur	Saveur sucrée	Saveur acide	Aspect de la peau	Odeur de tomate	
Aïcha	Témoin	rouge	Peu sucré	Indifférent	épaisse	prononcée	appréciée
	TRA	Rouge	Peu sucré	Indifférent	Très épaisse	prononcée	Très appréciée
	TRB	Rouge	Peu sucré	Indifférent	Epaisse	prononcée	appréciée
Saint-Pierre	Témoin	Très rouge	Peu sucré	Indifférent	Epaisse	prononcée	Appréciée
	TRA	Très rouge	sucré	Indifférent	Epaisse	prononcée	Très appréciée
	TRB	Rouge	Sucré	Indifférent	Epaisse	prononcée	appréciée
Marmande	Témoin	Rouge	Peu sucré	Indifférent	Epaisse	prononcée	appréciée
	TRA	Très rouge	Sucré	Indifférent	Très épaisse	prononcée	Très appréciée
	TRB	Très rouge	sucré	Indifférent	Très épaisse	prononcée	Très appréciée

Par ailleurs, l'absence des isolats de *Trichoderma* spp dans les jus de fruits de tomates est confirmée pour l'ensemble des traitements et les trois variétés de tomates (Figure.21).



a : TRA, b : TRB, c : Témoins

Figure.21 : Absence des colonies des isolats de *Trichoderma* spp. dans le jus de fruits de tomates de la variété Saint Pierre sur milieu PDA, selon les traitements des plants.

Les fruits de tomates récoltés des plants traités par l'isolat TRA ont montré une meilleure qualité organoleptique. Ils sont les plus prisés par les dégustateurs. Ils sont plus rouges, plus sucrés et de texture plus épaisse ce qui leur confère une résistance contre les bio-agresseurs.

3.5.2 Analyses physicochimiques des fruits de tomates

3.5.2.1 pH

Les échantillons de fruits de tomates ont montré un pH acide voisin de 4.

L'analyse de la variance des pH des échantillons de fruits de tomate a montré une différence non significative selon les traitements ($P=0.905$, $F=0.100$) mais significative selon les variétés ($P=0.041$, $F=3.711$) (Tableau.14).

Tableau.14: Analyse de la variance des pH des échantillons de fruits de tomates

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Fréquence F	P
Variétés	0.188	2	0.094	3.711	0.041
Traitements	0.005	2	0.003	0.100	0.905

En modèle GLM, les pH relevés pour les trois variétés de tomates traitées et témoins sont compris entre 3.75 et 4.05 (Figure.22). Nos résultats coïncident avec ceux des travaux de Merton et Hubbard (1988) dont le pH de la tomate mûre s'élève à 4,2 et Fan-Ungue (1969) avec des valeurs de pH comprises entre 3,1 et 4,1.

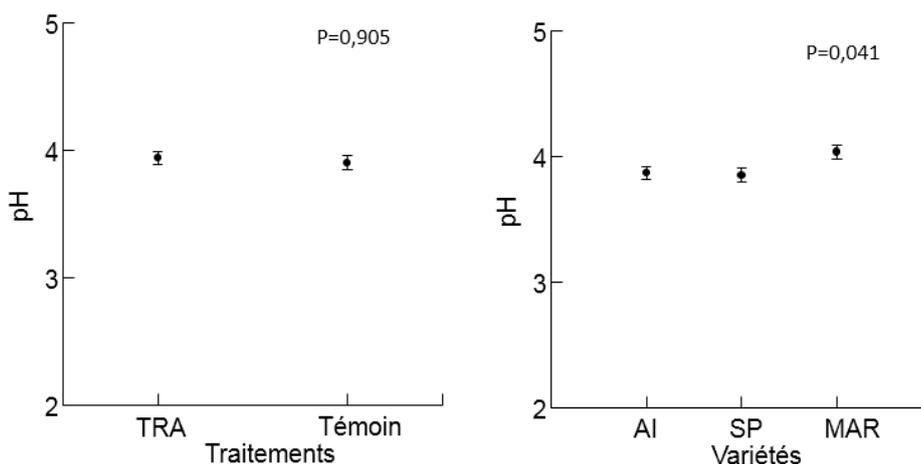


Figure.22: Analyse de la variance en modèle GLM du pH des échantillons de fruits de tomates selon les traitements et les variétés.

a : Variété Aïcha, b : Variété Saint pierre, c : Variété la Marmande

3.5.2.2 L'acidité titrable

L'analyse de la variance de l'acidité titrable a révélé une différence non significative selon les traitements ($P=0.586$, $F=0.415$) et les variétés ($P=0.932$, $F=0.073$) (Tableau.15).

Tableau.15: Analyse de la variance de l'acidité titrable des échantillons de fruits de tomates

Facteurs	S.C.E	Ddl	Carrés moyens	Fréquence F	P
Variétés	0.000	2	0.000	0.073	0.932
Traitements	0.001	1	0.001	0.415	0.586

En modèle GLM, les échantillons de fruits de tomate enregistrés montrent une acidité comprise entre 0.429% et 0.545% (Figure.23).

En effet, Sherman et *al.*, (1977) ont montré des valeurs moins importantes, comprises entre 0,33 % et 0,37 %. Par ailleurs, Verhivker (1993) a révélé un taux d'acidité de l'ordre de 0,8 % pour la tomate mûre. D'autres auteurs ont affirmé une variation du taux d'acidité liée à la forme du fruit de la tomate. Adsuje (1979) a rapporté des taux d'acidité compris entre 0,42 % et 0,75 % pour les variétés de tomate aux fruits ronds et des taux d'acidité compris entre 0,36 % et 0,45 % pour les variétés aux fruits allongés. Dans ce sens, nos échantillons de fruits sont ronds et leur taux d'acidité concorde avec les valeurs de ces dernières.

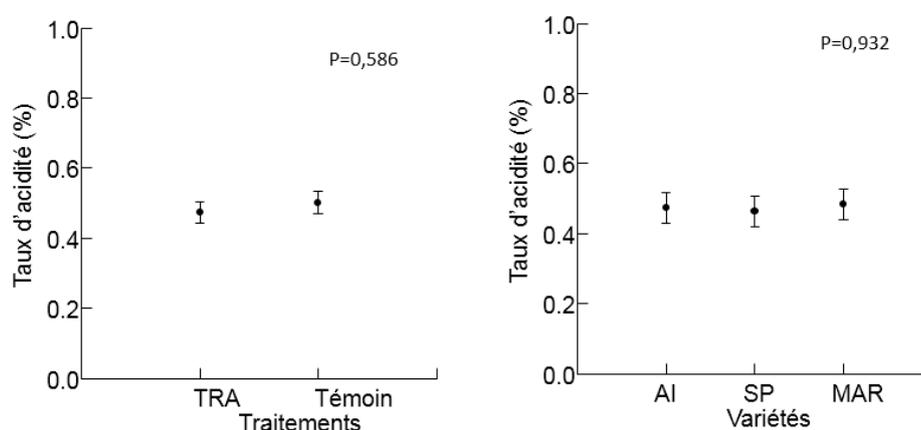


Figure.23: Analyse de la variance en modèle GLM des taux d'acidité titrable des échantillons de fruits de tomates selon les traitements et selon les variétés
a : Variété Aïcha, b : Variété Saint pierre, c : Variété la Marmande

3.5.2.3 Etude de l'activité antioxydante

Les échantillons de jus de fruits de tomates ont affirmé leur effet antioxydant variable selon les concentrations, les traitements et les variétés. Les taux d'inhibition des radicaux libres est proportionnelle aux concentrations mais sont nettement inférieures à celle de l'acide ascorbique dont l'inhibition est presque totale à partir de la concentration 400 μL (98,79%). (Tableau.16) (Figure.24).

Tableau.16 : Pourcentage d'inhibition des radicaux libres des jus de fruits de tomates.

Concentrations de jus de tomate (μL)	Pourcentage d'inhibition %						
	Variété Aïcha		Variété Saint-Pierre		Variété Marmande		Acide ascorbique
	Témoin	TRA	Témoin	TRA	Témoin	TRA	
200	20.51	26.43	35.67	39.18	45.10	56.00	45.44
400	26.06	32.34	39.96	48.42	49.72	56.19	49.98
600	29.75	44.36	52.49	59.14	56.93	58.78	67.52
800	37.89	52.12	59.14	69.13	58.78	59.51	93.01
1000	45.84	59.14	64.32	81.51	60.99	61.92	98.79

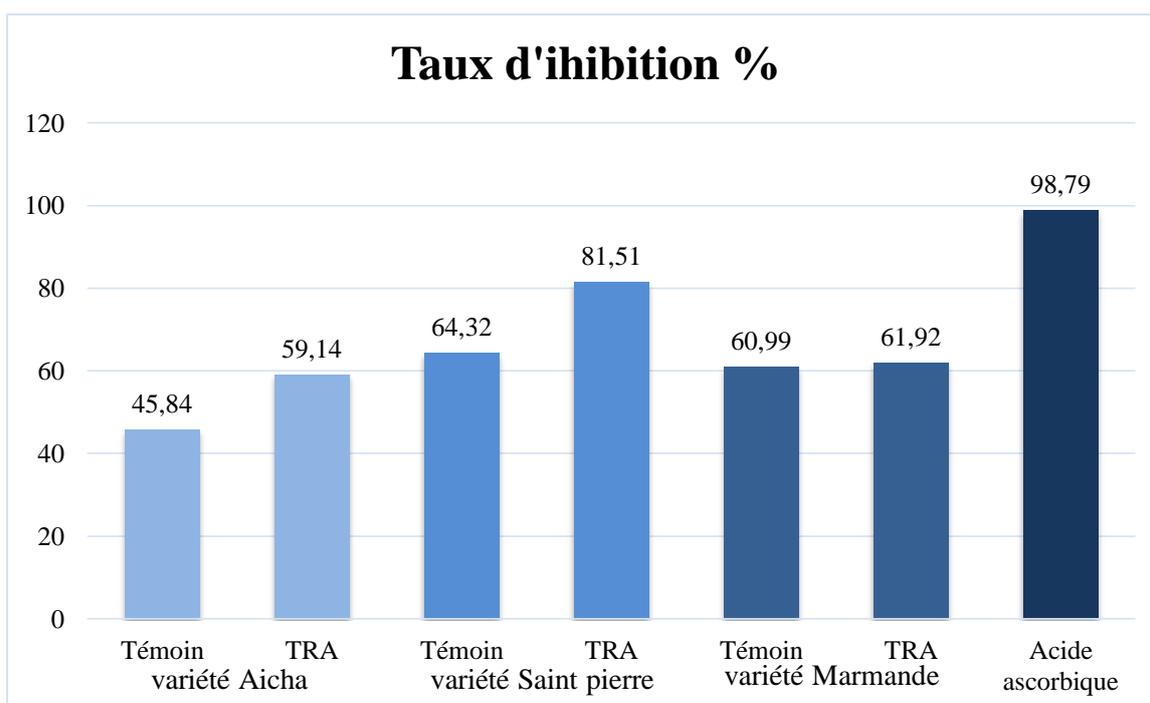


Figure.24 : Activité antioxydante des échantillons de jus de fruits de tomates selon les traitements et les variétés.

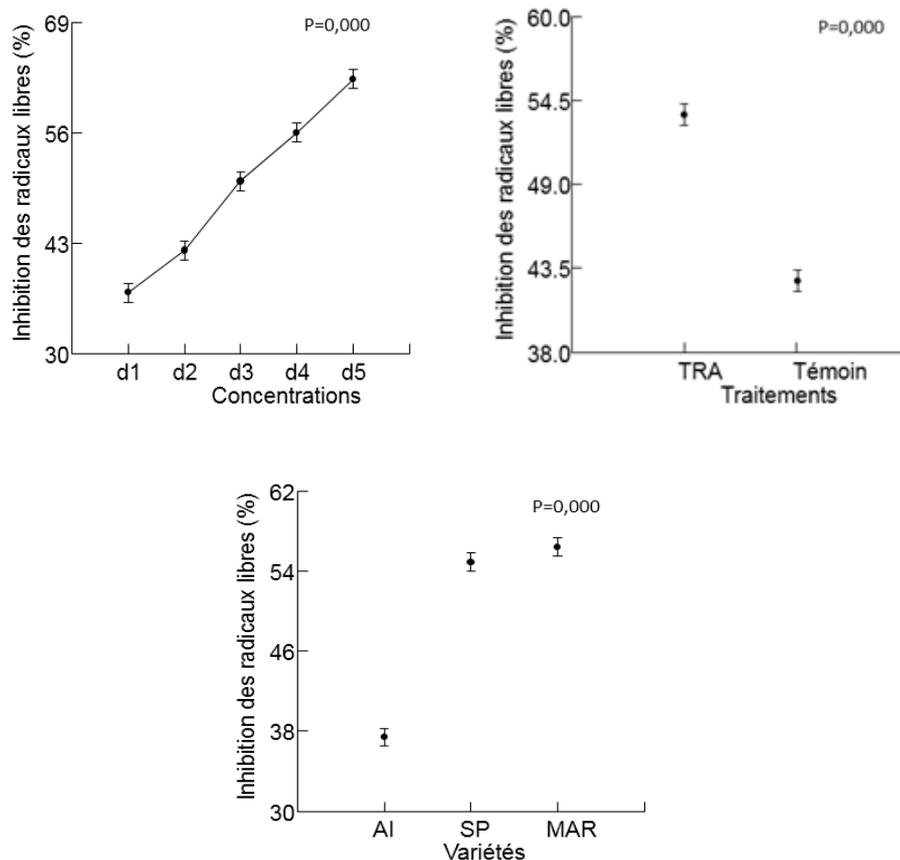
L'activité antiradicalaire est variable selon les concentrations de jus de fruits de tomates. Elle est proportionnelle aux concentrations. Elle varie de 20.51 à 64.32 % pour les témoins et de 26.43 à 81.51% pour les plants traités par l'isolat de *Trichoderma* sp. TRA (Tableau.16).

L'analyse de la variance de l'activité antioxydante des échantillons de jus de fruits de tomates a montré une différence hautement significative selon les traitements (P=0.000, F=63.039), les variétés (P=0.000, F=145.945) et les concentrations (P=0.000, F=80.917) (Tableau.17).

Tableau.17: Analyse de la variance de l'activité antioxydante des échantillons de jus de fruits de tomates selon les traitements, les variétés et les concentrations

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	F	P
Variétés	6706.992	2	3353.496	145.945	0.000
Traitements	1448.492	1	1448.492	63.039	0.000
Concentrations	7437.176	4	1859.294	80.917	0.000

En modèle GLM, Les jus de fruits de tomates récoltés à partir des plants traités par TRA a présenté une activité antiradicalaire plus élevée (54%) que celle des témoins (42%), respectivement, pour la variété Marmande (58%), Saint Pierre (56%) et Aicha (37%) (Figure.25).



d1 : concentration 200 μ L, d2 : concentration 400 μ L, d3 : concentration 600 μ L, d4 : concentration 800 μ L, d5 : concentration 1000 μ L.

Figure.25 : Analyse de la variance en modèle GLM de l'activité antioxydante des échantillons de jus de fruits de tomates selon les concentrations, les traitements et les variétés.

a : Variété Aïcha, b : Variété Saint pierre, c : Variété la Marmande

En se basant sur les travaux de Bey Mostapha (2014) dont les extraits méthanoliques bruts de jus de fruits des variétés de tomate Joker et Marmande ont, respectivement, enregistré des taux d'inhibition de 63,44% et 20,18 %. Les taux d'inhibition de l'activité antiradicalaire enregistrés pour les extraits de jus de tomate sont confirmés l'impact d'utilisation de TRA sur l'amélioration de l'activité antioxydante des jus de fruits, respectivement, pour les variétés de tomates : Saint Pierre (81,51 %), Marmande (61.92 %) et Aïcha (59.14 %).

En effet, l'activité antioxydante est corrélée positivement avec la structure des polyphénols. Elle augmente généralement avec un nombre élevé de groupements hydroxyles (Heim, *et al.*, 2002) due à leur pouvoir de donner plus d'atomes pour stabiliser les radicaux libres (Torres de pinedo *et al.*, 2007). Ainsi, l'effet antioxydant n'est pas seulement dose-dépendant mais également structure dépendant (Rodriguez-Bernaldoet *al.*, 2009).

3.5.3 Critères nutritionnels des fruits de tomate

3.5.3.1 Taux de sucres

L'analyse de la variance des taux de sucres des échantillons de fruits de tomate a révélé une différence non significative selon les traitements ($P=0.216$, $F=1.647$) mais significative selon les variétés ($P=0.011$, $F=5.604$) (Tableau.18).

Tableau.18: Analyse de la variance des taux de sucres des échantillons de fruits de tomates

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	F	P
Variétés	1.076	2	0.538	5.604	0.011
Traitements	0.316	2	0.158	1.647	0.216

Les isolats de *Trichoderma* spp. n'ont pas montré de variabilité sur les taux de sucres des échantillons de fruits de tomate par rapport à ceux des témoins.

En modèle GLM, les échantillons de fruits de tomate issus des plants traités par TRA ont révélé des taux des sucres sensiblement supérieurs (4.2%) à ceux récoltés à partir les plants témoins (4%) (Figure.26). De même, la plus grande teneur en sucres (4.9%) est enregistrée chez les fruits issus des plants de tomate de la variété Saint Pierre, traités par TRA.

Ainsi, les teneurs en sucres de nos échantillons de fruits récoltés des trois variétés de tomate étudiées (3.9 à 4.9%) concordent avec les teneurs en sucres des fruits de tomate établies respectivement par Verhivker (1993) (3,5 %) et Sherman et al., (1977) (4,07 et 5,08 %).

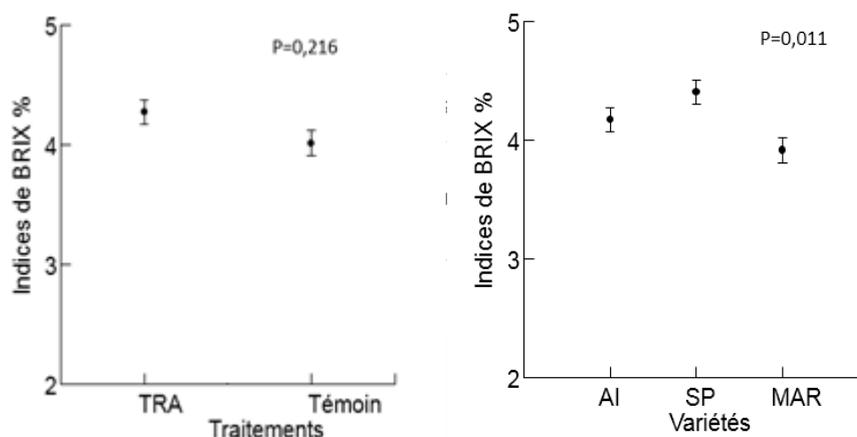


Figure.26 : Analyse de la variance en modèle GLM de l'effet de *Trichoderma* spp. sur le Taux de sucres des fruits de tomates selon les traitements et les variétés.

a : Variété Aïcha, b : Variété Saint pierre, c : Variété la Marmande

3.5.3.2 Taux d'acide ascorbique

L'isolat de *Trichoderma* spp. a montré son effet sur la teneur en acide ascorbique sur les échantillons de fruits de tomate. L'analyse iodométrique de l'acide ascorbique des échantillons de fruits de tomates a montré une différence significative selon les variétés ($P=0.002$, $F=9.051$) et les traitements ($P=0.005$, $F=10.751$) (Tableau.19).

Tableau.19: Analyse de la variance des taux d'acide ascorbique des échantillons de fruits de tomates selon les variétés et les traitements

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	F	P
Variétés	180.142	2	90.071	9.051	0.002
Traitements	106.985	1	106.985	10.751	0.005

En modèle GLM, la concentration d'acide ascorbique des échantillons de fruits de tomates est comprise entre 8.8 et 17.6 mg pour 100 g d'échantillon. La plus grande teneur en acide ascorbique correspond aux échantillons issus des plants traités par l'isolat TRA pour les variétés Saint Pierre (13.2 mg/100g) et Aïcha (13.2 mg/100g) (Figure.27) dont la valeur coïncide avec celle établie par Favier et *al.* (2003) qui est de 18 mg pour 100g de tomate crue. Abushita et *al.*, (1997) ont montré que la concentration de cet antioxydant variait entre 22 et 48 mg/100 g de variétés de tomates cultivées en Hongrie. George et *al.* (2004) ont rapporté que la concentration en acide ascorbique chez 12 variétés de tomates était comprise entre 8,4 et 32.4mg/100 g des teneurs similaires (9.9 à 34mg / 100g) ont été confirmées par Nour et *al.* (2013) chez les cultivars de tomates dans le sud-ouest de la Roumanie.

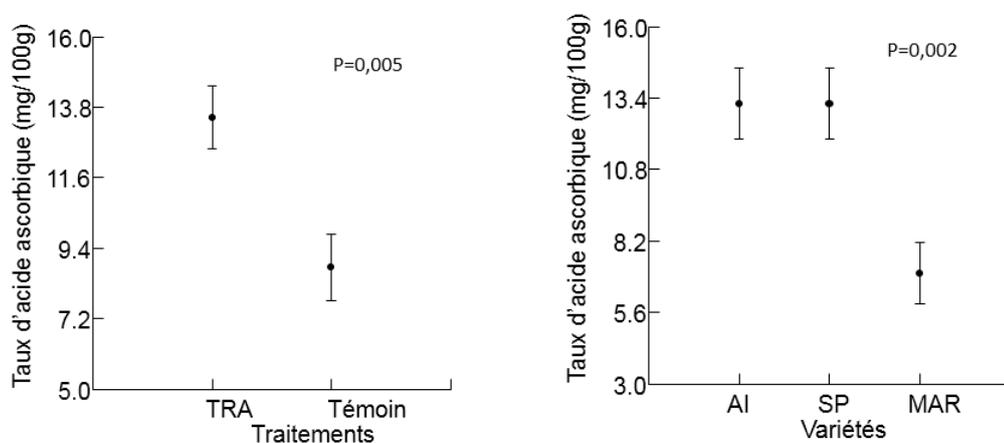


Figure.27 : Analyse de la variance en modèle GLM de l'effet de *Trichoderma* spp. sur le taux d'acide ascorbique des échantillons de fruits de tomates.

a : Variété Aïcha, b : Variété Saint pierre, c : Variété la Marmande

3.5.4 Analyse biochimique

3.5.4.1 Rendement en extraits secs

Les extraits méthanoliques des échantillons de fruits de tomates ont montré une variabilité pour le rendement en extraits secs.

L'analyse de variance du rendement en extraits secs des extraits méthanolique des échantillons de fruits de tomate a montré une différence significative selon les variétés ($P=0.001$, $F=12.717$) et les traitements ($P=0.009$, $F=9.250$) (Tableau.20).

Tableau.20: Analyse de la variance du rendement en extraits secs des extraits méthanolique des échantillons de fruits de tomates selon les variétés et les traitements

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	F	P
Variétés	207.864	2	103.932	12.717	0.001
Traitements	75.596	1	75.596	9.250	0.009

En modèle GLM, les échantillons de fruits issus des plants de tomates traités par TRA a montré un rendement en extraits secs plus important (5.8g) que les témoins (1.7g). Aussi, le plus important rendement correspond aux fruits récoltés à partir des plants de la variété Saint Pierre traités TRA (8.53g) (Figure.28).

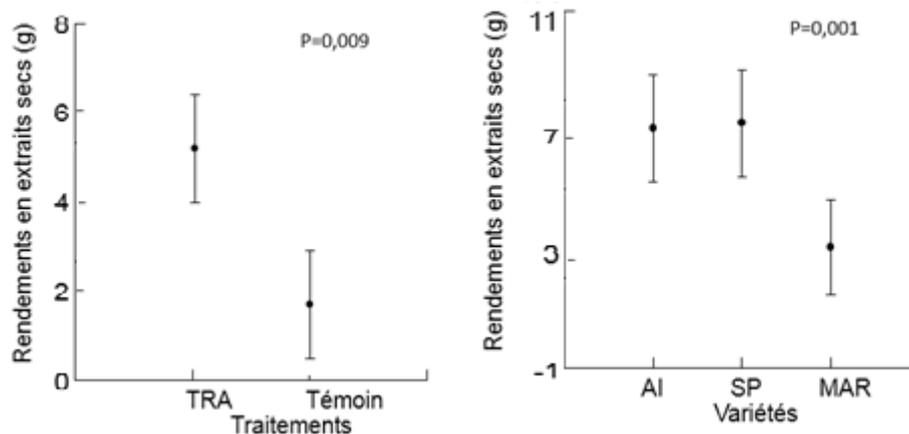


Figure.28 : Analyse de la variance en modèle GLM du rendement en extraits secs des extraits méthanolique des échantillons de fruits de tomate selon les variétés et les traitements
a : Variété Aïcha, b : Variété Saint pierre, c : Variété la Marmande

3.5.4.2 Dosage des phénols

Le dosage des phénols totaux a relevé une variabilité selon les trois variétés de tomate et les traitements. L'analyse de la variance des taux des phénols totaux a montré une différence hautement significative selon les variétés ($P= 0.000$, $F= 35.060$) et selon les traitements ($P=0.000$, $F= 41.097$) (Tableau.21).

Tableau.21: Analyse de la variance des taux des phénols totaux des extraits méthanoliques de jus de fruits de tomates selon les variétés et les traitements

Facteurs	S.C.E	ddl	Carrés moyens	F	P
Variétés	733520.131	2	366760.065	35.060	0.000
Traitements	429914.826	1	429914.826	41.097	0.000

En modèle GLM, les extraits méthanoliques de jus de fruits ont enregistré des teneurs élevées en polyphénols sur les trois variétés de tomates sous l'effet des isolats de *Trichoderma* spp. (609.96mg GAE/g) que celle des témoins (299.87 mg GAE/g). Le taux le plus élevé correspond aux extraits de la variété Saint Pierre (725.72 mg GAE/g) suivi par la variété Aïcha avec une teneur de 399.81 mg GAE/g, puis la variété Marmande avec une teneur de 240.72 mg GAE/g (Figure.29).

Les teneurs en phénols enregistrés confirment le haut pouvoir antioxydant des extraits issus des plants traités TRA.

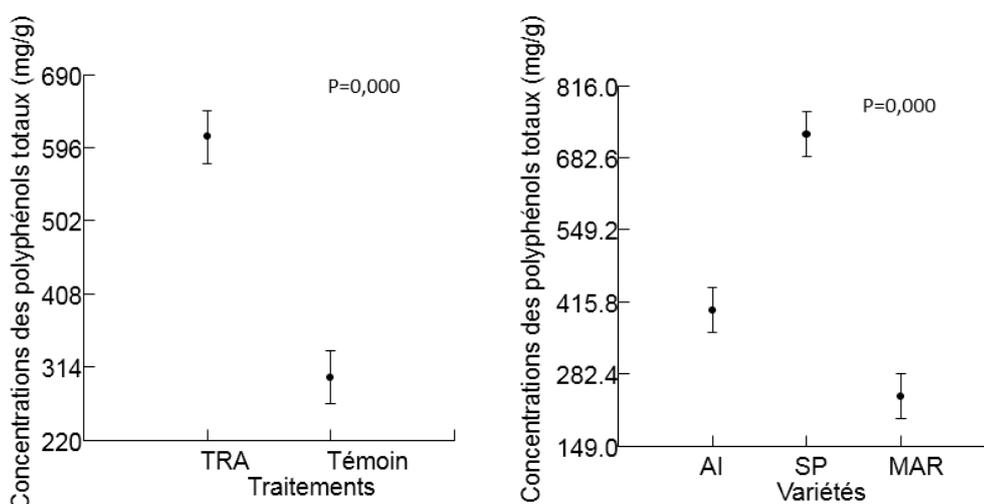


Figure.29 : Analyse de la variance en modèle GLM des teneurs en phénols totaux des jus de fruits de tomates selon les traitements et les variétés

a : Variété Aïcha, b : Variété Saint pierre, c : Variété la Marmande

Dans ce sens, les teneurs en phénols totaux des extraits de jus de fruits de tomates sont supérieures à celles d'autres études. TRA a prouvé son effet bio-stimulant sur la teneur en composés phénoliques des extraits méthanoliques des jus de fruits des trois variétés de tomate.

Pour la tomate espagnole (Martínez-Valverde et *al.*, 2002) 68mg / 100g. pour la tomate indienne (Kaur et Kapoor, 2002), 2,25 à 25.84mg / 100g pour les variétés de tomates italiennes (Minoggio et *al.*, 2003), 30 à 55.9mg / 100g de cultivars dans le sud-ouest de la Roumanie (Nour et *al.*, 2013) et 24.5-31.3 mg / 100g et 22.6-98.3mg / 100g de composés phénoliques pour les cultivars portugais (Pinela et *al.*, 2012 ; Vinha et *al.*, 2014).

Il a été également rapporté que d'autres facteurs peuvent influencer la composition en polyphénols. Ainsi, les cultures de tomate, fortement exposées à la lumière ont été signalées très riches en composés phénoliques que les tomates cultivées en serre (Hunt et Baker, 1980; Davies et Hobson, 1981). La lumière stimule la biosynthèse de composés phénoliques en augmentant l'activité des enzymes, en particulier la phénylalanine ammoniac-lyase (PAL). La PAL convertit la phénylalanine en acide coumarique, qui est le précurseur de molécules impliquées dans la synthèse des composés phénoliques (Smith, 1973).

Conclusion

Conclusion générale et perspectives

Cette étude met en exergue l'impact d'utilisation de deux isolats algériens de *Trichoderma* spp. sur la croissance, le rendement et la qualité des fruits, à savoir leurs valeur nutritionnelle, organoleptique, propriétés chimiques et biochimiques de trois variétés de la tomate. Notre travail se base sur la mycorhisation des plantules de tomate.

L'isolat de *Trichoderma* spp. TRA a confirmé l'amélioration de la croissance des plants et du rendement total en poids, en nombre de fruits et de graines ainsi que le calibre des fruits des trois variétés de tomates. Les fruits de tomates traités par l'isolat de *Trichoderma* spp. TRA ont présenté une meilleure qualité organoleptique. Ils sont plus rouges, plus sucrés et de texture plus épaisse. Ce qui leur confère une résistance contre les bioagresseurs.

En effet, les deux isolats de *Trichoderma* spp. ont prouvé leur effet eliciteur vis-à-vis de la chenille de noctuelle. Les plants traités par les souches de *Trichoderma* ont montré une importante résistance par rapport aux témoins. Ils ont, par ailleurs, confirmé leur pouvoir colonisateur de la rhizosphère et des racines des plants de tomate mycorhizes.

En ce qui concerne les paramètres physico-chimiques, les pH relevés pour les trois variétés de tomate traitées et témoins montrent des pH compris entre 3.75 et 4.05. Les échantillons de fruits de tomate enregistrés montrent une acidité comprise entre 0.429 et 0.545%. Dans ce sens, les isolats de *Trichoderma* spp. n'ont aucun effet sur le pH, l'acidité et la teneur en sucres des fruits. Par contre, ils ont montré leur effet sur la teneur en acide ascorbique.

Quant à l'analyse biochimique des fruits, les résultats obtenus ont montré que les échantillons de jus de fruits des trois variétés de tomate traités par l'isolat TRA sont riches en composés phénoliques. Le taux le plus élevé est révélé pour les fruits de la variété Saint Pierre (725.72 mg GAE/g), suivi par ceux de la variété Aïcha (399.81mg GAE/g), puis ceux de la variété la Marmande (240.72 mg GAE/g). Ce qui confirme leur pouvoir élevé d'antioxydants. Les jus de fruits de tomate récoltés à partir des plants traités par l'isolat TRA a présenté une activité antiradicalaire plus élevée que celle des témoins.

En perspectives, il est intéressant de poursuivre nos recherches par :

- L'identification et la production en masse des isolats de *Trichoderma* spp.
- La connaissance de leurs mécanismes d'action sur la biostimulation par analyse des phytohormones,
- La confirmation de l'effet eliciteur des isolats *Trichoderma* spp. sur l'infestation et l'infection des plants et des fruits par les bioagresseurs, par la connaissance des mécanismes de défense naturelle des fruits,
- L'utilisation des isolats de *Trichoderma* spp. comme biostimulants et biopesticides sur d'autres cultures importantes,
- L'étude de leur pouvoir solubilisant des minéraux pour leur utilisation comme biofertilisants,
- Le dosage des polyphénols chez les fruits infectés et infestés,
- L'application des isolats de *Trichoderma* spp. en agriculture biologique,
- L'amélioration de la production d'autres métabolites secondaires comme le carotène et le lycopène à intérêt pharmacologique.

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.
- **Abushita A.A., Hebshi E.A, Daood H.G. et Biacs P.A., 1997.** Determination of antioxidant vitamins in tomatoes. *Food Chemistry.* 60(2): 207-212p.
- **AFNOR.** Analyse sensorielle, Vocabulaire. NF EN ISO 5492, 1992. La Plaine Saint-Denis: AFNOR, 2009, 107p.
- **Adsuje P.G., 1979.** Inherent acidity of some tomato varieties in relation to their shape. Indian Institute of Horticultural Sciences. *Journal of Food Science and Technology.* 16: 262p.
- **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.
- **Balasundram N., Sundram K. et Samman S., 2006.** Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry.* 99:191–203p.
- **Bauer S., Schulte E. et Thier H.P., 2004.** Composition of the surface wax from tomato-II. Quantification of the components at the ripe red stage and during ripening. *European Food Research and Technology.* 2195: 487-491p.
- **Baker R., 1988.** *Trichoderma* spp. as plant-growth stimulants, *crc crit.rev. biotechnol.* 7 (2): 97- 106p.
- **Bey Mostapha B., Louaileche H. et Mouhoubi Z., 2014.** Antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) varieties grown in Algeria. *Journal of Food Technology Research.* 1(3): 133-145p.
- **Bellahcene M. et Chet I., 1990.** Cellular and molecular mechanisms involved in the interaction between *T. harzianum* and *Phytophthora ultimum*. *appl. envir. microbial.* (63): 2095- 2099p.
- **Besnard O. et Davet P., 1992.** Mise en évidence de souches de *Trichoderma* spp. à la fois antagonistes de *Phytophthora ultimum* et stimulatrices de la croissance des plantes, *Agronomie* (13): 413-421p.

- **Berti V., 1989.** J'aime les tomates. Les éditions de l'homme: 156p.
- **Bissett J., 1991.** A revision of the genus *Trichoderma*. I. Section *Pachybasium*. *Can. J. Bot.* (69): 2373- 2417p.
- **Borguini R. et Torres E., 2009.** Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants. *Food Rev. Int.* 25: 313–325p.
- **Boss I.P.L., 2002.** Etudes des activités biologiques fagara xanthoxyloides LAM (Rutaceae). *Thèse de Pharmacie, Bamako.* 133p.
- **Boudyach E.H., Fatmi M., Boubaker H. et Akhayat O., 2004.** Effectiveness of fluorescent pseudomonads strains HF 22 and HF 142 to control bacterial canker of tomato. *J. Food. Agr. Environ.* 2 (3 et 4):115-120p.
- **Canene-Adams K., Campbell J.K., Zaripheh S., Jeffery E.H. et Erdman J.W., 2005.** The tomato as a functional food. *J. Nutr.* 135: 1226–1230p.
- **Caron J., 2002.** Le pouvoir antagoniste de *Trichoderma*, conférence présentée lors des journées horticoles régionales à St-Rémi (Canada): 2p.
- **CDH., 1986.** Les cultures maraîchères au Sénégal. Bilan des activités du Centre de développement d'Horticulture de 1972 à 1985. ISRA / CDH: 265p.
- **Chaux C., 1972.** Production légumière, Ed. J.B, Baillièrre, Paris: 414p.
- **Chaux C.L. et Foury C.L., 1994.** Culture légumière et maraichère. Tome 3 : légumineuses potagères, légumes fruit. *Tec et Doc. Lavoisier, Paris:* 563p.
- **Chanforan C., 2010.** Stabilité de microconstituants de la tomate (composés phénolique, caroténoïde, vitamine C et E) au cours des procédés de transformation : études en systèmes modèles mis en point d'un modèle stoechio-cinétique et validation pour l'étape unitaire de préparation de sauce tomate. *Thèse doctorale* : 86-88p.
- **Cheyrier V. et Sarni-Manchado P., 2006.** Structures phénoliques et goût. Les polyphénols en agroalimentaire. Lavoisier: 398p.
- **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:* 106p.
- Cirad (Organisme, France Ministère des affaires étrangères, Cirad, centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement France, et Gret, groupe de recherche et d'échanges technologique, ministère des affaires étrangères). (2002). Mémento de l'agronomie. (ed). Quae: 1045-1046p.

- **Compobello E.W.A., Drenth H.H. et Leifrink R.S., 2002.** Culture professionnelle de pomme de terre, plantation. 2eme édition. Nivva : 22p.
- **Cournut B., 1984.** Le genre *Trichoderma* hyphomycètes. Th : Pharmacie – Univ Marseille: 77p.
- **Collingwood E.P., 1984.** Les principaux ennemis des cultures maraîchères au Sénégal. CDH. Dakar. 2° édition: 96p.
- **Chibane A., 1999.** Tomate sous serre. Bulletin : transfert de technologie en agriculture, n°57, Ed : PNTTA, Rabat: 18-22p.
- **Chu Y.H., Chang C.L. et Hsu H.F., 2000.** Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 80(5): 561-566p.
- **Daels rakotoarison D., 1999.** Extraits phénoliques d'aubépine, de cola et d'églantier. *Thèse de doctorat, université de Lille-II, France*. 172p.
- **Datnoff L.E., Nemeč S. et Pernezny K., 1995.** Biological control of Fusarium crown an root rot of tomato in Florida using *Trichoderma harzianum* and *Glomus intraradices*. *Biological control*. 5: 427-431p.
- **Davet P., 1997.** Détection et isolement des champignons du sol. Eds. INRA, Paris. France: 194p.
- **Davies J.N. et Hobson G.E., 1981.** The constituents of tomato fruit-the influence of environment, nutrition, and genotype. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 15(3): 205-280p.
- **Desjardin Y., 2008.** Physiological and ecological functions and biosynthesis of healthpromoting compound in fruit and vegetables. Improving the health-promoting properties of fruit and vegetable products. *Tomas-Barberan, F. A. Gil, M. I. Cambridge, UK. New York, USA, Woodhead publishing limited CRC press*: 201-247p.
- **De Broglie L.A. et Guérout D., 2005.** Tomates d'hier et d'aujourd'hui. Eds hoëbeke, paris. France:143p.
- **Dicko M.H., Gruppen H., Traoré A.S., Alphons G.J., Willem J.H., et Berkel V., 2006.** Phenolic compounds and related enzymes as determinants of sorghum for food use. *Biotechnology and Molecular Biology Review*.1: 21-38p.
- **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. Th. Master BPAM, Univ. Saad Dahlab de Blida: 74p.

- **Elattir H., Skiredj A. et Elfadl A., 2002.** La culture de tomate sous abris, PNTTA, Rabat: 1- 4p.
- **Esposito E. et Silva M., 1998.** Systematics and environmental application of the genus *trichoderma*. *critical review in microbiology*. 2 (24): 89-98p.
- **FAO Stat, 2012:** http://faostat3.fao.org/home/index_fr.html?locale=fr#visualize
- **Falleh R., Ksouri K., Chaieb N., Karray-Bouraoui N., Trabelsi M., et Abdelly C., 2008.** Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Compt. Rend. Biol.* 331: 372-379p.
- **Fan-Ungue A.F., Flaouenbaoum B. L. et Izotov A.N., 1969.** Technologie de conservation des fruits et légumes ; 3ème édition ; Pich. Promo Moscou. 239-241p.
- **Favier J., Ireland-Ripert J., Toque C. et Feinberg., 2003.** Répertoire générale des aliments. Ed. Ciqual : 40-48p.
- **Fleuriet A. et Macheix J.J., 1981.** "Quinyl ester and glucose derivatives of hydroxycinnamic acids during growth and ripening of tomato fruit." *Phyto chemistry*. 20: 667-671p.
- **Fleuriet A. et Macheix J.J., 1990.** Le brunissement enzymatique et la qualité des fruits. In la maîtrise de la qualité des fruits frais; 9ème colloque sur les recherches fruitées. INRA, In: Les polyphénols en agroalimentaire. Sarni-Manchado, P; Cheynier, V. 2006. Tec et Doc. Lavoisier-Paris: 249-258p.
- **Gallais A. et Bannerot H., 1992.** Amélioration des espèces végétales objectifs et critères de sélection. INRA, Paris: 765p.
- **Gartemann K.H., Kirchner O., Engemann J., Gräfen I., Eichenlaub R. et Burger A., 2003.** *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*: first steps in the understanding of virulence of a Gram-positive phytopathogenic bacterium. *J. of Biotech.* 106:179–191p.
- **Gartner C., Stahl W. et Sies H., 1997.** Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. *Am. J. Clin. Nutri.* 66: 116-122p.
- **Gaussen H., Lefoy J. et Ozenda P., 1982.** Précis de Botanique. 2eme ed. Masson, Paris: 172p.
- **Gautier H., Diakou-Verdin V., Benard C., Pfeiffer F., Reich M., Buret M., Bourgaud F., Poëssel J.L., Caris-Veyrat C. et Génard M., 2008.** "How does tomato quality (sugar, acid and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature and irradiance" *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56: 1241-1250p.

- **George B., Kaur C., Khurdiya D.S. et Kapoor H.C., 2004.** Antioxydants in tomato (*Lycopersium Esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry*. 84(1): 45-51p.
- **Gravel V., Martinez C., Antoun H. et Tweddell R.J., 2005.** Stimulation de la croissance de plants de tomate en hydroponie par le *Pseudomonas putida* et le *Trichoderma atroviride*. 97^e Assemblée annuelle de la Société de protection des plantes du Québec, 9 et 10 juin 2005. *Phytoprotection*. 86: 71-79p.
- **Guignard J., 2000.** Biochimie végétal. 2^eème édition Dunod: 188p.
- **Gould K.S. et Lister C., 2006.** Flavonoïd functions in plants. Flavonoids: Chemistry, biochemistry and applications. Andersen, O. M. Markham, K. R., CRC Press. 8: 397-441p.
- **Hamlaoui Y., 2009.** Efficacité de quelques isolats algériens fongiques de *Trichoderma harzianum* et *Paecilomyces lilacinus* sur les Nématodes à galles genre *Meloidoyne*. Thèse. Ing. Univ. Saad Dahlab de Blida, Algérie: 49p.
- **Haukioja E., Ossipov V., Koricheva J., Honkanen T., Larsson S. et Lempa K., 1998.** "Biosynthetic origin of carbon-based secondary compounds: cause of variable responses of woody plants to fertilization" *Chemo ecology*. 8: 133-139p.
- **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: 71p.
- **Harman G.E., 2006.** Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology* (96): 190-194p.
- **Heim K.E., Tagliaferro A.R. et Bobilya D.J., 2002.** Flavonoid antioxidants: chemistry metabolism and structure-activity relationships. *Journal of Nutrition and Biochemistry*. 13: 572-584p.
- **Hibar K., Daami-Remadi M., Khiareddine H. et El Mahjoub M., 2005.** Effet inhibiteur *in vitro* et *in vivo* de *Trichoderma harzianum* sur *Fusarium oxysporum* f. sp *radicis-lycopersici* *Biotechnol. Agron. Soc Environ.* 9 (3): 163-171p.
- **Hunt G. et Baker E.A., 1980.** "Phenolic constituents of tomato fruit cuticles." *Phytochemistry*. 7: 1415-1419p.
- **ISO 1842.1992.** Produits dérivés de fruits et légumes, Mesure du pH.
- **ISO 2173.** concernant les produits dérivés des fruits et légumes : détermination du résidu sec réfractométrique.

- **INRA. 1998.** <http://www.inra.fr/Internet/Produits/HYPPZ/pa.htm>.
- **Jaglan M.S., Khokhar K.S., Malik M.S. et Singh R., 1997.** Evaluation of Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) Extracts against American Bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner). *In. J. Agric. Food Chem.* 45: 3262-3268.
- **Jeannequin B., Dosba F. et Amiot-carlin M.J., 2005.** Fruits et légumes caractéristiques et principaux enjeux. Collection « un point sur les filière ». INRA. Paris: 106p.
- **Kaur C. et Kapoor H.C., 2002.** Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *International Journal of Food Science and Technology.* 37(2): 153-161p.
- **Khaladi O., 2011.** Essai de la lutte par l'utilisation de *Lantana camara* contre quelques ravageurs des cultures. *Th. Magistère. Univ. Saad Dahlab de Blida:* 93p.
- **Kleifeled O. et Chet I., 1992.** *Trichoderma harzianum* interaction with plants and effects on growth response, *Plant Soil* (144): 267-272p.
- **Koricheva J., Larsson S., Haukioja E. et Keinanen M., 1998.** "Regulation of woody plant secondary metabolism by resource availability: hypothesis testing by means of metaanalysis.". *Oikos.* 83: 212-226p.
- **Kolthoff I.M. et Sandel E.B., 1936.** Textbook of quantitative inorganic analysis. The mac millan C° N.Y: 584-596p.
- **Kovel N., 1976.** Les cultures maraichères en Algérie, Tome 1. Légumes et fruits, Ed. Ministère de l'Agriculture et des Réformes Agricoles: 52p.
- **Krause M. et Galensa R., 1992.** "Bestimmung von naringenin und naringenin-chalkon intomatenschalen mit RP-HPLC nach festphasenextraktion." *Zeitschrift fur Lebensmittel Untersuchung und Forschung.* 194: 29-32p.
- **Krinsky N.I., 1989.** «Antioxydant functions of carotenoids free radic». *biol Med.* 6: 35-167p.
- **Kulling G., Mach R.I., Lorito M. et Kubicek C.P., 2002.** 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) : 2232-2234p.
- **Latigui A., 1984.** Effects des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. *Thèse de magister. INRA El-Harrach, Algérie :*39-41p.

- **Laumonier R., 1979.** Culture légumière et maraîchère, Tome III, Ed. J.B Ballière, Paris : 279 p.
- **Labdi C.E.H., 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*: 51p.
- **Legrand P., Guillaumin J., Lung-Escarmant B. et Botton B., 2005.** L'armilliaire et le pourridié- agaric des végétaux ligneux. INRA: 504p.
- **Leyva A., Jarillo J.A., Salinas J. et Martinez-Zapater J.M., 1995.** "Low temperature induces the accumulation of Phenylalanine Ammonia-Lyase and Chalcone Synthase mRNA of *Arabidopsis thaliana* in a light-dependent manner." *Plant Physiology*. 108: 39-46p.
- **Lepoivre P., 2003.** Phytopathologie bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte, Ed. Presse agronomique Gembloux: 432p.
- **Le Marchand L., Hankin J.H., Carter S., Essling C., Luffey D. et Franke A., 1994.** A pilot study on the use of plasma carotenoids and ascorbic acid as markers of compliance to high fruit and vegetable dietary intervention. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 3: 245-51.
- **Lee A., Thurnham D.I. et Chopra M., 2000.** Consumption of Tomato products with olive oil but not sunflower oil increase the antioxidant activity of plasma. *Free Radic Biol. med.*10: 1051-1055p.
- **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: 3p.
- **Lynch J.M., Wilson K.L., Ousley M.A. et Whipps M.A., 1991.** Response of lettuce to *Trichoderma* treatment. *lett. appl. microbial* (12): 56-61p.
- **Machado J.C., Langerak C.J. et Jaccoud-Filho D.S., 2002.** Seed-borne fungi: A contribution to routine seed health analysis. ISTA Zürich, Switzerland: 138p.
- **Mathur S.B. et Kongsdal O., 2003.** Common laboratory seed health testing methods for detecting fungi. ISTA, Switzerland: 425p.
- **Martínez-Valverde I., Periago M.J., Provan G. et Chesson A., 2002.** Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82: 323-330p.

- **Mansouri A., Embarek G., Kokkalou E. et Kefalas P., 2005.** Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food Chemist.* 89: 411-420p.
- **Macheix J.J., Fleuriet A. et Jay-Allemand C., 2005.** Les composés phénoliques des végétaux : Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. *Bio ed:* 54-65p.
- **Merton R. et Hubbard M., 1988.** Statistical quality control for the food industry. 113p.
- **Messgo-Moumene S., Boukhalfa R., Houmani Z., Saddek D., Bencheikh K., Zanoune S. et Belatreche M., 2013.** Bio-stimulant effect of two Algerian isolates of *Trichoderma* spp. on tomato crop and their elicitor effect on *Tuta absoluta* (Povolny 1994 ex Meyrick, 1917). *IOBC - WPRS Bulletin.* 89: 443-448p.
- **Minoggio M., Bramati L., Simonetti P., Gardana C., Iemoli L.S., Mauri P.L., Spigno P., Soressi G.P. et Pietta P.G., 2003.** Polyphenol pattern and antioxidant activity of different tomato lines and cultivars. *Annals of Nutrition and Metabolism.* 47(2): 64-69p.
- **Mouria B., Ouazzani-Touhami A. et Douira A. 2007.** Effet de diverses souches de *Trichoderma* sur la croissance d'une culture de tomate en serre et leur aptitude à coloniser les racines et le substrat. *Phytoprot.* 88 (3): 103-110p.
- **Mohamed-Benkada M., 2006.** Evaluation des risques fongiques en zones conchylicoles : substances toxiques de souches marines du genre *Trichoderma*. *Thèse de doctorat. Univ. Nantes:* 139p.
- **Moco S., Capanoglu E., Tikunov Y., Bino R.J. et Boyacioglu D., 2007.** Tissue specialization at the metabolite level is perceived during the development of tomato fruit, *Journal of Experimental Botany* 85: 4131-4146p.
- **Munro B. et Smalle E., 1997.** Les légumes du Canada ED Val. Morin, Québec, Canada: 436p.
- **Nemec S., Datnoff L. et 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): 735-742p.
- **Norme française NF V 05-101.** concernant les produits dérivés des fruits et légumes : détermination de l'acidité titrable.

- **Nour V., Trandafir M.E. et Ionica I., 2013.** Antioxidant compound, mineral content and antioxidant activity of several tomato cultivars grown in Southwestern Romania. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*. 41(1): 136-142p.
- **Odabasoglu F., Aslan A., Cakir A., Suleyman H., Karagoz Y., Halici M. et Bayir Y., 2004.** Comparison of antioxidant activity and phenolic content of three lichen species. *Phytotherapy Research*. 18(11): 938-941p.
- **Ousley M.A., Lynch J.M. et Whipps J.M., 1994.** Potential of *Trichoderma* spp. as consistent plant growth stimulators. *biol. fertil. soils* 17 (1): 85-90p.
- **Pesson P. et Louveaux J., 1984.** Pollinisation et production végétale. Ed. INRA: 663p.
- **Periago M.J., García-Alonso J., Jacob K., Olivares A.B., Bernal A.J. et Iniesta M.D., 2009.** Bioactive compounds, folates and antioxidant properties of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) during vine ripening. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 60 (8): 694–708p.
- **Penuelas J. et Estiarte M., 1998.** "Can elevated CO₂ affect secondary metabolism and ecosystem function" *Trends in Ecology and Evolution*. 13: 20-24p.
- **Philippeau G., 1989.** Comment interpréter les résultats d'analyse en composantes principales (ACP). Institut technique des céréales et fourrages (ITCF). Paris : 195p.
- **Pinela J., Barros L., Carvalho A.M. et Ferreira I.C., 2012.** Nutritional composition and antioxidant activity of four tomato (*Lycopersicon Esculentum* L.) farmer' varieties in North Eastern Portugal. homegardens. *Food and Chemical Toxicology*. 50 (3-4): 829-834p.
- **Polese J.M., 2007.** La culture de la tomate. Ed Artémis : 95p.
- **Pyron J.Y., 2006.** Références productions légumières, Edition. Lavoisier (synthèse agricole), Paris: 613p.
- **Raffo A., Leonardi C., Fogliano V., Ambrosino P., Salucci M., Gennaro L., Bugianesi R., Giuffrida F. et Quaglia G., 2002.** "Nutritional value of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Cv Naomi F1) harvested at different ripening stages." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 22: 6550-6556p.
- **Raffo A., La Malfa G., Fogliano V., Maiani G. et Quaglia G., 2006.** "Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes." *Journal of Food Composition and Analysis*. 19: 11-19p.
- **Ramandeep K.T., Geoffrey P. et Savage F., 2005.** Antioxidant in different fractions of tomatoes. *Food Research International*. 38: 487-494p.

- **Rao A., 2007.** Lycopene Content of Tomato Products: Its Stability, Bioavailability and In Vivo Antioxidant Properties. *Food and nutrition research*.10: 1016-1043p.
- **Rey Y. et Costes C., 1965.** La physiologie de la tomate, étude bibliographique. INRA: 111p.
- **Renson J.P., 1983.** Fiches techniques culturales des principaux légumes: 05p.
- **Rifai M.A., 1969.** A revision of the genus *Trichoderma*. *Mycol. Papers*. 116: 1-56p.
- **Rivero R.M., Ruiz J.M., Garcia P.C., Lopez-Lefebvre L.R., Sanchez E. et Romero L., 2001.** Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. *Plant Science*. 160: 315-321p.
- **Ribéreau-Gayon P., 1968.** Propriétés chimiques des phénols. Applications aux produits naturels. In: Les composés phénoliques des végétaux. Dunod, Paris, France: 28-57p.
- **Roquebert M.F., 1996.** Interactions antagonistes des *Trichoderma* sp. dans les systèmes telluriques: systématique, biologie et écologie des organismes. Compte rendu des 4 èmes Rencontres en toxicologie, Paris: 13-15p.
- **Rodriguez-Bernaldo A., Lage-Yusty M.A. et Lopez-Hernandez J., 2009.** HPLC-analysis of polyphenolic compounds in Spanish white wines and determination of their antioxidant activity by radical scavenging assay. *Food Research International*. 42 : 1018-1022p.
- **Sugiyama J., 1987.** Pleomorphic fungi: the diversity and its taxonomic implications. Elsevier: 325p.
- **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*: 63p.
- **Sarni-Manchado P. et Cheynier V., 2006.** Les polyphénols en agroalimentaire, Tec et Doc Lavoisier-Paris: 10: 31-32p.
- **Samuels G.J., Petrini O. et Manguin S., 1994.** Morphological and macromolecular characterization of *Hpocrea schweinitzii* and its *Trichoderma* anamorph. *Mycologia*, (86): 421-435p.
- **Sanchez-Moreno C., 2002.** Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Inter. J. Food Sci. and Technol*. 8: 121-137p.
- **Sawa T., Nakao M., Akaike T., Ono K. et Maeda H., 1999.** "Alkylperoxyl radical-scavenging activity of various flavonoids and other phenolic compounds: implications

- for the anti-tumor-protector effect of vegetables." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47: 397-402p.
- **Shankara N., De Jeude J.V.L., De Goffau M., Hilmi M. et Van Dam B., 2005.** Cultivation of tomato: production, processing and marketing. Wageningen, the Netherlands: *Agromisa Foundation*: 92p.
 - **Sherman Leonard G.L., Marsh D. et Tombropoules J.E., 1977.** Evaluation of tomato condition in bin of processing tornadoes harvested at different levels of ripeness. *Journal of Food Processing and Preservation*: 55-68p.
 - **Shi J., 2000.** Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. *Crit Rev Biotechnol*. 20(4): 293-334p.
 - **Shi J., Yu J., Pohorly J., Young J.C., Bryan M. et Wu Y., 2003.** Optimization of the extraction of polyphenols from grape seed meal by aqueous ethanol solution. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 1(2): 42-47P.
 - **Slimestad R. et Verheul M.J., 2005.** "Seasonal variation in the level of plant constituents in greenhouse production of cherry tomatoes." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53: 3114-3119p.
 - **Singleton V.L., Orthofer R. et Lamuela-Raventos R.M., 1999.** Analysis of Total Phenols and other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Met. Enzym*. 299: 152-178p.
 - **Smith H., 1973.** Regulatory mechanisms in the photocontrol of flavonoid biosynthesis. In: B.V. Milborrow, *Biosynthesis and its control in plants*. New York: Academic Press. 303-320p.
 - **Snoussi S.A., 2010.** Etude de base sur la tomate en Algérie. Rapport de mission Programme régional de gestion intégrée des ravageurs pour le Proche-Orient. Rome: 52p.
 - **Spencer J.P., Schroeter H., Rechner A.R. et Rice-Evans C., 2001.** Bioavailability of flavan-3-ols and procyanidins: gastrointestinal tract influences and their relevance to bioactive forms in vivo. *Antioxid Redox Signal*. 3: 1023-39p.
 - **Stark J.D. et Walker J.F., 1995.** Neem oil component Affect the efficacy of commercial Neem Insecticides. In *J. Agric. Food chem*. 43: 507-512p.
 - **Skiredj A., 2006.** Fertilisation, guide pour améliorer la production des cultures, Ed. Rabat: 1- 9p.

- **Stewart A.J., Bozonnet S., Muller W., Jenkins G.I., Lean M.E.J. et Crozier A., 2000.** "Occurrence of flavonols in tomatoes and tomato-based products." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48: 2663-2669p.
- **Steptoe A., Perkins-Porras L., McKay C., Rink E., Hilton S. et Cappuccio F., 2003.** Behavioural counselling to increase consumption of fruit and vegetables in low income adults: randomised trial. *BMJ*. 326: 855-61p.
- **Stahl W., Heinrich U., Jungmann H., Sies H. et Tronnier H., 2000.** Carotenoids and carotenoids plus vitamin E protect against ultraviolet light-induced erythema in humans. *Am J Clin Nutr*. 71: 795-798p.
- **Takeoka G.R., Dao L., Flessa S., Gillespie D.M., Jewell W.T. et Huebner B., 2001.** Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. *J Agric Food Chem*. 49(8): 3713-7p.
- **Tomas-Barberan F.A. et Espin J.C., 2001.** "Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. " *Journal of the Science of Food and agriculture*. 81: 853-876p.
- **Torres de pinedo A., Pen alver P. et Morales J.C., 2007.** Synthesis and evaluation of new phenolic-based antioxidant: structure-activity relationship. *Food Chemistry*. 103:55-61p.
- **Valko M., Izakovic M., Mazur M., Rhodes C. et Telser J., 2007.** Role of oxygen radicals in DNA damage and cancer incidence. *Mol Cell Biochem*. 266: 37-56p.
- **Verhivker I.A., Galkina S.N., 1993.** Technologie de transformation de tomates : guide technique; Oujda ; Kiev. 4-8p.
- **Véronique B. et Daniel L., 2001.** Le lycopène : un antioxydant très puissant. Partie II. *Le clinicien Consultation en nutrition vol 12* : 53-60p.
- **Vinale F., Marra R., Scala F., Ghisalbert E.L., Lorito M. et Sivasithamparam K., 2008.** Major secondary metabolites produced by two commercial *Trichoderma* strains active against different phytopathogens. *Letters in Applied Microbiology*. 43: 143-148p.
- **Vinson J.A, Hao Y, Su X. et Zubik L., 1998.** Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables. *J Agric Food Chem*. 46: 3630-4p.
- **Vinha A.F., Alves R., Barreira S., Castro A., Costa A.S. et Oliveira M., 2014.** Effect of peel and seed removal on the nutritional value and antioxidant activity of tomato (*Lycopersicon Esculentum L.*) fruits. *LWT. Food Science and Technology*. 55(1): 197-202p.

- **Walton N.J. et Brown D.E., 1999.** Chemivals from plants, Perspectives on secondary products, *World Scientific*. 56-66p.
- **Wang S.Y., Bunce J.A. et Maas J.L., 2003.** "Elevated carbon dioxide increases contents of antioxidant compounds in field-grown strawberries." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51: 4315-4320p.
- **Wilcox J.K., Catignani G.L. et Lazarus S., 2003.** Tomatoes and cardiovascular health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 43: 451-463p.
- **Winkel B.S.J., 2004.** "Metabolic channeling in plants." *Annual Review of Plant Biology*. 55: 85-107p.
- **Wilkens R.T., Spoerke J.M. et Stamp N.E., 1996.** "Differential responses of growth and two soluble phenolics of tomato to resource availability." *Ecology*. 77: 247-258p.

Annexes

Annexe1 : milieux de culture

Milieu PDA (Potato Dextrose Agar)

Le milieu de culture PDA est favorable pour la croissance des champignons phyto - pathogènes. A chaque préparation, une dose de 0,4 g de sodium azide a été ajouté dans 1 l de milieu pour limiter les contaminations bactériennes des milieux de culture.

Voici le protocole utilisé pour la préparation de milieu de culture pour la croissance des champignons :

Constituants :

- 200 g de Pomme de terre ;
- 15 g de Dextrose ou de sucre blanc de cannes ;
- 20 g d'agar - agar, gélose ou de gélatine ;
- 1 litre d'eau distillée.

Préparation :

1. Dissoudre 20g d'agar-agar dans 300 ml d'eau distillée, homogénéiser la solution.
2. Peser 200g de pomme de terre, éplucher la pomme de terre, mélanger 200g de pomme de terre bien découpé avec 300 ml d'eau distillée,
Bouillir à 100° C pendant 20 à 25 minutes, ensuite recueillir l'eau de la pomme de terre environ 300 ml.
3. Le 300 ml de l'eau venant de la pomme de terre est mélangé à 300 ml de la solution agar - agar.
4. Ajuster ensuite le volume du mélange au moyen de l'eau distillée jusqu'à 1000 ml.
5. Auto - claver le mélange à la température de 125° C pendant 15 minutes.
6. Sous hotte à flux laminaire, couler la solution obtenue sur des boîtes de Pétri.
7. Laisser sécher pendant 24 à 48 heures.

Annexe 2 : la qualité organoleptique

1- Fiche de dégustation

Dégustation tomate

Pour mieux vous connaître

Vous :

Monsieur

Madame ou mademoiselle

vous consommer des tomates :

au moins une fois par semaine

presque tous le temps

Pouvez-vous nous préciser votre classe d'âge :

Moins de 20 ans

De 40 ans à 60 ans

de 20 ans à 40 ans

plus de 60 ans

Pour chacun de ces tomates, merci de préciser ce qui vous a plu (ou déplu)

Tomate n 01

Couleur	saveur acide	saveur sucrée	l'odeur	la texture
<input type="checkbox"/> Très rouge	<input type="checkbox"/> très acide	<input type="checkbox"/> très sucré	<input type="checkbox"/> très prononcée	<input type="checkbox"/> très épaisse
<input type="checkbox"/> Rouge	<input type="checkbox"/> acide	<input type="checkbox"/> sucré	<input type="checkbox"/> prononcée	<input type="checkbox"/> épaisse
<input type="checkbox"/> Peu rouge	<input type="checkbox"/> peu acide	<input type="checkbox"/> peu sucré	<input type="checkbox"/> peu prononcée	<input type="checkbox"/> peu épaisse
<input type="checkbox"/> Pas rouge	<input type="checkbox"/> pas acide	<input type="checkbox"/> pas sucré	<input type="checkbox"/> pas prononcée	<input type="checkbox"/> pas épaisse
<input type="checkbox"/> Indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> Indifférent	<input type="checkbox"/> Indifférent

Tomate n 02

Couleur	saveur acide	saveur sucrée	l'odeur	la texture
<input type="checkbox"/> Très rouge	<input type="checkbox"/> très acide	<input type="checkbox"/> très sucré	<input type="checkbox"/> très prononcée	<input type="checkbox"/> très épaisse
<input type="checkbox"/> Rouge	<input type="checkbox"/> acide	<input type="checkbox"/> sucré	<input type="checkbox"/> prononcée	<input type="checkbox"/> épaisse
<input type="checkbox"/> Peu rouge	<input type="checkbox"/> peu acide	<input type="checkbox"/> peu sucré	<input type="checkbox"/> peu prononcée	<input type="checkbox"/> peu épaisse
<input type="checkbox"/> Pas rouge	<input type="checkbox"/> pas acide	<input type="checkbox"/> pas sucré	<input type="checkbox"/> pas prononcée	<input type="checkbox"/> pas épaisse
<input type="checkbox"/> Indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> Indifférent	<input type="checkbox"/> Indifférent

Tomate n 03

Couleur	saveur acide	saveur sucrée	l'odeur	la texture
<input type="checkbox"/> Très rouge	<input type="checkbox"/> très acide	<input type="checkbox"/> très sucré	<input type="checkbox"/> très prononcée	<input type="checkbox"/> très épaisse
<input type="checkbox"/> Rouge	<input type="checkbox"/> acide	<input type="checkbox"/> sucré	<input type="checkbox"/> prononcée	<input type="checkbox"/> épaisse
<input type="checkbox"/> Peu rouge	<input type="checkbox"/> peu acide	<input type="checkbox"/> peu sucré	<input type="checkbox"/> peu prononcée	<input type="checkbox"/> peu épaisse
<input type="checkbox"/> Pas rouge	<input type="checkbox"/> pas acide	<input type="checkbox"/> pas sucré	<input type="checkbox"/> pas prononcée	<input type="checkbox"/> pas épaisse
<input type="checkbox"/> Indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> Indifférent	<input type="checkbox"/> Indifférent

Tomate n 04

Couleur	saveur acide	saveur sucrée	l'odeur	la texture
<input type="checkbox"/> Très rouge	<input type="checkbox"/> très acide	<input type="checkbox"/> très sucré	<input type="checkbox"/> très prononcée	<input type="checkbox"/> très épaisse
<input type="checkbox"/> Rouge	<input type="checkbox"/> acide	<input type="checkbox"/> sucré	<input type="checkbox"/> prononcée	<input type="checkbox"/> épaisse
<input type="checkbox"/> Peu rouge	<input type="checkbox"/> peu acide	<input type="checkbox"/> peu sucré	<input type="checkbox"/> peu prononcée	<input type="checkbox"/> peu épaisse
<input type="checkbox"/> Pas rouge	<input type="checkbox"/> pas acide	<input type="checkbox"/> pas sucré	<input type="checkbox"/> pas prononcée	<input type="checkbox"/> pas épaisse
<input type="checkbox"/> Indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> Indifférent	<input type="checkbox"/> Indifférent

Tomate n 05

Couleur	saveur acide	saveur sucrée	l'odeur	la texture
<input type="checkbox"/> Très rouge	<input type="checkbox"/> très acide	<input type="checkbox"/> très sucré	<input type="checkbox"/> très prononcée	<input type="checkbox"/> très épaisse
<input type="checkbox"/> Rouge	<input type="checkbox"/> acide	<input type="checkbox"/> sucré	<input type="checkbox"/> prononcée	<input type="checkbox"/> épaisse
<input type="checkbox"/> Peu rouge	<input type="checkbox"/> peu acide	<input type="checkbox"/> peu sucré	<input type="checkbox"/> peu prononcée	<input type="checkbox"/> peu épaisse
<input type="checkbox"/> Pas rouge	<input type="checkbox"/> pas acide	<input type="checkbox"/> pas sucré	<input type="checkbox"/> pas prononcée	<input type="checkbox"/> pas épaisse
<input type="checkbox"/> Indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> Indifférent	<input type="checkbox"/> Indifférent

Tomate n 06

Couleur	saveur acide	saveur sucrée	l'odeur	la texture
<input type="checkbox"/> Très rouge	<input type="checkbox"/> très acide	<input type="checkbox"/> très sucré	<input type="checkbox"/> très prononcée	<input type="checkbox"/> très épaisse
<input type="checkbox"/> Rouge	<input type="checkbox"/> acide	<input type="checkbox"/> sucré	<input type="checkbox"/> prononcée	<input type="checkbox"/> épaisse
<input type="checkbox"/> Peu rouge	<input type="checkbox"/> peu acide	<input type="checkbox"/> peu sucré	<input type="checkbox"/> peu prononcée	<input type="checkbox"/> peu épaisse
<input type="checkbox"/> Pas rouge	<input type="checkbox"/> pas acide	<input type="checkbox"/> pas sucré	<input type="checkbox"/> pas prononcée	<input type="checkbox"/> pas épaisse
<input type="checkbox"/> Indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> Indifférent	<input type="checkbox"/> Indifférent

Tomate n 07

Couleur	saveur acide	saveur sucrée	l'odeur	la texture
<input type="checkbox"/> Très rouge	<input type="checkbox"/> très acide	<input type="checkbox"/> très sucré	<input type="checkbox"/> très prononcée	<input type="checkbox"/> très épaisse
<input type="checkbox"/> Rouge	<input type="checkbox"/> acide	<input type="checkbox"/> sucré	<input type="checkbox"/> prononcée	<input type="checkbox"/> épaisse
<input type="checkbox"/> Peu rouge	<input type="checkbox"/> peu acide	<input type="checkbox"/> peu sucré	<input type="checkbox"/> peu prononcée	<input type="checkbox"/> peu épaisse
<input type="checkbox"/> Pas rouge	<input type="checkbox"/> pas acide	<input type="checkbox"/> pas sucré	<input type="checkbox"/> pas prononcée	<input type="checkbox"/> pas épaisse
<input type="checkbox"/> Indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> Indifférent	<input type="checkbox"/> Indifférent

Tomate n 08

Couleur	saveur acide	saveur sucrée	l'odeur	la texture
<input type="checkbox"/> Très rouge	<input type="checkbox"/> très acide	<input type="checkbox"/> très sucré	<input type="checkbox"/> très prononcée	<input type="checkbox"/> très épaisse
<input type="checkbox"/> Rouge	<input type="checkbox"/> acide	<input type="checkbox"/> sucré	<input type="checkbox"/> prononcée	<input type="checkbox"/> épaisse
<input type="checkbox"/> Peu rouge	<input type="checkbox"/> peu acide	<input type="checkbox"/> peu sucré	<input type="checkbox"/> peu prononcée	<input type="checkbox"/> peu épaisse
<input type="checkbox"/> Pas rouge	<input type="checkbox"/> pas acide	<input type="checkbox"/> pas sucré	<input type="checkbox"/> pas prononcée	<input type="checkbox"/> pas épaisse
<input type="checkbox"/> Indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> Indifférent	<input type="checkbox"/> Indifférent

Tomate n 09

Couleur	saveur acide	saveur sucrée	l'odeur	la texture
<input type="checkbox"/> Très rouge	<input type="checkbox"/> très acide	<input type="checkbox"/> très sucré	<input type="checkbox"/> très prononcée	<input type="checkbox"/> très épaisse
<input type="checkbox"/> Rouge	<input type="checkbox"/> acide	<input type="checkbox"/> sucré	<input type="checkbox"/> prononcée	<input type="checkbox"/> épaisse
<input type="checkbox"/> Peu rouge	<input type="checkbox"/> peu acide	<input type="checkbox"/> peu sucré	<input type="checkbox"/> peu prononcée	<input type="checkbox"/> peu épaisse
<input type="checkbox"/> Pas rouge	<input type="checkbox"/> pas acide	<input type="checkbox"/> pas sucré	<input type="checkbox"/> pas prononcée	<input type="checkbox"/> pas épaisse
<input type="checkbox"/> Indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> Indifférent	<input type="checkbox"/> Indifférent

2- Evaluation des critères de qualité organoleptique des fruits de tomates selon les traitements et les variétés par 10 dégustateurs.

Echelle d'appréciation critères de qualité des fruits	Echantillon		Indifférent	pas	Peu	moyenne	très	Le caractère dominant
Couleur	Aicha	Témoin	-	-	2	7	1	rouge
		TRA	-	-	1	6	3	Rouge
		TRB	-	-	4	5	1	Rouge
	Saint-pierre	Témoin	-	-	-	4	6	Très rouge
		TRA	-	-	-	2	8	Très rouge
		TRB	-	-	1	7	2	Rouge
	Marmande	Témoin	-	-	-	6	4	Rouge
		TRA	-	-	-	1	9	Très rouge
		TRB	-	-	-	3	7	Très rouge
Saveur acide	Aicha	Témoin	6	4	-	-	-	Indifférent
		TRA	7	3	-	-	-	Indifférent
		TRB	6	4	-	-	-	Indifférent
	Saint-pierre	Témoin	5	5	-	-	-	Indifférent
		TRA	7	3	-	-	-	Indifférent
		TRB	8	2	-	--	-	Indifférent
	Marmande	Témoin	6	4	-	-	-	Indifférent
		TRA	7	3	-	-	-	Indifférent
		TRB	6	4	-	-	-	Indifférent

Saveur sucrée	Aicha	Témoin	-	2	6	2	-	Peu sucré
		TRA	-	2	5	3	-	Peu sucré
		TRB	-	1	7	3	-	Peu sucré
	Saint-pierre	Témoin	-	1	6	3	-	Peu sucré
		TRA	-	2	3	5	-	sucré
		TRB	-	-	2	8	-	Sucré
	Marmande	Témoin	-	3	7	-	-	Peu sucré
		TRA	-	1	3	6	-	Sucré
		TRB	-	-	4	6	-	sucré
Odeur	Aicha	Témoin	-	-	1	5	4	prononcée
		TRA	-	-		7	3	prononcée
		TRB	-	-	2	6	2	prononcée
	Saint-pierre	Témoin	-	-	3	7	-	prononcée
		TRA	-	-		8	2	prononcée
		TRB	-	-	4	6	-	prononcée
	Marmande	Témoin	-	-	3	5	2	prononcée
		TRA	-	-		7	3	prononcée
		TRB	-	-	2	6	2	prononcée
la texture	Aicha	Témoin	-	-	2	7	1	épaisse
		TRA	-	-		4	6	Très épaisse
		TRB	-	-	4	5	1	Epaisse
	Saint-pierre	Témoin	-	-	2	8		Epaisse
		TRA	-	-	1	5	4	Epaisse
		TRB	-	-	2	6	2	Epaisse
	Marmande	Témoin	-	-		6	4	Epaisse
		TRA	-	-		3	7	Très épaisse
		TRB	-	-	1	4	5	Très épaisse

Annexe 3 : La courbe d'étalonnage

Préparation d'acide Gallique :

On dilue la solution standardisé d'acide Gallique de manière à avoir différentes Concentrations.

On dilue 0.5ml de chacune de ces solutions dans 5ml d'eau distillé.

Puis on ajoute 0.5ml de Réactif de Folin et on laisse reposer 3mn.

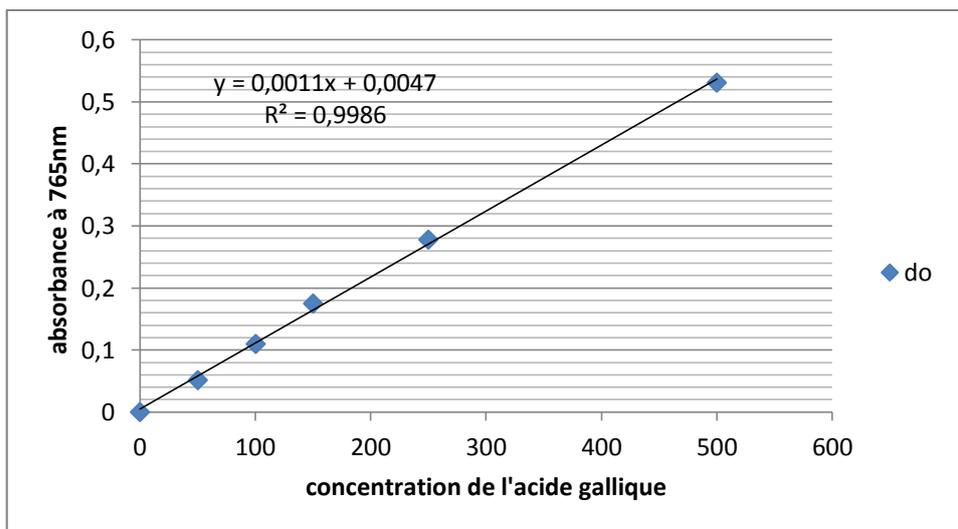
On ajoute ensuite 0.5ml de la solution saturée de Na_2CO_3 à 10%.

La couleur bleu commence à apparaître. Après 1 heure du Temps on mesure la DO de ces solutions avec un spectrophotomètre UV-V à 765nm.

- **Absorbance de la gamme de concentration de l'acide gallique**

Concentration mg/ml	0	50	100	150	250	500
DO	0	0.056	0.11	0.17	0.28	0.53

- **Courbe étalon de l'acide gallique**



Annexe 4 : préparation des Solutions

1- Préparation du Folin Ciocalteu :

Selon Djeridane et *al*, (2006), la solution du Folin- Ciocalteu doit être diluée à 1/10.

Donc, on place 1 ml du réactif concentré dans une fiole et on complète jusqu'à 10 ml avec l'eau distillée.

2- Préparation d'une solution de NaOH 0.1 N:

1. Calcul de la masse NaOH pour préparer 250 ml de 0.1N



$$n = (m_{\text{NaOH}} / M_{\text{NaOH}}) \times Z_{(\text{eq})} / V_{(\text{l})}$$

donc :

$$m_{\text{NaOH}} = n \times M_{\text{NaOH}} \times V_{(\text{l})} / Z_{(\text{eq})}$$

2. La masse Molaire :

$$M = 23 + 16 + 1 = 40 \text{ g/mole}$$

$$Z = 1$$

Alors :

$$m_{\text{NaOH}} = 0.1 \times 40 \times 0.25 / 1 = 1 \text{ g}$$

Table de matières

Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des Tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	02
Chapitre I : partie bibliographique	04
1.1 Généralités sur la tomate	04
1.1.1 Origine et Historique	04
1.1.2 Taxonomie	04
1.1.3 Description morphologique	05
1.1.4 Les variétés de tomate	06
1.1.4.1 Les variétés à port indéterminé	06
1.1.4.2 Les variétés à port déterminé	07
1.1.5 Biologie	07
1.1.6 Ecologie	09
1.1.7 Cultures de la tomate	09
1.1.8 Valeur nutritive de la tomate	10
1.1.9 Production et importance économique de la tomate	12
1.1.9.1 _ Importance mondial	12
1.1.9.2 Importance en Algérie	13
1.1.10 Problèmes phytosanitaires	14
1.2 Généralités sur <i>Trichoderma</i> spp	15
1.2.1 Historique	15

1.2.2 Taxonomie	16
1.2.3 Aspect cultural et morphologie	18
1.2.4 Ecologie	19
1.2.5 Biologie	19
1.2.6 Importance de <i>Trichoderma</i> spp. en agriculture	20
1.2.7 Mécanismes d'action des <i>Trichoderma</i>	20
1.3 Les antioxydants	21
1.3.1 Généralités sur les antioxydants	21
1.3.2 Principales sources d'antioxydants	22
1.3.3 Rôle du complexe antioxydant	22
1.3.4 Les antioxydants de la tomate	22
1.3.4.1 Les polyphénols	23
1.3.4.2 Le lycopène	23
1.3.4.2.1 Effets biologiques du lycopène	24
1.4 Polyphénols	24
1.4.1 Généralités biochimiques	24
1.4.2 Localisation et rôle dans les plantes	24
1.4.3 Composés phénoliques de la tomate	25
1.4.4 Influence de l'environnement sur la synthèse des composés phénoliques	26
1.4.5 Rôles et propriétés des polyphénols	26
1.4.5.1 Le rôle des composés phénolique	26
1.4.5.2 Propriétés des composés phénoliques	27
1.4.6 Méthodes de dosage des composés phénoliques	27
Chapitre II : Matériels et méthodes	28
2.1 Introduction	28
2.2 Matériel biologique	28

2.2.1 Matériel fongique	28
2.2.2 Le matériel végétal	29
2.3 Effet biostimulant des isolats de <i>Trichoderma</i> spp.	30
2.3.1 Mise en culture des variétés de tomate et Mode de traitements à base des isolats <i>Trichoderma</i> spp.	30
2.4 Effet eliciteur des isolats de <i>Trichoderma</i> spp.	32
2.5 Pouvoir colonisateur des racines des plants de tomate par les isolats de <i>Trichoderma</i> sp	32
2.6 Etude de critères de qualité des fruits de tomates	33
2.6.1 Préparation du jus de tomates	33
2.6.2 Critères organoleptiques des fruits de tomates	33
2.6.3 Analyses physicochimiques des fruits de tomates	34
2.6.3.1 Détermination du potentiel d'hydrogène	34
2.6.3.2 L'acidité titrable	34
2.6.3.3 Activité antioxydante	35
2.6.4 Critères nutritionnels des fruits de tomates	35
2.6.4.1 Taux de sucres	35
2.6.4.2 Taux d'acide ascorbique	36
2.6.5 Analyse biochimique	36
2.6.5.1 Extraction des composés phénoliques	36
2.6.5.2 Les rendements en extraits sec	36
2.6.5.3 dosages des composés phénoliques	37
2.6 Analyse statistique	37
Chapitre III : Résultats et discussion	38
3.1 Effet biostimulant de <i>Trichoderma</i> sp	38
3.1.1 Croissance végétative	38
3.2 Effet biostimulant de <i>Trichoderma</i> sp. sur la production des fruits de tomates	40

3.2.1 Rendement en nombre de fruits	40
3.2.2 Rendement en poids de fruits par dix plants	41
3.2.3 Calibre des fruits	42
3.2.4 Le nombre des graines	44
3.3 Effet eliciteur des isolats de <i>Trichoderma</i> sp	46
3.4 Pouvoir colonisateur racinaire des isolats de <i>Trichoderma</i> sp	49
3.5 Etude de critères de qualité des fruits de tomates	50
3.5.1 Critères organoleptiques	50
3.5.2 Analyses physicochimiques des fruits de tomates	52
3.5.2.1 pH	52
3.5.2.2 L'acidité titrable	53
3.5.2.3 Etude de l'activité antioxydante	54
3.5.3 Critères nutritionnels des fruits de tomates	57
3.5.3.1 Taux de sucres	57
3.5.3.2 Taux d'acide ascorbique	58
3.6.4 Analyse biochimique	59
3.5.4.1 Rendement en extraits secs	59
3.5.4.2 Dosage des phénols	60
Conclusion et perspectives	62