

UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB BLIDA 1
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES
Laboratoire de Recherche en Biotechnologie des Productions Végétales

THÈSE DE DOCTORAT

En Sciences Agronomiques
Spécialité : Sciences Agronomiques

**AMÉLIORATION DE LA TOMATE ET DES PROCÈDÉS DE
TRANSFORMATION POUR LA BIOSÉCURITÉ EN ALGÉRIE**

Par

ABIDI Lila

Devant le jury composé de :

M. BENMOUSSA	Professeur	U. BLIDA 1	Président
S. A. SNOUSSI	Professeur	U. BLIDA 1	Directeur de thèse
M. S. BRADEA	Maître de conférences	U. BLIDA 1	Examinatrice
A. BENAZIZA	Professeur	U. BISKRA	Examineur
M. MEFTI	Maître de conférences	ENSA ALGER	Examineur
O. AOUN	Maître de conférences	U. KHEMIS MILIANA	Examineur

Blida, Mai 2018

REMERCIEMENTS

Au terme de cette étude, je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements

À **Mr S. A. SNOUSSI**, Professeur à l'Université Saad Dahleb, Blida 1, qui a bien voulu m'encadrer, m'orienter et m'encourager tout le long de ce travail. Qu'il trouve ici, l'expression de mon profond respect.

À **M^{me} M. S. BRADEA**, Maître de conférences à l'Université Saad Dahleb, Blida1, ma Co-promotrice qui a accepté de m'encadrer et de suivre mon travail de très près, de me transmettre son précieux savoir scientifique et de me soutenir moralement pendant les moments les plus difficiles. Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde gratitude.

À **Mr M. BENMOUSSA**, Professeur à l'Université Saad Dahleb, Blida 1, qui me fait l'honneur de présider ce jury. Qu'il reçoive ici, l'expression de mon plus grand respect.

À **Mr M. MEFTI**, Maître conférences de l'ENSA d'Alger, qui m'a fait l'honneur de siéger dans ce jury et d'examiner ce travail.

À **Mr A. BENAZIZA**, Maître conférences de l'université de Biskra, qui m'a fait l'honneur d'accepter de juger mon travail.

À **Mr O. AOUN**, Maître de conférences à l'université de Khemis Miliana, qui m'a fait l'honneur d'examiner ce travail.

Mes remerciements les plus profonds et toute ma reconnaissance s'adressent également :

À **Mr A. ACHOUCH**, Professeur à l'Université Saad Dahleb, Blida 1, qui a contribué à la réalisation de ce travail. Grâce à sa compétence, il a été d'un grand apport, sa patience, son soutien moral et scientifique ainsi que ses précieux conseils m'ont permis de mener à terme ce projet. Qu'il trouve ici, le témoignage d'une profonde gratitude.

À **Mr M. MAHMOUD** Directeur du groupe SIM et à tout son personnel, qui m'ont bien accueillie au sein l'entreprise et mis à ma disposition le laboratoire afin de réaliser mes analyses expérimentales. Qu'ils trouvent ici, l'expression de ma sincère reconnaissance.

À **M^{me} H. RADJI**, Chef de Département et de laboratoire, **Mr H. DJIGJIG**, Chef de service de Pédologie et **M^{me} A. BEN YAHYA**, Ingénieur du laboratoire de Pédologie qui m'ont bien accueillie au sein du laboratoire de l'ITAFV, en

mettant à ma disposition le matériel nécessaire à la réalisation de mon expérimentation.

À **M^r BOUHOUCHE**, le Directeur l'ITGC et tout le personnel en particulier à **M^{me} A. BELLOUL et EI-AREM, M^r SALAH** qui m'ont bien accueillie au laboratoire pour effectuer les analyses nécessaires à la réalisation de mon expérimentation.

À **M^r MEKIMENE**, Chef de Département de Technologie Alimentaire de l'Institut Agronomique de l'INA, qui m'a permis de poursuivre mon expérimentation en mettant à ma disposition le matériel du laboratoire des sciences alimentaires.

À **M^r M. OULD HAMMOU**, Professeur et Chef de Département de l'Institut Polytechnique de Belfort (EL- Harrach), qui m'a précieusement aidé tout le long de ce travail.

À **M^r D. PERRELLI**, Docteur et Chef du laboratoire du centre de recherches d'expérimentation et de formation en Agriculture de Basile Caramia (Italie), et à sa collaboratrice **M^{me} P. NATALE**, qui ont contribué à la réussite de mon expérimentation en acceptant d'effectuer des analyses au sein de leur laboratoire.

À **M^r R. MENAD**, Maître de conférences à l'Université d'Alger¹, pour son soutien, son aide et ses précieux conseils quant à la réussite de ce travail.

À **M^r I. YAHAOUI**, Maître de conférences à l'Université de Khemis Miliana, pour son aide et ses encouragements.

À **M^r S. ALMANSBA**, Ingénieur en Pétrochimie, qui m'a apporté son soutien et son aide précieuse pour l'accomplissement de ce travail et sa finalisation.

À **M^{me} N. TIRCHI**, Maître de conférences à l'université de Khemis Miliana, pour son soutien et son aide précieuse pour la finalisation de cette thèse.

À tous mes proches, mes amis et à ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

DEDICACES

A la mémoire de ma douce et regrettée grand-mère, qui m'a toujours entourée d'amour et de tendresse. Présente à jamais dans mes pensées, elle m'accompagnera tout au long de ma vie.

A la mémoire de mon regretté père qui, riche de cœur et d'esprit, n'a jamais cessé de croire en moi. Homme de sciences et de culture, il m'a toujours encouragée à aller au bout de mes convictions.

A ma mère, qui m'a toujours soutenue et aidée à l'accomplissement de ce travail. Son courage et sa force de caractère ont été mon modèle de détermination, le meilleur guide pour illuminer mon chemin.

A tous mes proches, qui m'ont soutenue et encouragée à la réalisation de ce modeste travail.

RESUMÉ

Les biofertilisants constituent une excellente source d'engrais naturels utilisés en agriculture. Ces derniers agissent sur la croissance, le développement, le rendement et la qualité du fruit qui représente un critère primordial pour le consommateur. Le but principal de notre travail est d'améliorer la tomate du point de vue qualitatif et quantitatif sans le recours aux produits nocifs pour la santé humaine et l'environnement. Dans cette optique, cette étude porte sur l'évaluation et la comparaison de l'effet d'un biofertilisant à base d'extraits d'algues marines brunes sur les paramètres de croissance, de production, physiologiques, morphologiques et de qualité des fruits de deux variétés de tomates cultivées sous serre, à savoir une variété maraîchère et une variété industrielle. A cet effet, quatre concentrations de biofertilisant liquide (25%, 50%, 75%, 100%) et trois modes d'application (foliaire, radiculaire et foliaire-radiculaire), comparés à un témoin ont été testés à différents stades du développement des cultures. Les résultats de cette étude ont montré que les traitements les plus performants ont été obtenus aux doses de 100% (3ml/l), 75% (2,5ml/l) et 50% (1,5ml/l) appliquées principalement aux modes foliaire-radiculaire et radiculaire pour la majorité des paramètres mesurés. La dose de 100% a permis l'obtention des meilleurs rendements/ plants de tomates. Pour la tomate maraîchère (114 3,36g/plant) avec l'application radiculaire et pour la tomate industrielle (744,28g/plant) avec l'application foliaire-radiculaire. Les mêmes traitements aux doses de 75% et de 100% ont permis d'augmenter le nombre de fruits/plant de tomates atteignant (29,80fruits/ plant) de tomate maraîchère et (25,20 fruits /plant) de tomate industrielle. De même de meilleurs taux de chlorophylle (a), (b) et (c) et de vitamine C ont été notés à la dose de 100% pour le mode d'application radiculaire. Le taux de Brix le plus satisfaisant de la tomate maraîchère a atteint (5,93%) à la dose de 75% et celui de la tomate industrielle (5,70%) à la dose de 100%. L'indice de falveur (Brix/Acidité) a révélé une bonne qualité technologique des tomates dépourvues de traces de résidus de pesticides.

Mots clés : Tomates, variétés, biofertilisant, algues brunes, qualité.

ABSTRACT

Seaweeds biofertilizers constitute an excellent source of natural fertilizers used in farming. They act on the growth, the development and thus on the quality of the fruit which is an essential criterion for the consumer. The main purpose of our work is to improve the tomato from the qualitative and quantitative point of view without recourse to the harmful products for the human health and the environment. From this perspective, this study concerns the evaluation and the comparison of the effect of a brown seaweeds biofertilizer on the parameters of growth, production, physiological, morphological and quality of fruits of two varieties of tomatoes cultivated under greenhouse, namely a truck-farming variety and an industrial variety. For this effect, four concentrations (25%, 50%, 75%, and 100%) with three modes of application (foliar, root and foliar-root), compared with a control were tested at different stages of the development of the crops. The results of this study showed that the most successful treatments were obtained at the doses of 100 % (3ml/l), 75 % (2,5ml/l) and 50 % (1,5%ml/l) applied mainly in the modes foliar-roots and roots for the majority of the moderate parameters. The dose of 100 % has allowed getting the best yields/plants of tomatoes. For the truck-farming tomato (1143,36g /plant) with the root application and for the industrial tomato (744,28g/plant) with the foliar-root application. The same treatments with the doses of 75% and 100% allowed to increase the number of fruit/plant of tomatoes reaching (29,80 fruit /plant) of truck-farming tomato and (25,20 fruit /plant) of industrial tomato. In addition, a better rates of chlorophyll (a), (b) and (c) and of vitamin C were noted with the doses of 100 % for the mode of application root. The rate of Brix the more satisfactory of the truck-farming tomato reached (5,93) with the dose of 75% and that of the tomato industrielle (5,70) with the dose of 100 %. The index of flavor (Brix / Acidity) revealed a good technological quality of tomatoes without of tracks of residues of pesticides.

Keywords: Tomatoes, varieties, biofertilizer, brown algae, quality.

ملخص

تمثل الأسمدة الحيوية مصدر ممتاز للأسمدة المستعملة في المجال الفلاحي, حيث تؤثر على النمو, التطوير, المحصول و جودة الفاكهة التي تمثل معيار أساسي عند المستهلك. الهدف من هذا العمل هو تحسين جودة فاكهة الطماطم نوعا و كما دون اللجوء للمواد المضرة لصحة الانسان و البيئة. بهذا المنظور, هذا العمل يركز على تقييم و مقارنة تأثير سماد حيوي مستخلص من طحالب بحرية بنية على مختلف معايير النمو, الانتاج, الفيزيولوجية, المورفولوجيا و النوعية لصنفين من الطماطم مزروعة داخل بيوت بلاستيكية (الطماطم السبخية والطماطم الصناعية). لهذا الغرض استعملنا أربع تراكيز (25%, 50%, 75%, 100%) و ثلاث طرق تطبيق (ورقي, جذري, وورقي-جذري) مقارنة مع شاهد, تم اختبارها في مراحل مختلفة من النمو. أفضل العلاجات المتحصل عليها كانت بتراكيز 100% (2.5 مل/ل), 75% (2.5 مل/ل) و 50% مطبقة مباشرة على المستوى الجذري و الورقي-الجذري لمعظم المعايير المقاسة. أسفر استعمال التركيز 100%, الحصول على أفضل غلة/نبته الطماطم. بالنسبة للطماطم السبخية (1143.36 جم /النبته) مع تطبيق جذري, أما الطماطم الصناعية (744.28 جم/النبته) مع تطبيق وورقي-جذري. نفس الاختبار بتراكيز 75% و 100% سمح بزيادة عدد الفاكهة/نبته الى (29.80 فاكهة/نبته) بالنسبة للطماطم السبخية و (25.20 فاكهة/نبته) بالنسبة للطماطم الصناعية. و لوحظت ايضا أفضل نسبة الكلوروفيل (أ) (ب) (ج) و فيتامين س في التركيز 100% بتطبيق جذري. معدل بركس المقبول للطماطم السبخية وصل (5.93%) بتركيز 75%, أما الطماطم الصناعية وصل (5.70%) بتركيز 100%. كشف مؤشر النكهة (بركس/الحموضة) على جودة تكنولوجية جيدة دون آثار لمتبقيات الاسمدة.

المصطلحات: طماطم, أصناف, سماد حيوي, طحالب بنية, جودة.

TABLE DES MATIÈRES

RESUMÉ	
REMERCIEMENTS	
DEDICACES	
TABLE DES MATIÈRES	
LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX	
INTRODUCTION.....	17
CHAPITRE 1. IDENTIFICATION ET IMPORTANCE DE LA TOMATE.....	20
1.1. Origine et historique de la tomate	20
1.2. Classification et description de la tomate.....	22
1.2.1. Classification botanique (taxonomique).....	22
1.2.2. Description botanique.....	22
1.2.3. Classification génétique.....	23
1.2.4. Intérêt scientifique de la tomate.....	24
1.2.5. Classification variétale.....	26
1.2.6. Variétés utilisées en Algérie.....	28
1.2.6.1. Tomate maraîchère à croissance indéterminée	28
1.2.6.2. Tomate maraîchère à croissance déterminée.....	28
1.2.6.3. Tomate industrielle.....	28
1.2.7. Exigences de la tomate.....	29
1.2.8. Importance économique de la tomate	29
CHAPITRE 2. STRUCTURE, DEVELOPPEMENT ET COMPOSITION DU FRUIT..	32
2.1. Structure du fruit de tomate.....	32
2.2. Développement du fruit	33
2.3. Composition biochimique du fruit	34
2.4. Importance médicinale du fruit	36
CHAPITRE 3. QUALITÉ DU FRUIT DE TOMATE.....	39
3.1. Généralités et définition de la qualité.....	39
3.2. Différents aspects de la qualité	41
3.2.1. Qualité alimentaire	41
3.2.2. Qualité d'usage et de service.....	44

3.3.	Facteurs de détermination de la qualité.....	45
3.3.1.	Variations génétiques.....	46
3.3.2.	Variations environnementales.....	46
3.3.3.	Variations agronomiques.....	47
3.3.4.	Stades de maturation et récolte.....	48
3.3.5.	Conditions de conservation et de transformation.....	48
3.4.	Difficultés d'évaluation de la qualité.....	49
CHAPITRE 4. DIFFÉRENTS USAGES DE LA TOMATE.....		50
4.1.	Usage alimentaire de la tomate	50
4.2.	Nomenclature des produits de la tomate transformée.....	51
4.3.	Principales industries de transformation de la tomate en Algérie.....	53
4.4.	Valorisation des sous-produits de la tomate.....	54
CHAPITRE 5. LES FERTILISANTS EN AGRICULTURE.....		56
5.1.	Les différents types de fertilisants	56
5.2.	Fertilisation de la tomate.....	56
5.3.	Effets des engrais chimiques.....	58
5.4.	Les biofertilisants à base d'algues marines.....	58
5.4.1.	Importance des algues marines en agriculture.....	58
5.4.2.	Effets des fertilisants liquides à base d'algues marines.....	58
5.4.3.	Exploitation des composés d'extraits d'algues marines.....	60
CHAPITRE 6. BIOSÉCURITÉ SANITAIRE.....		63
6.1.	Notion de biosécurité, définition	63
6.2.	Biosécurité des pays en voie de développement	64
6.3.	Mise en œuvre du cadre national de biosécurité.....	64
6.4.	Management de la sécurité sanitaire.....	65
6.5.	Obstacles de la sécurité sanitaire en Algérie.....	66
6.6.	Dangers chimiques.....	66
6.6.1.	Notion et définition des résidus de pesticides.....	66
6.6.1.1.	Dose sans effet et dose journalière admissible.....	67
6.6.1.2.	Limite maximales de résidus (LMR)	67
6.6.2.	Effets des résidus de pesticides sur la santé et l'environnement.....	67
CHAPITRE 7. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....		70
7.1.	Objectif de l'étude.....	70

7.2.	Prégermination, repiquage et transplantation.....	71
7.3.	Conditions expérimentales	71
7.3.1.	Lieu de l'expérience.....	71
7.3.2.	Substrat et désinfection.....	72
7.3.3.	Analyse du substrat	72
7.3.4.	Containers.....	73
7.3.5.	Le biofertilisant	73
7.3.6.	Températures de la serre en °C	74
7.3.7.	Dispositif expérimental	75
7.3.8.	Description des traitements	76
7.3.8.1.	Application des traitements	76
7.3.8.2.	Stades d'application des traitements.....	77
7.4.	Conduite de la culture.....	77
7.4.1.	Effeillage	77
7.4.2.	Ebourgeonnage	77
7.4.3.	Palissage.....	78
7.4.4.	Etêtage.....	78
7.4.5.	Protection phytosanitaire.....	79
7.4.6.	Récolte.....	79
7.5.	Paramètres mesurés.....	80
7.5.1.	Paramètres biométriques.....	80
7.5.1.1.	Vitesse de croissance (cm/j).....	80
7.5.1.2.	Hauteur finale des plants (cm).....	80
7.5.1.3.	Distance entre collet et 1 ^{er} bouquet / entre bouquets (cm)	80
7.5.1.4.	Diamètre final de la tige (mm)	80
7.5.1.5.	Nombre de feuilles /plant.....	80
7.5.1.6.	La biomasse fraîche produite (g)	80
7.5.1.7.	La biomasse sèche produite(g)	81
7.5.1.8.	Taux de la matière sèche.....	81
7.5.2.	Paramètres de production.....	81
7.5.2.1.	Nombre de fleurs par bouquet et par plant de tomate.....	81
7.5.2.2.	Nombre de fleurs nouées par bouquet et par plant de tomate.....	81

7.5.2.3. Nombre de fruits par bouquet et par plant de tomate.....	81
7.5.2.4. Taux d'avortement des fleurs par plant.....	82
7.5.2.5. Poids frais des fruits /bouquet /plant (g).....	82
7.5.2.6. Calibre des fruits (mm).....	82
7.5.2.7. Extrait sec total du fruit (%).....	82
7.5.2.8. Rendement du fruit par bouquet et par plant.....	82
7.5.3. Paramètres physiologiques.....	82
7.5.3.1. Dosage de la chlorophylle ($\mu\text{g/gMF}$)	82
7.5.4. Paramètre morphologique du fruit	83
7.5.4.1. Coefficient de forme.....	83
7.5.5. Paramètres de qualité.....	83
7.5.5.1. Le pH	83
7.5.5.2. Acidité titrable(%).....	84
7.5.5.3. Les Chlorures(%).....	84
7.5.5.4. Brix (indice de réfraction) (%)	84
7.5.5.5. Rapport (Brix / Acidité)	84
7.5.5.6. Détermination de la couleur.....	85
7.5.5.7. Dosage de l'acide ascorbique (mg/100g).....	85
7.5.5.8. Dosage de l'azote(%).....	86
7.5.5.9. Détermination des cendres(%).....	87
7.5.5.10. Détermination des résidus de pesticides (ppm)	88
7.5.10.1. Recherche des Dithiocarbamates par la méthode GC-MS.....	88
7.5.10.2. Recherche des Benzimidazoles par méthode GC-MS /GC-.NPD/GC- ECD et HPLC.....	89
CHAPITRE 8. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	92
8.1. Paramètres biométriques.....	92
8.1.1. Evolution de la croissance des plants de tomates.....	92
8.1.2. Hauteur finale des plants	95
8.1.3. Distance entre les bouquets.....	97

8.1.4.	Diamètre final de la tige.....	101
8.1.5.	Nombre de feuilles/plant.....	102
8.1.6.	La biomasse fraîche produite	103
8.1.6.1.	Poids frais des feuilles	103
8.1.6.2.	Poids frais des tiges	104
8.1.6.3.	Poids frais total (feuilles+tiges)	105
8.1.7.-	La biomasse sèche produite.....	106
8.1.7.1.	Poids sec des feuilles.....	106
8.1.7.2.	Poids sec des tiges	107
8.1.7.3.	Poids sec total	108
8.1.8.	Taux de la matière sèche.....	109
8.1.8.1.	Matière sèche des feuilles.....	109
8.1.8.2.	Matière sèche des tiges.....	110
8.1.9.	Paramètres de production	111
8.1.9.1.	Nombre de fleurs par bouquet et par plant.....	111
8.1.9.2.	Nombre de fleurs nouées par bouquet et par plant.....	112
8.1.9.3.	Nombre de fruits par bouquet et par plant.....	114
8.1.10.	Taux d'avortement des fleurs par bouquet et par plant.....	116
8.1.11.	Poids frais des fruits par bouquet et par plant	117
8.1.12.	Calibre des fruits / bouquet / plant	119
8.1.13.	Extrait sec du fruit / bouquet /plant.....	120
8.1.14.	Paramètre physiologique.....	121
8.1.14.1.	Chlorophylle (a, b et c).....	121
8.1.15.	Paramètre morphologique du fruit	122
8.1.15.1.	Coefficient de forme.....	122
8.1.1.6.	Paramètres de qualité.....	124
8.1.16.1.	pH (potentiel hydrogène).....	124
8.1.16.2.	Acidité titrable.....	125
8.1.16.3.	Chlorures.....	126

8.1.16.4. Brix (indice de réfraction)	128
8.5.5. Rapport (Brix / Acidité).....	132
8.5.6. Couleur des fruits.....	134
8.5.7. Vitamine C (Acide ascorbique).....	137
8.5.8. Taux de protéines.....	139
8.5.9. Taux de cendres.....	140
8.5.10. Résidus de pesticides dans les fruits de tomates.....	142
CONCLUSION.....	145

RÉFÉRENCES

APPENDICES

A. Liste des symboles et des abréviations

B. Figures de l'expérimentation

C. Tableaux des résultats et des paramètres mesurés

D. Tableaux de l'analyse de la variance des paramètres étudiés

E. Tableaux de l'analyse du sol et normes d'interprétations

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure 1.1	Diffusion de la tomate dans le monde.....	21
Figure 1.2	Variétés de tomates classées selon la forme.....	27
Figure 2.3	Coupes longitudinales de la structure de la fleur et du fruit de tomate.....	33
Figure 2.4	Composition de la matière sèche chez la tomate mûre.....	36
Figure 3.5	Schéma du concept de la qualité.....	40
Figure 5.6	Activités des extraits d'algues marines et leurs applications	61
Figure 7.7	Serre expérimentale du laboratoire de biotechnologie végétale.....	71
Figure 7.8	Présentation du conteneur utilisé.....	73
Figure 7.9	Présentation du biofertilisant utilisé.....	74
Figure 7.10	Plan du dispositif expérimental	76
Figure 8. 11	Évolution de la tomate maraîchère en fonction des doses et du mode d'application foliaire.....	92
Figure 8.12	Évolution de la tomate maraîchère en fonction des doses et du mode d'application racinaire.....	93
Figure 8.13	Evolution de la tomate maraîchère en fonction des doses et du mode d'application foliaire-racinaire.....	93
Figure 8.14	Evolution de la tomate industrielle en fonction des doses et du mode d'application foliaire.....	94
Figure 8.15	Evolution de la tomate industrielle en fonction des doses et du mode d'application racinaire.....	94
Figure 8.16	Evolution de la tomate industrielle en fonction des doses et du mode d'application foliaire-racinaire.....	95
Figure 8.17	Distance entre bouquets de la tomate maraîchère.....	98
Figure 8.18	Distance entre bouquets de la tomate industrielle.....	99

Figure 8.19	Diamètre de la tige de la tomate (cm).....	101
Figure 8.20	Nombre de feuilles de la tomate.....	102
Figure 8.21	Poids frais total des feuilles et des tiges) (g).....	106
Figure 8.22	Poids sec total des plants de tomates.....	109
Figure 8.23	Nombre de fleurs par plant de tomate.....	112
Figure 8.24	Nombre de fleurs nouées de la variété Saint-Pierre.....	113
Figure 8.25	Nombre de fleurs nouées de variété Rio-Grande.....	113
Figure 8.26	Nombre de fruits de la variété Saint-Pierre.....	114
Figure 8.27	Nombre de fruits la de variété Rio-Grande.....	115
Figure 8.28	Taux d'avortement des fleurs de la variété Saint-Pierre	116
Figure 8.29	Taux d'avortement des fleurs de la variété Rio-Grande.....	117
Figure 8.30	Poids frais des fruits /bouquet de la variété Saint-Pierre.....	118
Figure 8.31	Poids frais des fruits /bouquet de la variété Rio-Grande.....	118
Figure 8.32	Poids frais des fruits /plant des deux variétés de tomates.....	119
Figure 8.33	Quantité de chlorophylle dans les feuilles de la tomate variété Saint- Pierre.....	121
Figure 8.34	Quantité de chlorophylle dans les feuilles de la tomate variété Rio-Grande.....	122
Figure 8.35	Taux d'acidité dans le jus des deux variétés de tomates.....	125
Figure 8.36	Brix/acidité des deux variétés de tomates.....	133
Figure 8.37	Couleur des fruits de la tomate Saint-Pierre.....	135
Figure 8.38	Couleur des fruits de la tomate Rio-Grande.....	135
Figure 8.39	Taux de vitamine « C » dans les fruits de tomates.....	138
Figure 8.40	Taux de protéines dans les fruits de tomates.....	139
Tableau 1.1	Caractéristiques des espèces sauvages de tomate.....	25
Tableau 1.2	Production de la tomate maraîchère en Algérie.....	29
Tableau 1.3	Production de la tomate industrielle en Algérie.....	30
Tableau 1.4	Importations de la tomate fraîche et transformé.....	31

Tableau 3.5	Valeur nutritionnelle de la tomate (pour 100g).....	42
Tableau 4.6	Processus de transformation de la tomate industriel	52
Tableau 4.7	Quelques unités de transformation de la tomate industrielle en Algérie	53
Tableau 5.8	Exigences de la tomate vis-à-vis des éléments minéraux.....	57
Tableau 5.9	Composants biologiques actifs des extraits d'algues marines.	62
Tableau 7.10	Composition chimique du substrat.....	72
Tableau 7.11	Moyennes des températures par décade en C° de la culture..	75
Tableau 7.12	Etêtage de la tomate maraîchère.....	78
Tableau 7.13	Traitements phytosanitaires.....	79
Tableau 8.14	Hauteur finale des plants.....	96
Tableau 8.15	Poids frais des feuilles (g)	104
Tableau 8.16	Poids frais des tiges (g)	105
Tableau 8.17	Poids sec des feuilles(g).....	107
Tableau 8.18	Poids sec des tiges (g).....	108
Tableau 8.19	Matière sèche feuilles (%).....	110
Tableau 8.20	Matières sèche des tiges (%).....	111
Tableau 8.21	Extrait sec du fruit / Plant	120
Tableau 8.22	Coefficient de forme du fruit	123
Tableau 8.23	Potentiel hydrogène des fruits	124
Tableau 8.24	Taux de chlorures contenus dans les fruits (%).....	127
Tableau 8.25	Taux de Brix (%) des tomates du premier bouquet	128
Tableau 8.26	Taux de Brix (%) des tomates du deuxième bouquet	129
Tableau 8.27	Taux de Brix (%) des tomates du troisième bouquet.....	130
Tableau 8.28	Taux de Brix (%) des tomates du quatrième bouquet	131
Tableau 8.29	Taux de cendres dans le fruit de tomate	141

INTRODUCTION

La tomate *Solanum lycopersicum* L. est une plante de la famille des solanacées, originaire du nord-ouest de l'Amérique du sud, largement cultivée pour ses fruits de formes et de couleurs variées [1] [2] [3] ; [4]. Bien qu'il soit biologiquement un fruit, la tomate est considérée comme un des légumes les plus importants dans l'alimentation humaine. Elle occupe la troisième espèce cultivée au monde, après la pomme de terre et la patate douce, [5] avec une production mondiale de $124\,875\,10^3$ tonnes qui se répartit sur tous les continents [6].

En Algérie, la culture de la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole algérienne. Près de 33 000 ha sont consacrés annuellement à la culture de tomate (maraîchère et industrielle), donnant une production moyenne d'environ 11 millions de quintaux et des rendements moyens d'environ 311 Qx/ha. [7].

En dépit des grandes superficies consacrées à la culture de la tomate (maraîchère et industrielle) et les moyens mis en œuvre pour cette filière agroalimentaire, la production nationale demeure faible et les importations en concentré de tomate sont significatives. Cette situation est notamment due à une multitude de facteurs d'ordre agronomiques et économiques. En effet, les variétés les plus utilisées sont fixées, peu performantes et conduites sans irrigation. Quant aux variétés hybrides à haut rendement, elles sont très faiblement utilisées à cause du manque de vulgarisation des techniques culturales de pointe et de leur coût hors de portée pour l'agriculteur. En outre, le non respect de l'itinéraire technique de la culture conseillé par les spécialistes résultant d'une gestion aléatoire et l'utilisation de fertilisants onéreux visant à optimiser les rendements sans se soucier de l'aspect sanitaire du consommateur tout le long de la chaîne de production. De surcroît, la croissance démographique grandissante aggravant davantage la situation [8].

La tomate est le fruit le plus consommé dans le bassin méditerranéen. Elle demeure un produit de base dans les habitudes alimentaires algériennes. Comme dans le monde entier, cet aliment est prisé pour ses qualités nutritionnelles et

organoleptiques. La tomate est consommée sous toutes ses formes (crue, cuite ou transformée). Cette dernière est considérée comme un aliment diététique car elle est faiblement calorique. Elle est aussi riche en eau, en éléments minéraux et représente une excellente source d'antioxydants bénéfiques pour la santé puisqu'elle est riche en provitamine A (β carotène), en acide ascorbique et α -tocophérol et surtout en lycopène, le plus actif des caroténoïdes alimentaires [9]. Ces derniers, sont impliqués dans la réduction des risques de nombreuses maladies comme le cancer de la prostate et les maladies cardiovasculaires [10] et autres maladies liées au vieillissement. En outre, ce fruit contient des carbohydrates et des acides qui sont les déterminants majeurs de sa qualité gustative et nutritionnelle [11]. Ce légume-fruit, répond relativement bien aux attentes nutritionnelles de l'organisme. Cependant, avec la révolution industrielle, il ne satisfait pas les critères du consommateur qui exige des produits sains indemnes de produits de synthèse.

Certes, depuis les années 90, la production et la consommation mondiales de la tomate sont devenues très importantes, au détriment de sa qualité organoleptique, entraînant un mécontentement des consommateurs [12]. Ainsi, afin d'assurer de meilleurs rendements du point de vue quantitatif et qualitatif, l'Algérie s'est lancée dans une agriculture moderne ayant tendance à s'appuyer sur la forte utilisation d'intrants chimiques à la fois onéreux et néfastes pour l'environnement et pour la santé humaine. Face à ces contraintes, beaucoup d'agriculteurs se tournent actuellement vers l'utilisation de produits de substitution tels les fertilisants organiques et de biofertilisants. Certes, ces pratiques ancestrales sont fortement encouragées de nos jours [13]. Il a été d'ailleurs prouvé que les fertilisants liquides d'extraits d'algues marines sont nettement supérieurs aux fertilisants chimiques à cause de leur taux élevé en matières organiques, macro et micro éléments, vitamines, acides gras et sont aussi riches en régulateurs de croissance [14] ; [15]. En outre, différemment des fertilisants chimiques, ils sont biodégradables, non-toxiques, non-polluants et sans danger pour la santé humaine [16].

Vu les enjeux économiques et agronomiques majeurs que représentent la tomate au niveau mondial et particulièrement en Algérie, l'amélioration qualitative et quantitative de cette dernière, est devenue une préoccupation constante pour les secteurs de la production, de la transformation et de la consommation de ce fruit. D'où notre intérêt à participer aux recherches scientifiques actuelles qui s'orientent

donc, plus vers une agriculture biologique ayant tendance à optimiser le rendement, ainsi qu'à caractériser et à améliorer la qualité organoleptique du produit, directement lié aux caractères physiologiques et biochimiques du fruit.

Ainsi, afin de relever un défi de grande ampleur, celui de la demande du consommateur et dans la perspective de contribuer à une agriculture respectueuse de l'environnement veillant sur sa sécurité alimentaire et sanitaire, notre choix s'est porté pour l'étude de l'effet d'un biofertilisant végétal sur la culture de deux variétés de tomates, l'une maraîchère (Saint-Pierre) et l'autre industrielle (Rio-Grande), cultivées sous serre. L'objectif étant de tester et de comparer les effets des différents traitements de ce biofertilisant à base d'extraits d'algues brunes en vue de cibler les interactions (doses-modes d'application) les plus performantes, sur divers paramètres physiologiques, biométriques et biotechnologiques de production. La visée de cette étude est donc, l'amélioration de la qualité organoleptique et nutritionnelle de la tomate, bénéfique pour la santé humaine, tout en minimisant ou en supprimant toute trace de pesticides dans les fruits récoltés.

CHAPITRE 1

IDENTIFICATION ET IMPORTANCE DE LA TOMATE

1.1. Origine et historique de la tomate

La tomate (*Solanum lycopersicum* L.), est une plante originaire de l'Ouest de l'Amérique du Sud et plus précisément des Andes péruviennes, sur une région incluant la Bolivie, le Chili, la Colombie, l'Equateur, et le Pérou [1], [5].

Neuf espèces sauvages peuvent être observées en Amérique du Sud, dont seulement deux comestibles, « la tomate groseille » (*Solanum pimpinellifolium* L.) et « la tomate cerise » *Solanum lycopersicum* var. *cerasiformae*) qui est l'ancêtre de nos tomates actuelles [1], [5], [17]. La domestication de la tomate eut lieu au Mexique, où les fruits montraient une grande variété de forme, de taille et de couleur [18]. Dans le langage parlé « Nahuatl », de la région de Mexico la tomate fut appelée « *tomatl* » par les aztèques.

En 1544, le botaniste italien Pietro Matthioli fut le premier à donner une description sommaire de cette plante à petits fruits dans un chapitre traitant de la Mandragore [19]. Il évoqua la tomate jaune qui donnera son nom à la tomate italienne « Promodoro » signifiant « pomme d'or », d'où le nom arabe « Banadora » [20].

Au 16^{ième} siècle la tomate fut apportée en Europe par les "Conquistadores" espagnols. Elle fut d'abord implantée dans le Sud de l'Europe, notamment en Espagne et en Italie. A cette époque, la tomate était connue sous le nom de « pomme d'or » ou « pomme d'amour ». Les Européens l'exploitèrent pour usage purement ornemental et évitèrent sa consommation à cause des liens de parenté botanique très étroits avec certaines espèces végétales connues comme plantes vénéneuses [21]. Elle fut longtemps considérée comme plante toxique et on lui associait tous types de vertus maléfiques à cause de sa ressemblance avec « la mandragore » ou « la morelle Belladone ». Les Italiens furent les premiers à la consommer sous forme de sauces dans la région de Naples et c'est sous cette forme qu'elle atteignit la France par la Provence en 1750 au 17^{ème} siècle [22], [23]. Il a fallu attendre 1778, pour que la tomate soit considérée comme légume par les Français et qu'apparaissent les premières variétés potagères dans le catalogue de Villmorin-

Andrieux [24], [23], [25]. Par la suite, sa consommation à l'état de produit frais débuta dans de nombreux pays du bassin méditerranéen et se répandit vers le nord de l'Europe à la fin XVIII^{ème} siècle [19].

En Afrique du Nord, la tomate fut introduite par les espagnols au XVII^{ème} siècle, d'abord au Maroc, puis en Algérie, ensuite en Tunisie [21]. En Algérie sa consommation commença dans la région d'Oran en 1905. Puis, elle s'étendit vers le centre, notamment dans le littoral algérois [26].

La popularité croissante des tomates eut comme conséquence le développement de nouvelles variétés. Au XX^{ème} siècle, l'industrie de la tomate se développa peu à peu pour proposer des produits à base de tomate de plus en plus diversifiés [27], [28]. A partir de 1830, on ne parla que de la tomate et depuis, sa diffusion ne cessera de s'accroître et elle est aujourd'hui cultivée dans tous les pays du monde (fig.1.1).

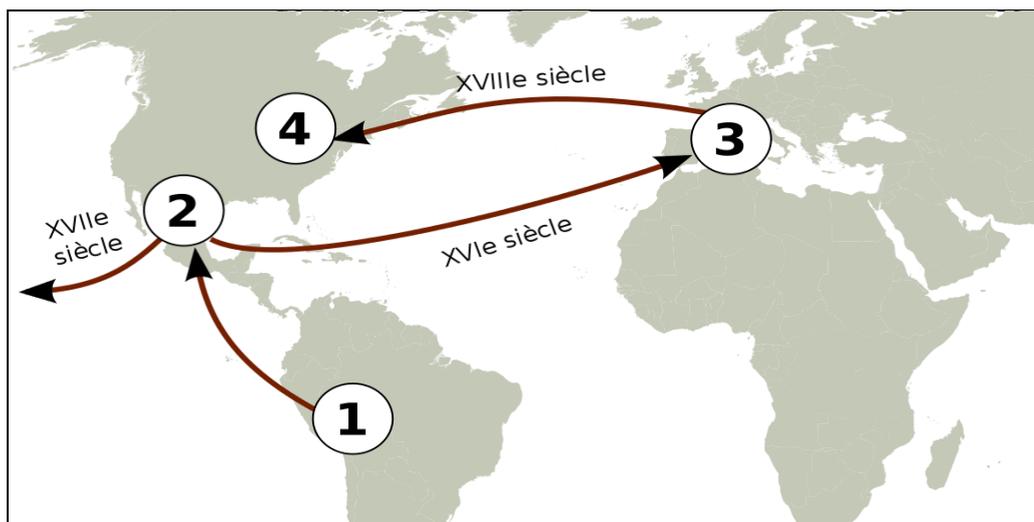


Fig.1.1 : Diffusion de la tomate dans le monde [29]

- (1) Pérou : Centre de diversification.
- (2) Mexique : Premier centre de domestication.
- (3) Europe : Deuxième centre de domestication.
- (4) Etats Unis : Troisième centre de domestication

1.2. Classification et description de la tomate

1.2.1. Classification botanique (taxonomique)

La tomate (*Solanum lycopersicum* L.), est une plante appartenant à l'ordre des solanales et à la famille des solanacées [30] qui regroupe plus de 3000 espèces tropicales et subtropicales originaires d'Amérique Centrale et d'Amérique du Sud [31]. Elle a été reconnue par les botanistes et classée par Carl von Linné en 1753, en la baptisant *Solanum lycopersicum*, du grec *lycos* (loup) et du latin *persica* (pêche). D'autres botanistes ont modifié à de nombreuses reprises les noms de genre et d'espèces attribués à la tomate. En 1754, par exemple, Philip Miller l'a distingué du genre *Solanum* et l'a nommé *Lycopersicon esculentum*. Le nom d'espèce *esculentum* vient du latin et veut dire « comestible ». [32].

Parmi les autres dénominations on trouve : *Solanum lycopersicum*, *Lycopersicon lycopersicum* ou *Lycopersicum esculentum*. Les données génétiques, phylogénétiques, morphologiques et géographiques ont permis de confirmer l'appartenance de la tomate au genre *Solanum*. Lors du 1^{er} Solanaceae Genome Workshop qui a eu lieu en Septembre 2004 à Wageningen au Pays Bas, la communauté scientifique a rebaptisé la tomate sous le nom d'origine *Solanum lycopersicum*L. [31]. Cette appellation et a été définitivement accepté en 2006 [33].

La tomate appartient à la classification suivante [34], [35].

Classe : Magnoliopsida Sous-classe : Asteridae Ordre : Solanales Famille : Solanaceae Genre : Solanum Nom binomial : <i>Solanum Lycopersicum</i> L.
--

1.2.2. Description botanique

Dans la tradition horticulaire, la tomate est considérée comme un légume, alors que selon la classification botanique il s'agit d'un fruit *i.e.* un organe qui contient des graines et qui provient en général, uniquement de l'ovaire de la fleur. La tomate est

une plante herbacée, sensible au froid, vivace à l'état naturel et annuelle en culture [31].

Ses feuilles sont alternes et sans stipule. Elles sont composées, pennées, à 7,9 ou 11 segments ovales, incisés ou dentelés grossièrement et alternant avec des segments plus petits.

Les fleurs sont préférentiellement autogames [36], actinomorphes, de couleur jaune et réunies en inflorescences pentamères, sauf le gynécée qui possède entre 2 et 5 carpelles [37]. L'ovaire supère est formé d'au moins deux carpelles soudés, orientés obliquement par rapport à l'axe médian de la fleur et comprend de très nombreux ovules en placentation axile [38]. Le calice est à pièces partiellement soudées et la corolle est gamopétale [37].

Le fruit est une baie plus ou moins grosse, de forme variable (sphérique, oblongue, allongé) et de couleurs variées (blanche, rose, rouge, jaune, orange, verte, noire), selon les variétés. [2]. Les graines sont réparties dans des loges remplies de gel. La paroi de l'ovaire évolue en péricarpe charnu et délimite des loges. Le placenta constitue la partie centrale du fruit et est à l'origine des tissus parenchymateux. Le nombre de loges, l'épaisseur du péricarpe et l'importance du gel sont dépendants des variétés [39].

1.2.3. Classification génétique

La tomate (*Solanum lycopersicum L.*), est une plante climactérique. Elle est diploïde à $2n = 2x = 24$ [24], chez laquelle il existe de très nombreux mutants mono génétiques dont certains sont très importants pour la sélection [32].

La structure de la fleur de cette espèce assure une cleistogamie (autogamie stricte), cependant elle peut parfois se comporter comme une allogame. On peut alors avoir jusqu'à 47% de fécondation dans la nature [40]. Ces deux types de fécondation, divisent la tomate en deux variétés :

- Des variétés fixées conservant les qualités parentales, avec des fruits plus ou moins réguliers, d'excellente qualité gustative, mais sensibles aux maladies [41].
- Des variétés hybrides, plus récentes puisqu'elles n'existent que depuis 1960 [41].

1.2.4. Intérêt scientifique de la tomate

La tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) est considérée par l'ensemble de la communauté scientifique comme la plante modèle pour l'étude des fruits charnus. Certes, d'une part, *Arabidopsis thaliana* est un modèle inadapté à l'étude des fruits charnus qui constituent l'essentiel de la production fruitière mondiale [42], [32]. D'autre part, le choix de ce modèle tomate est justifié par la disponibilité de nombreuses ressources génétiques et génomiques sur cette espèce d'intérêt agronomique qui fait l'objet de nombreuses études. En effet, les qualités organoleptiques du fruit de tomate sont directement liées aux caractères physiologiques et biochimiques de cet organe puits. En outre, l'avantage d'avoir un génome diploïde, un temps de génération relativement court (3 à 4 générations par an) et la facilité de transformation génétique, ont fait de cette plante modèle une priorité d'étude dans le domaine de la biologie du fruit et ont favorisé le choix de cette espèce pour le décryptage de son génome [42], [33]. Ainsi, au cours des 20 dernières années, l'essor de la biologie moléculaire a mis en évidence des programmes génétiques et métaboliques spécifiques aux fruits charnus et les espèces sauvages ont largement été exploitées comme source de variabilité dans le cadre des programmes d'amélioration (Tableau1.1). Parallèlement aux ressources naturelles, de nouvelles ressources ont été développées artificiellement dans le but d'étudier la ségrégation de caractères d'intérêts et de permettre leur identification. La carte génétique de référence a été construite grâce aux premiers marqueurs moléculaires, à partir d'une population de 80 individus issus de croisements interspécifiques *S. lycopersicum* x *S. pennelli* [43].

La collection, la description, la propagation et la distribution de matériel génétique sont d'une grande importance pour l'amélioration de la tomate. Aujourd'hui, l'ensemble des données génétiques sur la tomate a permis d'établir de nombreuses cartes génétiques disponibles pour la communauté scientifique « Tomate ». Actuellement, plus de 2500 marqueurs de différents types (CAPS, RFLP, SNP et SSR) sont cartographiés et le génome de la tomate est estimé à environ 950 millions de bases. [44], [33] et coderait pour environ 35 000 à 40 000 gènes [33]. Il est de taille intermédiaire entre celui d'*A. thaliana* ($2n=20$, 130 Mb) et celui du maïs ($2n = 20$, 2500 Mb). A titre d'exemple, on peut citer des variétés utilisées à l'heure actuelle comme modèles d'études par la communauté scientifique : Ailsa Graig qui est une

des premières variétés transformées génétiquement [45], M82 qui a servi de fonds génétique pour l'élaboration de collections de mutants. [46] et de lignées d'introgession [47], et enfin MicroTom, variété naine à croissance déterminée qui résulte d'une triple mutation récessive [48].

Tableau 1.1 : Caractéristiques des espèces sauvages de tomate

(Espèces du genre *Solanum* utilisées dans les programmes d'amélioration de la tomate)

Espèces	Distribution	Caractères utilisés pour les programmes d'amélioration
<i>S. cheesmaniae</i>	Endémique des Galápagos	Tolérance au sel Résistance aux virus, lépidoptère, Rétention des fruits Epaisseur du péricarpe
<i>S. chilense</i>	Native du Sud du Pérou au Nord du Chili	Résistance a la sécheresse
<i>S. chmielewskii</i>	Native du Sud du Pérou au Nord de la Bolivie	Forte teneur en sucres du fruit
<i>S. habrochaites</i>	Native du Sud-ouest de l'Equateur au centre Sud du Pérou	Tolérance au froid et au gel Resistance aux insectes
<i>S. lycopersicum</i>	Probablement native de l'Equateur et du Pérou	Résistance à l'humidité Résistance au flétrissement Résistance au pourrissement racinaire Résistance aux champignons
<i>S. pennelli</i>	Native des côtes péruviennes	Resistance à la sécheresse Pilosité conférant une résistance aux insectes
<i>S. peruvianum</i>	Native du Nord du Pérou au Nord du Chili	Résistance aux virus, bactéries, champignons, pucerons, et nématodes
<i>S. pimpinellifolium</i>	Native du Sud de l'Equateur et du Nord du Pérou	Couleur et qualité du fruit Résistance aux maladies, insectes, nématodes

1.2.5. Classification variétale

Il existe de très nombreuses variétés de tomates. Elles sont classées selon leurs caractères botaniques, morphologiques et le mode de croissance de la plante qui déterminent l'aspect et le port que revêt le plant [49], [50].

Cultivées dans les pays chauds et tempérés du monde entier, la tomate est constituée de deux grandes variétés botaniques [49].

- ✓ *Solanum lycopersicum esculentum*, à gros fruits, c'est la tomate cultivée de laquelle découlent presque toutes les variétés ou cultivars trouvées sur le marché.
- ✓ *Solanum lycopersicum cerasiforme*, ou la tomate cerise : c'est la seule forme sauvage du genre rencontrée en dehors de l'Amérique du Sud.

La sélection faite par les hommes a privilégié les plantes à gros fruits. En général, les variétés de tomates sont classées en fonction de leur forme [49], (Fig.1.2) et l'on dénombre :

- Les variétés à fruit plat et côtelé, de type Marmande, avec un poids élevé dépassant 1kg ;
- Les variétés à fruit arrondi, dont le poids varie de 100 à 300 g, avec existence de variétés hybrides dont les fruits se conservent plus longtemps ;
- Les variétés à fruit allongé avec une extrémité arrondie (de type Roma), ou pointue de type (Chico). En général ces dernières variétés sont destinées à l'industrie, car elles répondent à un certain nombre de critères technologiques liés à leur transformation ;
- Les variétés à petits fruits : tomate cerise, cocktail ;
- Les variétés de diversification : de formes et de couleurs variées.

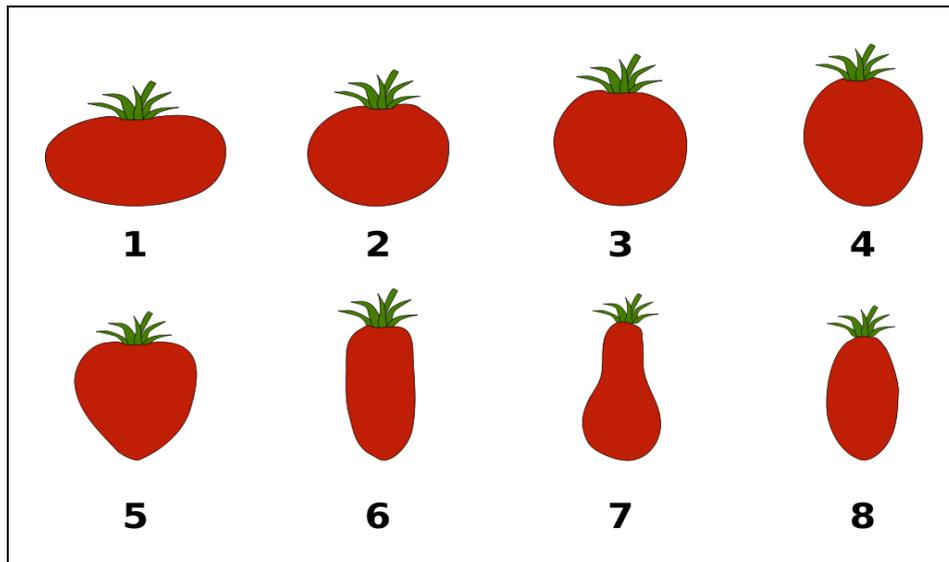


Fig.1.2 : Variétés de tomates classées selon la forme [49]

- | | | |
|------------------------------|----------------|-------------------------------|
| 1 : aplati | 5 : cordiforme | 6 : cylindrique |
| 2 : légèrement aplati | | 7 : pyriforme |
| 3 : arrondi | | 8 : obovoïde (forme de prune) |
| 4 : allongé arrondi (ovoïde) | | |

Les variétés de tomates sont généralement classées selon deux types : déterminé ou indéterminé, en fonction du développement de la tige principale [50].

- Les variétés à port indéterminé sont utilisées pour la consommation en frais. Leur tige peut se développer indéfiniment par empilement de sympodes (constitués de 3 feuilles et d'un bourgeon floral) se développant à partir de bourgeons axillaires après floraison du bourgeon terminal. Ces variétés nécessitent une culture tuteurée, majoritairement conduite sous abri.
- Les variétés à port déterminé sont destinées à l'industrie. La tige après avoir donné un faible nombre de bouquets, se termine elle-même par une inflorescence. Ce type de croissance est dû à une mutation génétique : le self pruning factor.

1.2.6. Variétés utilisées en Algérie

1.2.6.1. Tomate maraîchère à croissance indéterminée

- Les variétés fixées dont les caractéristiques génotypiques et phénotypiques se transmettent pour les générations descendantes. Selon [51], les plus utilisées sont : la Marmande et la Saint -Pierre.
- Les hybrides qui du fait de l'effet hétérosis, présentent la faculté de réunir plusieurs caractères d'intérêt et qui ne peuvent être multipliés vu qu'ils perdent leurs caractéristiques dans les descendances. [51] a cité 23 hybrides homologués qui sont :

Actana, Agora, Akram, Assala, Berbarina, Bond, Bouchra, Boudour, Carmello, Chourouk, Donjose, Doucen, Khalida, Mondial, Mordjane, Nedjma, Nissma, Tafna, Tavira, Toufan, Tyerno, Vernon, Zahra.

Les plus utilisés en Algérie sont : Actana, Agora, Bond, Nedjma, Tafna, Tavira, Toufan, Tyerno et Zahra.

1.2.6.2. Tomate maraîchère à croissance déterminée

- Variétés fixées : Aicha.
 - Les hybrides homologués, ils se résument comme suit :
- 9 Amely, Assila, Baheyia , Chenoua , Doukkalia , EL kamar , Farouna, GS12, Hector, hymar (Sahara), JOker, Karima , Lamantine ,Luxor, Noemy, Ouenza , Red Princess, Santiago, Super Red, Tomaland, Top 48 , Tover, Suzana, Zigana, Zeralda.

Les plus utilisés en Algérie sont :

Farouna, Joker, Luxor, Super Red, Tomaland, Top 48, Suzana, Zigana, Zeralda.

1.2.6.3. Tomate industrielle

- Variétés fixées : Rio- Grande (80%), Roma, Elgon, Universalmech, Castlong, Heintz, Pico de Aneto, Roma V.
- Les hybrides : Zenith- Sabra.

Toutes les variétés actuelles sur le marché sont pour la plupart des variétés fixées [51].

Les variétés les plus recommandées par L'ITCMI

- Les variétés fixées : ELgon, Pico de Aneto, Universalmech, Rio Grande, Castlong, Heintz, Giaron.
- Les hybrides : Zenith et Sabra.

I.2.7. Exigences de la tomate

La tomate est une culture qui préfère les sols légers sablo- argileux, drainants et riches en humus. Une température 18 à 27 °C et une humidité relative de 70% sont exigées. Elle préfère un pH de 5,6 à 6,9. C'est une plante moyennement tolérante en salinité 1,92 à 3,2 g / l (3 à 5 mmhos/cm-1) et exige de la lumière (1200 heures d'insolation sont nécessaires). [52].

I.2.8. Importance économique de la tomate

La tomate est le légume le plus consommé mondialement après la pomme de terre, particulièrement par les méditerranéens. Sa production mondiale annuelle est estimée à plus de 100 millions de tonnes dont 30 millions sont destinés à la transformation [53]. Les principaux pays producteurs de tomates sont la Chine avec plus de 50 millions de tonnes, les Etats-Unis, la Turquie, l'Egypte, l'Italie, et l'Espagne [54]. L'Europe en produit 20,9 millions de tonnes.

En Algérie, la culture de la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole algérienne [7]. Les superficies consacrées à la culture de tomate maraîchère sont très importantes. En dépit de leur augmentation (21 358 ha (2010) à 21 358 ha (2012) et 22 646 ha (2014), la production nationale est estimée à de 10 656 093 qx avec un rendement estimé à 470,6qx / ha en 2014 (tableau 1.2), ce qui reste relativement faible par rapport aux besoins de consommation de la population.

Tableau 1.2 : Production de la tomate maraîchère en Algérie

Année	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
2010	21 358	7 182 353	336,3
2011	3 070	2 228 489	725,9
2012	21 542	7 969 630	370,0
2013	3 689	3 302 497	895,2
2014	22 646	10 656 093	470,6

[7]

Les tomates d'industrie sont principalement cultivées au Nord-Est du pays. Les wilayas El Tarf, Annaba, Guelma, Skikda représentent à elles seules 90% de la superficie totale consacrée à cette culture en Algérie [7]. Vu les habitudes culinaires algériennes, la tomate industrielle est principalement consommée sous forme de concentré de tomate. Selon [55] (Tableau 1.3), le rendement de l'année 2011, a été le plus faible et n'a satisfait qu'un tiers des besoins du pays [56]. En 2014, la superficie consacrée à cette culture est estimée à 19 679 ha, une nette amélioration de rendements est marquée par rapport aux autres années. En revanche, ils restent faibles par rapport aux besoins du pays qui a toujours recours à l'importation.

Tableau 1.3 : Production de la tomate industrielle en Algérie

Année	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
2010	17 387	7 619 420	438,2
2011	18 382	7 058 640	384,0
2012	18 591	8 523 870	458,5
2013	16 778	9 082 675	541,3
2014	19 679	10 930 475	555,4

[55]

Malgré tous les moyens mis en œuvre dans la filière tomate, l'Algérie n'arrive pas à subvenir aux besoins de la population grandissante. Elle a donc recours aux importations de la matière première en frais et en double concentré (tableau 1.3) qui ne cessent d'évoluer d'année en année. En 2010, on importait 1tonne de tomates à l'état frais ou transformé, pour une valeur de 101D.A. En 2014, la situation économique est d'autant plus alarmante puisque les importations s'élèvent à un poids de 46 453 415 tonnes avec une valeur de 4 584 004 922 D.A [55].

Cette filière est la principale dans le domaine agroalimentaire. Par conséquent, elle mériterait plus d'attention de la part des chercheurs en économie agricole et alimentaire [57].

Tableau 1.4 : Importations de la tomate fraîche et transformée

Année	Tomate	Poids	Valeur	
		Tonnes	1000 D.A	1000 \$ U.S
2010	T. F	1	101	1
	T. P ou C	51 950	2 816 421	37 847
2011	T. F	183	2 541	35
	T. P ou C	48 038	2 728 810	37 452
2012	T. F	16	996	13
	T. P ou C	76 202	5 003 462	64 511
2014	T. F	15150	1667741,0	20699,8
	T. P ou C	46453415	4584004922	56896029
2015	T. F			
	T. P ou C			

[55]

T F : Tomate à l'état frais ; T Pou C : Tomate préparée ou conservée

CHAPITRE 2

STRUCTURE, DEVELOPPEMENT ET COMPOSITION DU FRUIT

2.1. Structure du fruit de tomate

Selon [33], la tomate est une baie qui peut être de forme, de couleur et de taille très différente suivant les variétés. Elle est constituée de plusieurs loges contenant les graines rattachées au placenta. Les différents tissus du fruit de tomate (fig.2.3), représentent la partie charnue, appelée péricarpe qui provient de la différenciation des parois de l'ovaire de la fleur. Il peut être divisé en péricarpe externe, péricarpe radial ou « septum » (qui divise le fruit en plusieurs loges), et péricarpe interne ou « columelle ». Le septum et la columelle sont moins pigmentés que le péricarpe externe. Celui-ci comprend trois tissus : l'exocarpe ou épiderme du fruit, le mésocarpe renfermant les vaisseaux conducteurs et l'endocarpe qui délimite les loges carpellaires. Le péricarpe entoure le placenta, le tissu loculaire et les graines.

Les tissus vasculaires s'organisent en deux réseaux distincts déjà présents avant la fécondation. Le premier part du pédicelle à travers le péricarpe externe de manière plus ou moins parallèle à la périphérie du fruit, le second passe à travers la columelle et le péricarpe interne pour se diriger vers les graines. A maturité, ce dernier présente un aspect rigide dû à la présence d'une importante quantité de vaisseaux conducteurs [33].

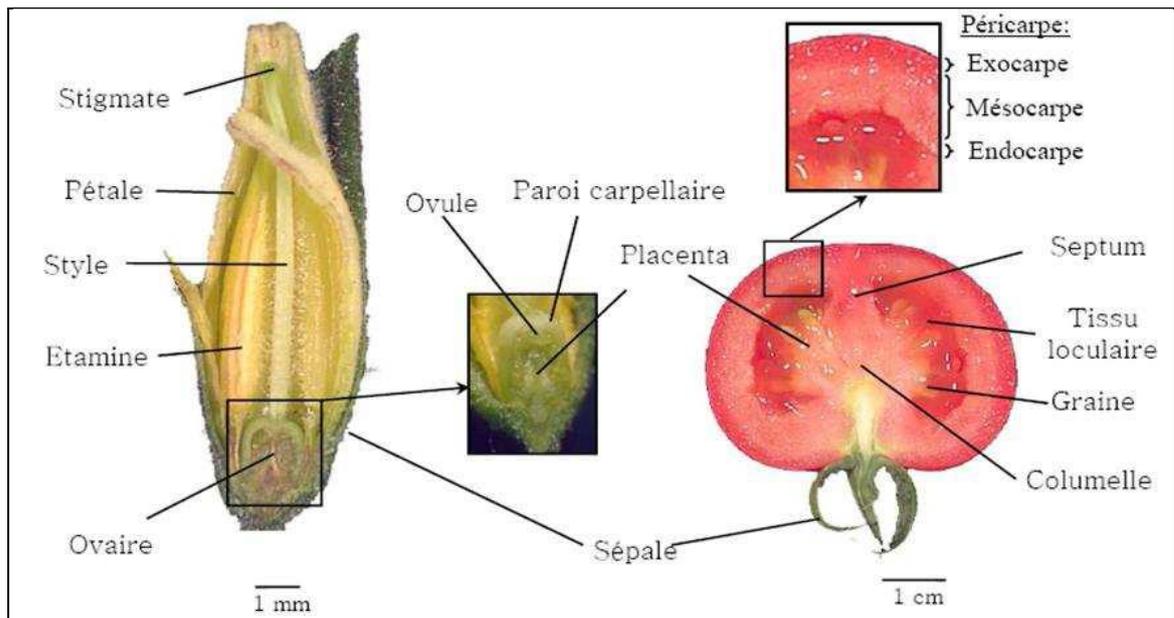


Fig. 2.3 : Coupes longitudinales de la structure de la fleur et du fruit de tomate [33].

2.2. Développement du fruit

Le développement du fruit de tomate peut être divisé en trois phases : la division, l'expansion et la maturation [58]. Au cours du développement de la fleur, une première période de divisions cellulaires a lieu dans l'ovaire, puis la croissance de l'ovaire cesse et ne reprendra qu'après la fécondation, si elle a lieu. La première phase de développement du fruit (ou mise à fruit), après fécondation, amorce le processus de formation du fruit. Si la fécondation n'a pas lieu, le fruit est dit parthénocarpique, c'est c'est-à-dire qu'il ne contient pas de graine et se développe peu. Dans cette première phase, la croissance du fruit est principalement due à des divisions cellulaires intenses. Puis, pendant la deuxième phase, la croissance du fruit continue principalement par expansion cellulaire jusqu'à ce que le fruit atteigne sa taille finale au stade vert mature Cette phase est très importante car les cellules en expansion exercent alors une grande force de puits pour le transport des assimilats (sucres, acides aminés,) [58]. La durée de chacune de ces phases affecte la taille finale du fruit.

Au stade vert mature, le fruit a atteint sa taille finale. C'est le début de la troisième phase : la maturation. Cette phase permet d'aboutir à un fruit « rouge mûr ». La tomate est un fruit climactérique, c'est-à-dire qu'au début de la maturation, la respiration augmente et l'éthylène est synthétisé en grande quantité, de façon

transitoire, lors de la crise ou pic climactérique [59], [60]. Cette maturation s'accompagne de nombreux changements physiologiques et biochimiques tels que la composition du fruit en sucres, acides organiques, caroténoïdes, chlorophylles, une dégradation des parois cellulaires, ainsi que la synthèse de composés volatiles [61], conférant au fruit ses propriétés organoleptiques (couleur, texture, goût...) qui le rendent attractif. En revanche, d'un point de vue agronomique, ce fruit de tomate devient plus fragile vis-à-vis des agressions extérieures.

A partir du stade vert mature ou mature green (MG), le murissement de la tomate est défini par l'USDA, selon cinq stades qui en anglais sont : le stade Breaker (Br), Turning (T), Orange (Or), Light Red (LR) et enfin Red Ripe (RR) [62], [28]. Les modifications majeures de ce mûrissement sont les suivantes [18] :

- Couleur : les chloroplastes sont transformés en chromoplastes, avec dégradation simultanée de la chlorophylle et synthèse de caroténoïdes, en particulier le lycopène.
- Goût : l'acidité du fruit diminue suite à la dégradation de l'acide malique et de l'acide citrique. Les teneurs en sucres (hexoses) augmentent sous l'effet de la dégradation des réserves d'amidon. Ils sont importés puis stockés dans la vacuole.
- Arômes : de nombreux composés aromatiques (esters, aldéhydes) sont synthétisés.
- Texture : le fruit perd de sa fermeté suite à la dégradation de certains constituants des parois cellulaires (hémicellulose, cellulose, pectines) ce qui induit une diminution de sa résistance aux agents pathogènes.

2.3. Composition biochimique du fruit

Biochimiquement, la composition de la tomate fraîche dépend de plusieurs facteurs qui sont : la variété, l'état de maturation, la lumière, la température, la saison, le sol, l'irrigation et les pratiques culturales [63].

Le constituant majeur de la tomate est l'eau (90 à 95%). Les 5 à 10% restant correspondent à la matière sèche qui est déterminante dans l'élaboration de la qualité organoleptique et nutritionnelle du fruit (Fig.2.4). Les sucres solubles sont avec les acides organiques les composés majeurs présents dans le fruit à maturité.

Ils représentent 50% du poids sec et 75% des composés hydrosolubles [64]. Ainsi, chez la tomate, la matière sèche est de moitié constituée de fructose (25% du poids sec total) et de glucose (22% du poids sec total), de 13% d'acides organiques (acide malique et acide citrique) fortement impliqués dans la qualité gustative de la tomate, et d'environ 20% de composés pariétaux (pectine, hémicellulose) déterminant le goût et la texture du fruit. Les minéraux représentent 8% de la matière sèche, les acides aminés essentiels 2 % de la matière sèche totale tout comme les caroténoïdes et autres métabolites secondaires. La tomate est également une source de fibres (2g /100g), soit le quart des apports nutritionnels conseillés [64].

Aussi, il y a lieu de noter la présence de constituants mineurs qui sont les oligoéléments (fer, zinc, cuivre, cobalt, bore, nickel, iode) ainsi que des vitamines et des sels minéraux à des concentrations peu élevées. Les deux derniers micronutriments ne représentent respectivement que 1,5% et 8% du poids sec total [64]. Le potassium, les nitrates et le phosphore sont les principaux éléments minéraux du fruit, ils constituent environ 93% des composés inorganiques. Des carences de la plante en potassium et calcium provoquent l'apparition de défauts sur le fruit mûr.

Les principales vitamines chez la tomate sont les vitamines C (acide ascorbique), A (β -carotène) et dans de moindres proportions E (tocophérols) ainsi que d'autres caroténoïdes majeurs de la tomate comme le lycopène [65]. La quantité totale de caroténoïdes varie entre 70 et 190 μ g par gramme de matière fraîche [66], dont 90% de lycopène et 15% de β -carotène. Les composés phénoliques, minoritaires dans le fruit de tomate sont présents dans des proportions allant de 10 à 40 μ g par gramme de matière fraîche [64] dont les principaux sont (l'acide férulique, l'acide caféique et l'acide coumarique). Les flavonoïdes, comme la rutine [67], et enfin les glycoalcaloïdes dont les plus connus l' α -tomatine [68]. On les retrouve dans tous les tissus verts et leur concentration diminue fortement dans les fruits rouges [67].

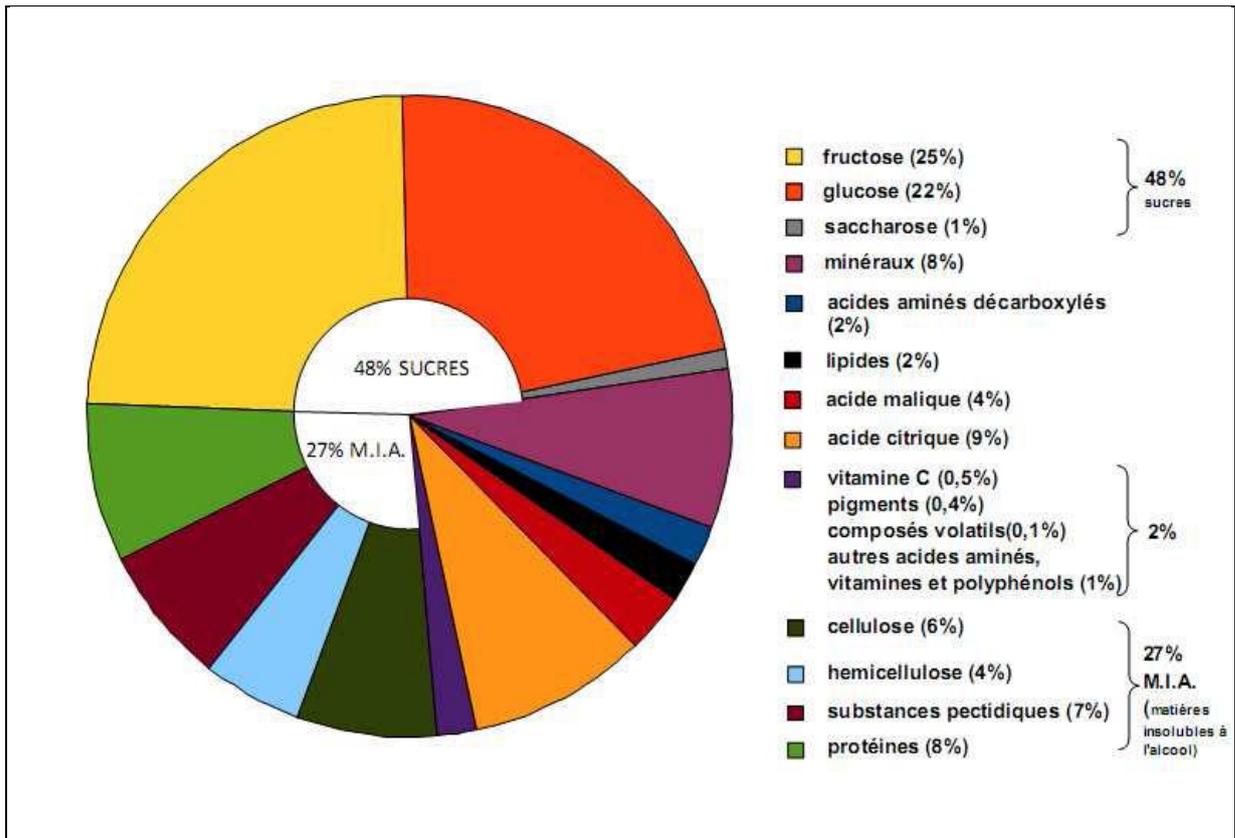


Fig.2.4 : Composition de la matière sèche chez la tomate mûre [64]. Les pourcentages sont calculés en masse.

2.4. Importance médicinale

L'ensemble des études épidémiologiques dans divers régions du globe, montre indéniablement que la consommation d'une grande quantité de fruits et légumes réduit les risques de plusieurs maladies humaines [69], [70], [71], [72]. Ils entraînent une augmentation significative de la concentration plasmique en antioxydants, notamment en vitamine C et divers caroténoïdes comme l' α et le β carotène, la lutéine et le lycopène. [73], [74]. Ces molécules anti-oxydantes ont pour rôle d'empêcher les ERO (espèces réactives d'oxygène) d'atteindre leurs cibles biologiques en captant les radicaux libres [75]. Ainsi, plusieurs études associent la consommation de tomates et de ses produits dérivés à une réduction des risques de contracter des cancers et des maladies cardiovasculaires. Selon [76], la forte consommation de tomates diminue efficacement ces risques par l'amélioration de la capacité antioxydante du corps. En effet, ces fruits sont riches en substances potentiellement actives, comme les vitamines, les micronutriments, les fibres, les

minéraux [77] et notamment le potassium qui est un micronutriment essentiel à l'Homme pouvant réduire les risques d'hypertension. [33].

Le lycopène est le caroténoïde prédominant dans la tomate avec un taux de 95% [76] et se concentre dans la peau et le péricarpe [77], [78]. A pleine maturité, il représente 80 à 90 % des caroténoïdes totaux [79] dans le fruit. Principal pigment responsable de la couleur rouge caractéristique de la tomate mûre et de ses produits [78], il a suscité beaucoup d'attention ces dernières années en raison de son effet bénéfique dans la prévention de certaines pathologies [80]. En effet, le lycopène est l'anti-radicaux libres le plus efficace, particulièrement contre les espèces radicalaires oxygénées [81], [82]. Sa présence dans le corps humain est de 50% sous sa forme *cis* et il exerce son activité d'anti-oxydant qui est 10 fois plus élevée que celle de la vitamine E [83]. Des études ont montré que le lycopène pourrait prévenir contre certaines maladies chroniques telles que le cancer de la prostate, le cancer du sang (leucémie), celui du tube digestif, du col de l'utérus, l'infarctus du myocarde, de l'œsophage et de la bouche et les accidents cérébraux [84], [39], [69], [85]. Il possède des propriétés anti-oxydantes et anti-inflammatoires avérées et pourrait limiter la survenue des pathologies associées à l'obésité et bien d'autres maladies comme l'ostéoporose ou le diabète de type 2 et les problèmes de fertilité masculines [39], [33].

La vitamine C est très particulière car elle a une propriété spécifique, celle de la réparation possible de deux autres anti-oxydants, le glutathion et l' α -tocophérol [75]. Le rôle d'antioxydant de la vitamine C est partagé par d'autres métabolites présents dans la tomate comme les caroténoïdes, et dans une moindre mesure la vitamine E, les flavonoïdes et les composés phénoliques [79]. Ainsi, la vitamine E (α -tocophérol), intervient dans la protection du corps contre plusieurs maladies [86]. En effet, cette vitamine de l'anti-stérilité, exclusivement présente dans les graines de tomate [87], est indispensable pour le système immunitaire, musculaire et nerveux. Grâce à ses grandes propriétés d'anti-oxydant, elle intervient également dans la protection des acides gras non saturés. Elle protège contre le cancer de la prostate et celui du tractus intestinal [88]. Les flavonoïdes interviennent dans la protection du fruit contre les stress biotiques et abiotiques [89] les composés phénoliques ralentissent le

vieillesse des cellules et protègent contre les peroxydations lipidiques. Enfin, les alcaloïdes, dont la teneur diminue dans le fruit rouge (5mg/ kg de MF, par rapport au fruit vert (500mg/kg de MF), sont également impliqués dans la valeur santé du fruit de tomate, puisque la tomatine par exemple, diminue les taux de triglycérides et de cholestérol dans le sang [68]. Ces composés sont eux aussi très étudiés dans le cadre de la prévention et du traitement de maladies chroniques, et sont utilisés comme additifs dans les industries agroalimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques.

CHAPITRE 3

QUALITÉ DU FRUIT DE TOMATE

3.1. Généralités et définition de la qualité

L'amélioration de la qualité des produits végétaux est depuis longtemps un des objectifs des sélectionneurs. Toutefois, liée aux préférences des consommateurs, la qualité chez la tomate est selon [90], un critère multi-composite, en constante évolution et de plus en plus préoccupant pour de multiples raisons :

- ✓ La sensibilité accrue des consommateurs vis à vis de la qualité.
- ✓ Une certaine banalisation du produit désormais disponible toute l'année qui rend les consommateurs de plus en plus exigeants.
- ✓ La conséquence d'une concurrence toujours plus grande entre zones de production, qui exacerbe la nécessité pour les producteurs de présenter des produits apparemment irréprochables [91].

Les termes relatifs à la qualité ont été définis dans la norme internationale. "La qualité est l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites" [92].

La qualité d'une production végétale est une notion complexe et sa définition sera perçue différemment selon que l'on se place dans la situation du producteur, du transformateur (production industrielle), du distributeur (grossiste) ou du consommateur. Pour le producteur les critères importants sont le rendement, la résistance aux maladies, et les capacités d'adaptation aux contraintes pédo-climatiques [93]. Pour l'industriel, ce sont les capacités à la transformation mais aussi les composantes physico-chimiques du produit qui détermineront la qualité finale du produit transformé. Le distributeur s'intéresse plus à la durée de vie du produit, l'homogénéité des lots et les caractéristiques visuelles, et à sa bonne tenue lors de la conservation et du transport [94]. Enfin pour le consommateur qui est le dernier maillon de la chaîne de distribution, la qualité du fruit est l'association de plusieurs paramètres : son aspect (couleur), sa texture (fermeté), son goût (saveur, arôme) et, depuis peu, sa valeur-santé [93].

Les exigences en termes de qualité des produits alimentaires se sont considérablement multipliées ces dernières années. Elles ne concernent pas seulement les aspects relatifs à la « qualité sanitaire » d'un produit mais aussi son mode de production ou les services qui y sont attachés (ex. : information sur le produit) [95].

- A titre d'exemple, on peut citer comme éléments de la qualité les points suivants :



Enfin, la « qualité » est un concept que l'on peut schématiser par 3 cercles (cercles d'EULER) [95], représentant :

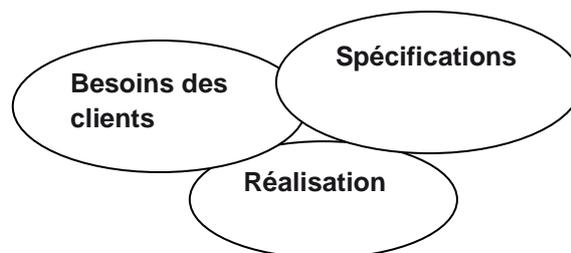


Fig.3.5 : Schéma du concept de la qualité [95]

1. Les besoins des clients : ils sont variables et jamais totalement exprimés ;
2. Les spécifications : internes (elles ne sont jamais parfaitement définies) ou externes (mieux définies, comme par exemple les normes réglementaires) ;
3. La réalisation : la réalisation comporte très souvent des écarts de la production par rapport aux spécifications attendues (en particulier pour des produits agricoles : aléas climatiques, matériel, main- d'œuvre saisonnière,...).

3.2. Différents aspects de la qualité

La qualité présente deux aspects principaux :

- La qualité alimentaire et la qualité d'usage et de service.

3.2.1. Qualité alimentaire

Elle est subdivisée en trois paramètres, à savoir :

- Qualité nutritionnelle

La nutrition étant un déterminant majeur de l'état de santé de la population, des programmes « Nutrition-Santé », sont selon [33], conduits dans certains pays comme la France et le Canada afin de lutter contre des pathologies qui deviennent de plus en plus menaçantes depuis plusieurs années. Le premier objectif nutritionnel de ces programmes consiste à « augmenter la consommation de fruits et légumes ». Trois arguments sous-tendent les bénéfices des fruits et légumes pour la santé :

- 1) une contribution aux apports en micronutriments nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme [96], [97] ;
- 2) un effet protecteur contre les grandes pathologies chroniques que sont les maladies cardiovasculaires, neuro-dégénératives et métaboliques et les cancers [96] ;
- 3) un faible contenu énergétique pour lutter contre l'obésité. En effet, les fruits et légumes sont riches en vitamines, minéraux, en fibres et en antioxydants mais en revanche, ils sont plutôt pauvres en calories [98], [99].

Dans le cadre de cette politique de Santé, la tomate possède un rôle important étant données sa consommation et ses propriétés physico-chimiques. En effet, elle constitue un aliment diététique de choix dans les régimes alimentaires des fruits et légumes frais [97]. C'est d'abord, une excellente source de beaucoup de nutriments et de métabolites secondaires importants pour la santé humaine : folate, potassium, vitamine C et E, flavonoïdes, polyphénols, chlorophylle, β carotène et surtout le lycopène [10], l'antioxydant le plus actif des caroténoïdes alimentaires. En outre, elle est très peu calorique puisque pauvre en lipides, exempte en cholestérol et riche en eau (94%) de sa matière fraîche.

L'agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA) recommande un apport journalier de vitamine C de 110 mg pour un adulte de 20 à 60 ans.

Tableau 3.5 : Valeur nutritionnelle de la tomate (pour 100g)

Composés	Crue*	Pelée en consERVE*	AJR**
Calories	16,4 kcal	16,2 kcal	
Protéines	0,8 g	0,92 g	
Glucides	1,72 g	1,93 g	
Lipides	0,26 g	<0,2 g	
Fibres	1,41 g	1,27 g	
Sodium	3,29 mg	203 mg	
Potassium	251 mg	240 mg	2 000 mg
Béta-Carotène	840 µg	207 µg	4 800 µg
Vitamine C	14,3 mg	12 mg	80 mg
Vitamine B9	20,5 µg	11 µg	200 µg
Lycopène***	2 573 µg	4 088 µg	
Lutéine + Zéaxanthine***	123 µg	126 µg	

[100]

**AJR: Apports Journaliers Recommandés

***USDA: United States Department of Agriculture.

- Qualité organoleptique

La qualité organoleptique d'un aliment est constituée par l'ensemble des caractéristiques qui lui sont inhérentes et capables d'éveiller les sens du consommateur. Au moment de l'achat, c'est la vue et le toucher qui sont sollicités pour apprécier les qualités du fruit. L'absence de défauts, la couleur, la forme et la fermeté du fruit. Puis, c'est au moment de la consommation qu'interviennent l'odorat et le goût, déterminant ainsi la qualité gustative du fruit, dont les composantes sont : les arômes et les saveurs, réunis sous le terme de « flaveur », et la texture en bouche.

- La flaveur (saveur et arômes) du fruit se caractérise majoritairement par des composantes chimiques associées à la teneur en sucres et en acides [12].
- La saveur est relative aux teneurs en sucre et acide [39]. La perception sucrée provient majoritairement du fructose qui possède un pouvoir sucrant supérieur au glucose (le saccharose étant présent en faible quantité à

maturité). La perception acide provient majoritairement de l'acide citrique [101].

- L'arôme du fruit de tomate est lié à la présence de plus de 400 composés volatils [102], qui, d'une variété à l'autre, vont différer de par leurs concentrations et leurs interactions [103]. Pourtant, seul un petit nombre de ces composés va se révéler indispensable pour constituer l'arôme caractéristique de la tomate [102].
- La texture en bouche, de nombreux attributs sont utilisés pour la décrire : le croquant, la farinosité, la fermeté, le fondant, la jutosité ou la peau persistante [104], [105].

Ces sensations sont la conséquence de nombreux mécanismes biochimiques et physiologiques relatifs aux propriétés structurales et biophysiques des tissus du fruit. On peut noter comme exemple, la pression osmotique des cellules, l'adhésion cellulaire, ou les caractéristiques de modification des parois cellulaires [104].

Globalement, on peut définir la qualité organoleptique comme l'ensemble des critères reliés à l'apparence, la flaveur et la texture du produit.

- Qualité sanitaire (hygiénique)

Le respect de l'hygiène est une condition critique en ce qui concerne la conformité des fruits et légumes comme la tomate. La réglementation européenne définit l'hygiène comme étant : « Les mesures et conditions nécessaires pour maîtriser les dangers et garantir le caractère propre à la consommation humaine d'une denrée alimentaire compte tenu de l'utilisation prévue » [95].

La qualité sanitaire implique l'absence d'éléments étrangers toxiques dans les produits alimentaires (crus ou transformés) pouvant présenter des risques sérieux pour le consommateur [106]. Ils peuvent être de différentes origines [95]:

- Chimique (résidus de pesticides, concentrations excessives en nitrate, ou métaux lourds) ;
- Biologique (virus alimentaires, bactéries, moisissures ou champignons pathogènes) ;
- Physique (les morceaux de verre, pierres, plastiques et métaux...)

Selon [107], l'hygiène des aliments a deux composantes :

- ✓ la sécurité des aliments (*food safety*) : elle garantit l'innocuité des aliments, l'absence d'effet néfaste pour la santé du consommateur quand ils sont préparés et/ou consommés conformément à l'usage auquel ils sont destinés ;
- ✓ la salubrité des aliments : elle concerne les caractéristiques intrinsèques du produit (du fruit), à savoir le goût, l'odeur, la texture, la présentation qui peuvent changer avec la présence de microbes de dégradation (bactéries, levures et moisissures). C'est l'assurance que les aliments sont « acceptables » pour la consommation humaine

Il s'agit d'assurer la sécurité et la salubrité des aliments à toutes les étapes de la chaîne alimentaire. Par conséquent, il revient à chaque acteur de la chaîne de production et de distribution de produits alimentaires de prendre toutes les dispositions nécessaires pour que les denrées mises sur le marché ne présentent aucun risque pour la santé des consommateurs.

Une grande part des dangers imputables aux aliments trouvent leur origine dans le manque de respect des règles d'hygiène sur les lieux de production, au champ comme en station de conditionnement, ou durant le stockage, ou pendant le transport des produits.

Il convient de distinguer « l'hygiène des aliments » du concept diététique « d'hygiène alimentaire » qui désigne le choix raisonné des aliments qui entrent dans la ration journalière : on parle alors de problèmes de nutrition, ou de diététique, qui renvoient à la santé des consommateurs et aux modes d'alimentation. Il faut toutefois garder à l'esprit que le mode d'alimentation est malgré tout lié aux problèmes de « sécurité alimentaire ». En effet, l'exposition (aux contaminants) est liée à la consommation (nature, quantités, fréquence) [85].

3.2.2. Qualité d'usage et de service

La définition de la qualité parle de satisfaire tous les utilisateurs : les industriels, les distributeurs, (magasins et grandes surfaces) et les consommateurs, attendent tous des caractéristiques précises des produits.

La qualité d'usage et de service peut être subdivisée en trois paramètres :

- Aptitude à la transformation : la tomate doit répondre à des qualités technologiques pour sa transformation tels que : la couleur et le taux de Brix. Si la couleur de la tomate est jugée inacceptable, les deux autres facteurs majeurs de qualité (flaveur et texture), seront également mal évalués [108]. Les tomates mûres sont très recherchées dans l'industrie de transformation car elles ont de meilleures flaveurs et de bonnes couleurs [109].
- Aptitude à la conservation : les tomates recherchées sont les plus fermes puisque ces variétés se conservent plus longtemps [110].
- Commodité d'emploi : les produits faciles à utiliser sont les plus recherchés : ouverture / fermeture boîtes ou des bocaux, préparation simple et stockage. (ex.: emballages sophistiqués, plats tout-prêts) [106].

Le prix est un facteur de choix déterminant pour certaines personnes (petits revenus), mais donne aussi une image de la qualité. Les consommateurs se réfèrent souvent aux produits à la fois abordables et disponibles sur le marché et surtout au rapport qualité / prix. En somme, un aliment sain, complet et délicieux ne sera pas vendu s'il est trop cher, introuvable, difficile à préparer et impossible à conserver.

Enfin, pour les produits alimentaires d'origine agricole, ayant subi une transformation industrielle, la qualité peut être souvent définie par la "règle des 4S": Sécurité, Satisfaction, Santé, Service. [91].

3.3. Facteurs de détermination de la qualité

La qualité du fruit de tomate s'élabore continuellement pendant son développement. Toutefois, sa composition finale dépend de nombreux facteurs pouvant moduler les teneurs en phytonutriments (antioxydants) du fruit : génotype du cultivar (la variété), l'environnement, mode de culture, techniques culturales, récolte, conditions de stockage et de distribution ainsi que les techniques de transformation pour la tomate industrielle vouée à transformation.

Ces multiples sources de variation de la qualité, ont fait l'objet de plusieurs recherches [22], [67].

3.3.1. Variations génétiques

Plusieurs études ont constaté l'effet de la variation génétique sur la teneur en vitamine C des tomates. Les variétés anciennes contiennent plus de vitamine C que les variétés modernes [111]. Selon [112], les variétés modernes de tomate contiennent entre 10 et 20 mg de vitamine C pour 100 g de fruit et certaines variétés ancestrales en contiennent jusqu'à 120 mg. La quantité en carotènes et leur activité antioxydante est influencée par la variété et la maturité [113]. Les auteurs [114], rapportent que les taux des solides solubles (Brix et d'acidité titrable) changent en fonction de la variété. Ainsi, les tomates sauvages peuvent atteindre des taux de 11% à 15% alors les tomates industrielles exhibent des valeurs modestes comprises entre 4.5% et 6.25%. En ce qui concerne le poids du fruit de tomate, selon [90] toutes les espèces sauvages possèdent des fruits de 10 à 15 mm de diamètre alors que des fruits de plus gros calibre (diamètre supérieur à 3 cm) sont retrouvés uniquement chez les espèces cultivées. Quant aux différentes formes de fruits de tomates, selon le même auteur, elles sont dues à un QTL impliqué dans la variation morphologique car l'augmentation du nombre de loges tend à aplatir les fruits.

D'autres auteurs ont montré l'influence des génotypes [115], des niveaux de maturité des fruits [116], ainsi que des pratiques culturales sur le contenu des composés phénoliques des tomates. Les travaux de [117] et [118], ont observé qu'en plus du contrôle génétique, qui est le principal facteur dans la détermination de l'accumulation des composés phénoliques des aliments d'origine végétale, d'autres facteurs externes peuvent également avoir un effet significatif.

3.3.2. Variations environnementales

Certains paramètres comme l'irradiation ou la température influencent la teneur en ascorbate de la tomate lors du mûrissement [119]. [62] constatent que l'augmentation des taux de sucre dans les fruits dépend de l'irradiation. De même, les auteurs [120], [121], [122] affirment que dans les tomates cerise, l'augmentation des composés phénoliques est attribuée aux fortes radiations solaires reçues par les fruits. La température subie par la plante est un facteur primordial pour la qualité des fruits. Une faible température peut entraîner des défauts de coloration, une augmentation de l'acidité titrable et une teneur diminuée en vitamine C, cité par [123]. Des températures élevées peuvent raccourcir la durée de croissance du fruit

et, de ce fait, diminuer son poids car ce paramètre est déterminé par les divisions cellulaires et la durée des expansions cellulaires [124]. Les hautes températures limitent également la synthèse du lycopène. D'autres études [125], [126], ont démontré que les tomates cultivées à des températures avoisinantes de 35°C, développent un mécanisme de défense contre le stress, lequel consiste en une accumulation de composés phénoliques.

3.3.3. Variations agronomiques

L'étude de l'influence des pratiques culturales sur la qualité du fruit démontre clairement que la concentration en vitamine C dans le fruit peut aussi varier de façon importante selon la salinité de l'eau d'irrigation, le chauffage des serres, le mode de production biologique ou conventionnelle [127], [128]. Par ailleurs [39], précisent que des conditions de léger stress hydrique liées à une faible hygrométrie de l'air ou une concentration élevée en sels minéraux dans l'environnement racinaire sont plutôt favorables à l'augmentation de la teneur en sucre et de l'acidité totale dans le fruit. [129] ont montré qu'une augmentation de la conductivité électrique de la solution nutritive améliore la saveur des fruits avec une perception en bouche plus marquée. De même, dans certaines régions côtières méditerranéennes, les tomates arrosées avec des eaux saumâtres ont une meilleure qualité organoleptique. Un effeuillage excessif peut entraîner une chute de la concentration en sucres des fruits [64]. La position du fruit sur le bouquet est primordiale pour son poids, un fruit en position terminale étant constitué d'un nombre de cellules moins important qu'un fruit en position initiale sur le même bouquet [58].

Une comparaison de fruits provenant de trois modes de culture distincts a été effectuée : pleine terre, hydroponique et biologique pour leur composition nutritionnelle et leur qualité sensorielle. La saveur et la texture des fruits ne présentaient pas de différence significative. Par contre les aspects externes et internes des fruits issus de la culture traditionnelle étaient mieux perçus et la teneur en vitamine C des fruits récoltés en culture biologique était significativement inférieure [130].

Une autre étude a révélé une plus grande teneur en sucres réducteurs et une acidité totale plus faible des fruits issus de culture hors sol comparés à ceux obtenus par culture en pleine terre [131].

3.3.4. Stade de maturation et récolte

Il a été prouvé que le stade de récolte était un facteur déterminant pour la teneur en acides [132], en sucres et en composés aromatiques. Il a également été montré que le stade de récolte était primordial pour obtenir une bonne coloration finale des fruits grâce à l'augmentation de la teneur en pigments durant la maturation [133].

Il a été aussi conclu suite à une expérimentation menée sur trois cultivars dont les fruits ont été récoltés à deux stades différents (stades de coloration 3-4 ou 6-7) et qui ont subi des températures de conservation de 4°C ou de 12°C durant 6 jours puis un séjour à 18°C pour leur permettre d'atteindre le stade de consommation, que le facteur "température de conservation" est plus important que le stade de récolte. Ainsi les modalités conservées à 4°C sont moins juteuses et moins fondantes et montrent moins d'arôme et d'odeur. Par contre les lots conservés à 12°C sont perçus de manière voisine par rapport aux témoins récoltés la veille de la dégustation [99]. Le moment de récolte et l'étape de maturité sont très importants dans l'industrie de transformation de la tomate [134].

3.3.5. Conditions de conservation / transformation

Les conditions de conservation sont primordiales pour le bon maintien du potentiel de qualité. Ainsi les fruits de trois génotypes ont été récoltés à leur optimum de qualité (stade 9-10 de coloration) et conservés à 4°C pendant 6 ou 12 jours. Le lot témoin pour chaque cultivar étudié était récolté au stade 11 la veille de la dégustation. Pour tous les génotypes, le lot témoin se distinguait par des niveaux d'arôme et d'odeur plus élevés et une perception plus sucrée et moins acide. Cet essai a confirmé des défauts souvent cités par les consommateurs tels que des textures fermes et farineuses ou un faible niveau aromatique pour les fruits conservés au froid [99]. On savait déjà qu'un séjour prolongé au froid diminuait fortement la concentration moyenne en arômes volatils [135]. L'ascorbate étant une molécule soluble, sensible à la chaleur et à l'oxydation, de mauvaises conditions de conservation favorisent sa dégradation par oxydation [136]. Comme le stockage, certaines techniques de cuisson ou d'assaisonnement, peuvent affaiblir les concentrations en vitamine C présentes au départ chez la tomate [137], [138].

3.4. Difficultés d'évaluation de la qualité

L'amélioration de la qualité est, la plupart du temps, relativement difficile ou complexe car les critères à prendre en compte sont nombreux et souvent évolutifs. Il s'agit majoritairement de caractères à déterminisme quantitatif et à héritabilité souvent faible. De plus les mesures de qualité sont souvent indirectes et il peut donc y avoir un défaut de corrélation entre les mesures effectuées sur des constituants du produit et sa qualité finale.

Ces difficultés d'évaluation et donc d'amélioration de la qualité des produits végétaux ont entraîné l'utilisation de plus en plus généralisée dans les programmes d'amélioration de la qualité des techniques d'analyse de plus en plus performantes (chromatographie, résonance magnétique, analyses sensorielles) et l'adaptation des méthodologies de sélection avec l'utilisation de différentes stratégies comme la méthode appelée « *Advanced Back-Cross QTL Analysis* » ou AB QTL [139] ou la sélection assistée par marqueurs [140]. La tomate proposée actuellement, est donc l'aboutissement de ces travaux d'amélioration génétique, complétés par la mise au point de techniques de production appropriées pour répondre aux exigences de qualité visuelle et de conservation [141].

CHAPITRE 4

DIFFÉRENTS USAGES DE LA TOMATE

4.1. Usage alimentaire de la tomate

La tomate maraîchère tient une place importante dans l'alimentation humaine. C'est aujourd'hui le légume-fruit le plus consommé au monde [33]. Apprécié pour ses qualités organoleptiques et nutritionnelles, il est présent dans tous les plats cuisinés, à l'état cru, cuit ou transformé [122], [33].

Crue, la tomate peut se manger nature (fraîche) à la croque au sel, ou en mélange avec d'autres ingrédients ou en jus [90].

Cuite, la tomate est l'ingrédient de nombreuses préparations culinaires : tomate sautée ou farcie, Pizza, Gaspacho , Ketchup, pâte, purée, poudre, sauces, confitures et conserves de tomates [142], [90].

La tomate industrielle fait l'objet d'une importante industrie de transformation. Souvent en mélange avec d'autres ingrédients, elle fournit au consommateur de nombreux produits transformés en conserves ou surgelés, sous forme de purée, de concentré de tomate (simple ou double et même triple concentré), de condiment (tomates séchées, ou pelées en boîte), de sauces (sauce tomate, sauces aigres-douces, coulis de tomate, ketchup), boisson (jus de tomate) et plats préparés comme la soupe en poudre [142], [90].

En Algérie, les unités de transformation de tomates dans notre pays dominent l'activité de transformation de fruits et légumes [59]. Dans les usines de productions algériennes telle que « SIM » par exemple, le processus de transformation des tomates en produits finis passe par de multiples opérations mécanisées et contrôlées (Tableau 4.6) pour aboutir à divers produits de consommation conservés dans des boîtes : tomates concentrées, sauces, purées, jus, ketchup, poudre de tomate et confitures [143].

4.2. Nomenclature des produits de la tomate transformée

Dans les industries alimentaires, selon [144], différents produits à base de tomates y sont préparés :

- La pulpe de tomate : il s'agit de tomates écrasées avant ou après élimination des peaux et des graines.
- Le jus de tomates : c'est le jus provenant des tomates entières écrasées dans lesquelles la peau et les graines ont été éliminées et qui a été soumis à une fine désagrégation et qui est donné à la consommation sans dilution ou concentration.
- Le sérum de tomate : c'est le jus de tomate qui a été filtré ou centrifugé pour éliminer complètement les particules solides en suspension.
- Les pâtes de tomates : c'est le produit résultant de la concentration de la pulpe de tomates après l'élimination des peaux et les graines, et contenant 24% ou plus de substances solubles totales. Les pâtes de tomates sont commercialisées dans des petits emballages et vendues comme condiments et peuvent aussi être décrites comme purée de tomates.
- La purée de tomates : c'est le terme appliqué aux pâtes de tomates de faible concentration comprises entre 8 et 24% de substances solubles. Aux USA, la purée de tomates peut aussi être appelée « pulpe de tomate ou concentré de jus de tomates ».
- Le sirop d tomate : il correspond au sérum de tomate qui a été concentré.
- Les sauces de tomates :
 - Le ketchup : il est présenté comme une sauce tomate fabriquée aux USA et en grande Bretagne à partir de purée de tomate à laquelle on ajoute le vinaigre, le sucre, le sel, l'oignon, ail, et le poivre.
 - La sauce chili : la préparation de cette sauce est identique au ketchup, sauf que les tomates sont utilisées entières et pelées. Il existe d'autres sauces de tomate telles que Sauce tomate au basilic, Sauce Pizza et Coulis de tomates.

Tableau 4.6 : Processus de transformation de la tomate industrielle

Caractéristiques du produit	Fabrication des sauces et concentrés de tomates	Equipement	Instruments de mesure
<p>Tomate matière saine pH : 3,8 – 4,6</p> <p>eau potable</p> <p>produit trituré homogène</p> <p>Température à 80°C</p> <p>1^{er} tamis Ø1,2 mm 2^{ème} tamis Ø0,6 mm</p> <p>Concentration à 11%</p> <p>Concentrateur à 22%</p> <p>Concentrateur à 28% pH : 3,8 - 4,2 T° 1^{er} effet 72°C T° 2^{ème} effet 48°C T° 94°C T°92°Cm - 96°Cm</p> <p><u>Boîtes</u> Désignation /contenance (cm³) / quantité du produit 22% - 28% 40Z : 135 cm³ / 170g -180g 1/2 : 425 cm³ / 430- 440 1/1 : 850 cm³ / 860 -880 2/1 : 1.700 cm³ / 1700- 1750 5/1 : 4.250 cm³ / 4500- 4600</p> <p>Passage vapeur 10 à 15mn Refroidissement 35°C</p>	<pre> graph TD A[Réception tomate et pesée] --> B[Lavage] B --> C[Triage] C --> D[Broyage] D --> E[Préchauffage] E --> F[Extraction du jus] F --> G[purée de tomates mi-réduite] G --> H["+ différents ingrédients : sauces piquante, sauces aux olives, sauces à pizza purée de tomates, Ketchup"] G --> I[simple concentré de tomate] I --> J[Double concentré de tomate] J --> K[Pasteurisation] K --> L[Remplissage /conditionnement] L --> M[Stérilisation /Refroidissement] M --> N[Séchage et mise en carton] </pre>	<p>Quais (caisses P3) Pont bascule</p> <p>Bassin de lavage</p> <p>Tapis de triage manuel</p> <p>Broyeur</p> <p>Préchauffeur</p> <p>Passoire raffineuse (2 étages)</p> <p>Concentrateur 2 effets ou 3 effets</p> <p>Pasteurisateur tubulaire</p> <p>Sertisseuse, remplisseuse des boîtes : 40Z-1/2- 1/1- 2/1-5/1</p> <p>Tunnel de stérilisation et refroidissement</p> <p>Séchoir (ventilation)</p>	<p>Phmètre Réfractomètre</p> <p>Thermomètre</p> <p>Thermomètre Phmètre Réfractomètre</p> <p>Thermomètre</p> <p>Balance</p> <p>Thermomètre</p>

4.3. Principales industries de transformation de la tomate en Algérie

Les industries de transformation de la tomate sont implantées dans toutes les régions du pays (tableau 4.6). Les principales zones de production sont :

- Est : Annaba, El Tarf, Skikda, Jijel, Guelma.
- Centre : Boumerdes, Tipaza, Blida, Ain Defla, Chlef.
- Ouest : Relizane, Mostaganem, Sidi Bel Abbes, Ain Temouchent [51].

Tableau 4.7 : Quelques unités de transformation de la tomate industrielle en Algérie [51]

Wilayates	Non de l'unité	Capacité(T/J)	observation
EL TARAF (1)	EL BOUSTEN	2500	DCT et TCT*
	ES SAADA	1200	DCT
ANNABA (2)	SICS(SEYBOUSSE)	3000	DCT
	SOUAMAA	720	DCT
GUELMA (3)	C.A.B	1200	DCT
	CONSERVERIE DU SUD	200	A L'ARRET
JIJEL (4)	C.A.A.Z.A	780	DCT
	C.I.A.A/ IZIHAR	3000	DCT
BEJAIA (5)	FILIALE C.O.J.E.K	300	DCT
ALGER (6)	N.C.A	1200	DCT
	I.A.A.A	700	DCT
BLIDA (7)	C. DU MAGREB	700	DCT
	FILIALE J.U.C.O.B		DCT
RELIZANE (8)	TELLOISE	300	DCT
MASCARA (9)	E.N.A.J.U.C (MOHAMADIA)	300	DCT
SIDI BEL ABBES	HIMANIA	300	DCT
TOTAL	16	19080	-

DCT : Double concentré de tomate

TCT* : Triple concentré de tomate

4.4. Valorisation des sous-produits de la tomate

Dans l'industrie de la tomate, 40% du produit est jeté à l'étape d'épluchage à cause des exigences opérationnelles du système d'évaporation [145]. Malheureusement, la plupart des antioxydants importants de la tomate (lycopène, vitamine C, flavonoïdes) demeurent principalement dans la peau [146], [147], [148].

En Algérie la production annuelle des résidus de tomate est estimée à 1.305.000 tonnes /an [149]. Selon la législation européenne (directive 2006/12/EC), les résidus doivent être débarrassés sans mettre en danger la vie humaine et en évitant d'utiliser les méthodes qui peuvent nuire à l'environnement. [150].

La transformation de tomate est susceptible de générer des quantités importantes de sous produits et de déchets pouvant atteindre 30% des volumes de fruits traités [151]. Les sous produits de la tomate sont constitués de peaux, pépins, pulpes et des pédoncules parfois mélangés à quelques feuilles et écarts de triage [152]. Les graines de tomate sont les constituants majeurs des déchets de l'industrie de transformation des fruits de tomate, elles représentent 0,5% du poids du fruit et contiennent entre 18 et 30% de lipides sous forme d'huile [151].

Ces déchets sont souvent à l'origine de problèmes d'ordre technique, économique et environnemental et même écologique. L'intérêt de leur valorisation est lié à la fois à la crise mondiale de l'énergie, à la diminution des ressources en matières premières, et enfin à la législation qui devient très sévère concernant la protection de la nature et de l'environnement. Indépendamment de la production d'énergie, de compost et de semences, les biotechnologies actuelles sont capables de transformer ces déchets en bio produits très recherchés par les industries biologiques à forte valeur ajoutée, pouvant améliorer la rentabilité économique de ces conserveries. Outre la valorisation des résidus de transformation industrielle de fruits de tomate par les méthodes classiques (alimentation animale, compostage, épandage, etc.), il est possible grâce au progrès de la recherche de récupérer certains constituants nobles nutritionnellement intéressants, à l'instar des pigments caroténoïdes (lycopène, β -carotène), des protéines, des sucres, des fibres et de l'huile (75% en Algérie). Ces produits peuvent être utilisés pour des applications industrielles, alimentaires et cosmétiques [150].

L'huile de graines de tomate peut être utilisée comme ingrédient alimentaire riche en acides gras polyinsaturés (AGPI), comme ingrédient cosmétique et pharmaceutique [150], pour la production de biocarburants, les peintures ainsi que dans les industries de vernis [153]. En Algérie la production d'huile à partir des graines de tomate peut atteindre 100 tonnes par an pour un volume de transformation de 276 000 tonnes de fruits de tomates sur la base d'un rendement à l'extraction de 20% [151].

CHAPITRE 5

LES FERTILISANTS EN AGRICULTURE

5.1. Les différents types de fertilisants :

Il existe deux grands types d'engrais :

- Les engrais minéraux, qui peuvent eux-mêmes être de deux sortes :
 - soit provenant de gisements naturels (potasse, phosphate),
 - soit issus de l'industrie chimique, ce qui est de loin le plus courant [154].
- Les engrais organiques, qui sont d'origine animale (fumier, compost, corne broyée, sang séché, guano, poudre d'os, arêtes de poissons) ou végétale (algues, cendres de bois) [155].

5.2. Fertilisation de la tomate

La tomate demande une bonne fertilisation pour donner des rendements acceptables. Selon [52], pour un sol moyennement riche, la fumure conseillée est :

- Fumure organique

Au moment du labour, il est conseillé d'enfourir 30 à 40 tonnes de fumier bien décomposé à l'hectare. La tomate apprécie tout particulièrement les engrais verts.

- Fumure minérale

a- Fumure de fond (apportée lors du labour)

- 180 unités de N / ha
- 70 unités de P/ ha
- 200 à 250 unités de K / ha

b- Fumure d'entretien : se fait en 5 apports :

1er et 2ème apport: $\left\{ \begin{array}{l} 60 \text{ unités de N} \\ 50 \text{ unités de K} \end{array} \right.$

3ème au 5ème : $\left\{ \begin{array}{l} 20 \text{ unités de N} \\ 60 \text{ unités de K} \end{array} \right.$

Tableau 5.8 : Exigences de la tomate vis-à-vis des éléments minéraux

Eléments	Excès ou Carence	Symptômes sur la plante	Symptôme sur le fruit
Azote	+	Végétation excessive sensible aux maladies, mauvaise mise à fleur, apparition possible de carence en oligoélément (fer)	Retard de maturité Fruit creux
	-	Feuilles petites et dressées, couleur pâle à jaune, les feuilles âgées tombent rapidement	Petit calibre
Phosphore	+	Système racinaire fourni, carence en zinc possible ainsi qu'en fer.	Nécrose apicale favorisée « Blossom end rot ». Fruits moins remplis. Baisse d'acidité
	-	Folioles courbées vers le dessous, couleur violacée des tiges et de dessous des feuilles du bas de la plante	Défaut de coloration
Potassium	+	Décolorations possibles dues au blocage du magnésium	Goût et couleur améliorés
	-	Décolorations grisâtres puis apparition de tâches internervaires décolorées devenant nécrotiques. D'abord sur les jeunes feuilles adultes.	Défaut de coloration, tâches d'immatures et accentuation du collet jaune. Baisse de la qualité, tendance fruits mal remplis
Calcium	+	Tissus rigides	Accumulation de cristaux d'oxalate de calcium : point dorés.
	-	Feuilles petites qui s'enroulent, nécrose marginale et mortalité des apex, sensibilité aux maladies vasculaires.	Nécrose apicale = (blossom end rot)
Magnésium	+	Accentuation des risques de carence en calcium	
	-	Décoloration jaunâtre internervaire des feuilles âgées, nécrose et flétrissement des zones atteintes.	Baisse de la nouaison Chute du calibre
Oligoéléments	+	Bore, Manganèse, Zinc, et cuivre sont les plus concernés par la toxicité pour la tomate	
	-	Fer, bore, et manganèse sont les principaux éléments concernés par les carences Fer : chlorose internervaire. Bore : feuille jaune, peau du fruit craquelée. Manganèse : marbrures jaunes, nervures foncées	

5.3. Effets des engrais chimiques (engrais synthétiques)

Avec le développement de la chimie depuis le 19^e siècle, les engrais minéraux chimiques furent de plus en plus utilisés par les agriculteurs et se sont imposés dans le cadre d'une agriculture intensive en raison de leur excellente efficacité dans la mesure où ils permettent selon [157] :

- ✓ une amélioration spectaculaire des rendements agricoles pour un faible coût.
- ✓ une utilisation facile et résultats immédiats.

Cependant, l'utilisation accrue d'engrais chimiques a eu de nombreux inconvénients :

- ✓ sur la santé humaine à cause de leur toxicité.
- ✓ Ils polluent le sol et diminuent sa fertilité par l'accumulation des éléments toxiques et le lessivage.

5.4. Les biofertilisants à base d'algues marines

5.4.1. Importance des algues marines en agriculture

L'utilisation des algues marines comme engrais (fumier) est une pratique agricole très ancienne qui date du quatrième siècle [158]. Elle était répandue chez les Romains, en Bretagne, France, Espagne, Japan et en Chine [159]. Les algues marines et par conséquent leurs extraits sont aujourd'hui considérés comme une ressource naturelle prometteuse à cause de leur richesse en composés biologiques actifs [160], [161]. Leurs propriétés bénéfiques pour les humains, les animaux et les végétaux ont été reconnus dans le passé et sont de nos jours bien appréciés dans le développement des nouveaux produits biologiques, d'où l'importance de leur utilisation en agriculture comme substitut aux engrais conventionnels inorganiques [162].

5.4.2. Effets des fertilisants liquides à base d'algues marines

Les algues marines et leurs produits dérivés sont d'excellents fertilisants utilisés dans les zones côtières du globe entier [163]. Ils sont appliqués directement, ou sous forme de compost ou encore sous forme liquide [159]. La quantité élevée d'éléments minéraux, d'oligo-éléments et autres éléments traces présents dans les algues est facilement absorbée par les plantes, ce qui leur permet de réguler leur déficience en

éléments nutritifs et par conséquent, d'avoir de nombreux effets positifs sur les cultures [160], [161], [164].

✓ **Effet sur la croissance et le rendement des cultures**

De nombreux auteurs ont prouvé les avantages de l'utilisation de ces extraits d'algues marines comme des bio stimulants de la croissance des plantes [165]. Leur application aux graines, sur le sol ou en le pulvérisant sur les cultures, augmente le pourcentage de germination des graines, l'absorption des nutriments ainsi que la croissance [166] et le rendement des cultures [167]. En effet, les hormones de croissance comme les auxines, cytokinies et les micronutriments qu'elles contiennent, stimulent la croissance des plantes [168], [163]. Le bio stimulant présent dans les extraits d'algues marines augmente la croissance végétative de (10%), la chlorophylle contenue dans les feuilles de (11%), la densité des stomates de (6.5%) et la production des fruits de (27%) [161].

Selon [163], non seulement ces extraits améliorent la croissance végétative, mais ils déclenchent aussi la précocité de la floraison et de la fructification.

✓ **Effet sur la qualité et la fertilité du sol:**

L'application des extraits d'algues marines a prouvé leur effet positif sur la structure du sol. Les carbohydrates et les autres matières organiques qu'ils contiennent modifient la nature du sol et améliorent leur capacité de rétention de l'humidité [163]. Certes, la richesse des algues brunes en polysaccharides couplés à leurs propriétés hydrophiles, fait d'elles d'importants fertilisants.

✓ **Effet sur la composition biochimique des plantes :**

L'application des extraits d'algues marines sur les cultures de tomate a permis une augmentation de la concentration de pigments synthétisés, des protéines et du Brix. [169]. Le même résultat a été observé avec des applications sur d'autres cultures comme *Trigonella foenum*, [170] et *Cyamopsis tetragonoloba*) [171] avec un changement positif des paramètres biochimiques. De ce fait, ces fertilisants naturels renforcent la défense des plantes contre les maladies [172] et augmentent la tolérance à la sécheresse [173].

✓ **Effet sur la réduction du stress environnemental des cultures :**

Il a été prouvé que l'application des extraits d'algues marines sur les cultures (carottes, concombres,...), atténuait les effets des stress abiotiques (sécheresse, la salinité et fortes températures), et maladies par le biais de l'induction des enzymes de défense [172], [174].

✓ **Effet sur l'activité immunitaire des cultures :**

De nombreux auteurs ont affirmé les activités immunitaires des extraits d'algues marines. [175], ont reporté que l'éthanol et méthanol des algues marines vertes comme *Ulva reticulata* sont bien plus efficaces que ceux qui sont commercialisés et utilisés en médecine contre *Escherichia coli* et *Staphylococcus sp.* Ces auteurs ont également reporté que des espèces d'algues telles que *Ulva lactuca*, *Padina gymnospora*, *Sargassum wightii* et *Gracilaria edulis*, sont dotées d'activités antibactériennes et de mécanismes de défense contre les bactéries pathogènes des humains telles que : *Staphylococcus aureus*, *Vibrio cholerae*, *Shigella boydii*, *Shigella dysenteriae*, *Salmonella paratyphi*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Klebsiella pneumoniae*. Les travaux de [176], ont reporté que l'éthanol extrait de la macro-algue marine rouge *Gracilaria verrucosa* avait des activités anti-oxydantes.

5.4.3. Exploitation des composés d'extraits d'algues marines

Les premières utilisations des extraits d'algues marines en agriculture, furent en 1949 [162] dans le but d'augmenter les rendements des cultures. Vue leur richesse en composés biologiques actifs, d'autres domaines ont bénéficié de leurs avantages, notamment le domaine industriel.

Grâce à leurs composants biologiques actifs, les extraits d'algues marines sont largement exploités pour la fabrication de nombreux produits (pharmaceutiques, d'additifs alimentaires, de fertilisants, cosmétiques,...) (fig.5.6).

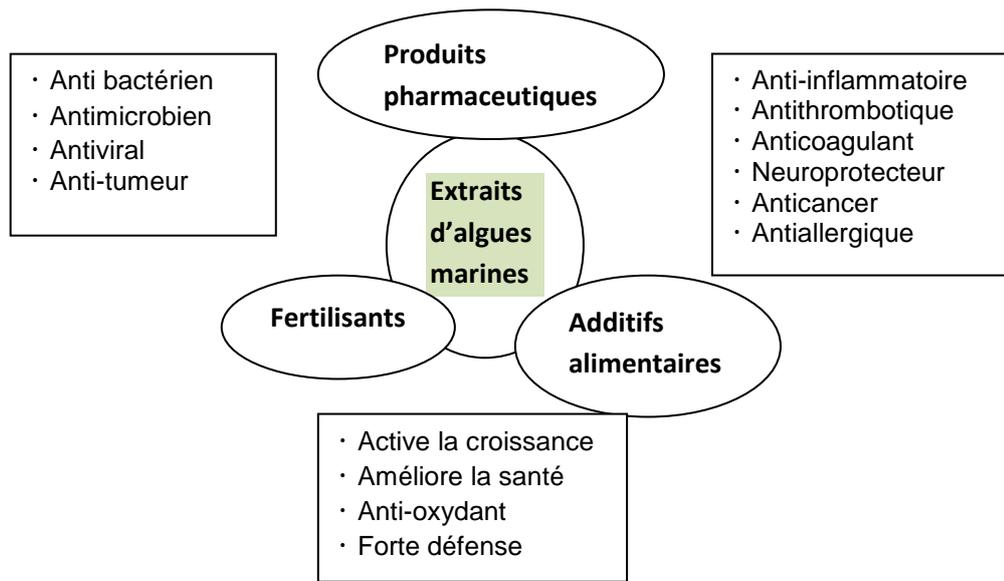


Fig.5.6 : Activités des extraits d'algues marines et leurs applications [162]

Les principaux produits d'algues marines utilisés dans les industries concernent l'agar, les alginates et carraghénanes. Les exemples actuels d'utilisation des dérivés d'algues dans le domaine de la santé sont associés à leurs propriétés d'épaississement, de gélification, d'hydratation, et d'échange cationique. Ils texturent ainsi les spécialités pharmaceutiques. Selon [163], l'agar et ses produits dérivés « agarose et l'agar bactériologique » sont utilisés dans préparations microbiologiques. Les carraghénanes servent d'excipient pour les comprimés et les capsules, également pour les préparations des dentifrices. Les alginates sont exploités pour la formation des gels des solutions aqueuses ainsi que pour d'autres produits industriels comme l'agar-agar et l'alginate de sodium qui sert la fabrication de compresses hémostatiques. Les alginates sont aussi utilisés dans les industries du textile et du papier. En outre, les extraits d'algues interviennent dans de nombreuses recettes de cuisines (gelées, confitures, salades).

L'essentiel des composants biochimiques des extraits d'algues marines et leurs effets bénéfiques est résumé dans le tableau 5.9.

Tableau 5.9 : Composants biologiques actifs des extraits d'algues marines

Substance biologique active	Effet / activité
Polysaccharides	<ul style="list-style-type: none"> - prebiotique -antimicrobien -accélération de la croissance -amélioration de la santé -antivirale -anti-tumeur -anti-inflammatoire -source de fibres -antioxydants -antithrombotique -anticoagulant
Protéines	<ul style="list-style-type: none"> -source d'acides aminés essentiels -éléments de communication intercellulaire -antiviral -antimicrobien -anti-inflammatoire -antioxydants
Acides gras polyinsaturés	<ul style="list-style-type: none"> -amélioration de la santé -activité antibiotique -activité anticryptogamique
Pigments	<ul style="list-style-type: none"> -anti-inflammatoire -antiviral -neuroprotectrice -anti-obésité -anti-angiogénique -anticancéreux
Polyphénols	<ul style="list-style-type: none"> -forte défense -antioxydants puissant -activité antimicrobienne -activité antivirale - anti-âge -anti-obésité -antiallergique -anticancéreux
Minéraux	<ul style="list-style-type: none"> -amélioration de la croissance et de la santé
Hormones de croissance	<ul style="list-style-type: none"> -stimulants de croissance -activités protectrices -contrôle de la division cellulaire -stimulants de la formation des racines -haute défense -source d'azote pour les plantes

CHAPITRE 6

BIOSÉCURITÉ SANITAIRE

6.1. Notion de biosécurité, définition

Chaque jour, en Algérie comme partout dans le monde, des gens tombent malades en raison des aliments qu'ils consomment. Ces affections sont appelées maladies d'origine alimentaire et sont provoquées par des micro-organismes dangereux et/ou des substances chimiques toxiques par défaut de sécurité sanitaire des aliments. L'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) estime que 1.800.000 personnes meurent chaque année des suites de maladies diarrhéiques, et que la plupart de ces cas peuvent être attribués à des denrées ou à de l'eau contaminées [34]. Ainsi, des ravages insupportables provoqués par une insalubrité des aliments sont la première cause de souffrances humaines et de mortalité des enfants dans les pays où l'hygiène est déficiente.

Selon [34], la biosécurité est une approche stratégique intégrée qui englobe le cadre des politiques et le cadre réglementaire (y compris les instruments et les activités) pour analyser et gérer les risques pesant sur la vie et la santé des personnes, des animaux et des plantes et les risques associés pour l'environnement. Elle englobe la sécurité sanitaire des aliments, les zoonoses, l'introduction d'organismes nuisibles et de maladies animales et végétales, la propagation d'organismes vivants modifiés (OVM) et de leurs produits (par exemple des organismes génétiquement modifiés, ou OGM) et l'introduction et la gestion des espèces exotiques envahissantes. Ainsi, la biosécurité est un concept global en rapport direct avec la viabilité à long terme de l'agriculture et divers aspects de la santé publique et de la protection de l'environnement, dont la diversité biologique [95].

La biosécurité a pour vocation première de prévenir, maîtriser et/ou gérer les risques pesant sur la vie et la santé en tant que de besoin dans chaque secteur de la biosécurité considéré. Elle est ainsi un élément essentiel du développement agricole durable et devient l'une des questions les plus urgentes à traiter dans les

pays développés, en développement ou en transition. Elle suscite donc, un intérêt croissant qui met en relief l'importance de disposer de capacités de biosécurité appropriées.

6.2. Biosécurité des pays en voie de développement

En réalité, la sécurité sanitaire des aliments reste une faible priorité dans l'élaboration des politiques nationales de certains PED car l'inquiétude de la question sanitaire est de loin dépassée par une préoccupation concernant la sécurité alimentaire et les consommateurs sont, dans leur majorité, peu sensibles aux dangers relatifs à la salubrité des aliments [177].

Une étude de l'OMS en 2002 dans la région d'Afrique, a mis en évidence d'importantes lacunes dans les législations nationales et un manque de cohérence entre les stratégies visant à assurer la sécurité sanitaire des aliments. L'étude a également montré que les réglementations en vigueur étaient souvent obsolètes et trop normatives, et qu'elles ne permettaient pas de répondre efficacement à l'ensemble des préoccupations en matière de sécurité sanitaire [178]

Le rapport Final de la Conférence régionale FAO/OMS pour l'Afrique sur la sécurité sanitaire des aliments, qui s'était tenue en octobre 2005, souligne également l'insuffisance des législations alimentaires dans de nombreux pays de l'Afrique. Les autorités chargées des normes alimentaires ne sont pas bien définies et ne participent pas activement à l'établissement de normes alimentaires nationales [179]. Néanmoins ces dernières années, certains pays ont enregistré des progrès notables en matière de sécurité sanitaire [178].

6.3. Mise en œuvre du cadre national de biosécurité

Selon [180], l'Algérie est en cours de préparation de son cadre national de biosécurité. Actuellement, elle participe au processus international qui suit le protocole par sa présence au Comité Intergouvernemental du protocole de Cartagena et elle est représentée par le Ministère des Affaires Étrangères.

L'Algérie, représentée par le Ministère de l'Agriculture, a participé à la réunion d'experts internationaux tenue à Addis-Ababa en mai 2001 et a regroupé 35 pays de l'Unité Africaine. L'objectif de cette rencontre était de finaliser la loi modèle africaine

de Biosécurité. De plus, par le biais du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, elle participe au projet de construction des capacités en biosécurité qui implique 100 pays en développement. Ce projet a été initié par le PNUE (programme des Nations Unies pour l'environnement) avec le soutien financier du Fond pour l'Environnement Mondial (FEM ou GEF).

Ce cadre national de biosécurité devra comporter selon [180], quatre éléments clés qui sont :

- ✓ Une organisation administrative sur la biosécurité
- ✓ Un système réglementaire sur la biosécurité
- ✓ Un système de procédure de prise de décision et un système de suivi des OGM diffusés dans l'environnement
- ✓ Un mécanisme de participation, de sensibilisation et de formation du public.

6.4. Management de la sécurité sanitaire

Afin de garantir sur le marché, une qualité hygiénique optimale, le secteur alimentaire a développé un système de management de la sécurité sanitaire des aliments en vue d'une certification ISO 22000 qui incombe au producteur, l'application d'un minimum de règles d'hygiène et la mise en place d'une démarche HACCP [95]. Son principe consiste à identifier et évaluer les dangers associés aux différents stades du processus de production d'une denrée alimentaire, à définir et à mettre en œuvre les moyens nécessaires à leur maîtrise [181].

Il s'agit d'un dispositif réglementaire très complet, construit en accord avec les recommandations générales internationales émises par le *Codex Alimentarius*. L'Europe a voulu se doter d'une réglementation basée sur la simplicité, la souplesse et la responsabilité de chaque acteur, à commencer par celle des producteurs eux-mêmes.

Le législateur a voulu que les règles soient appliquées avec souplesse pour les petits opérateurs (HACCP assoupli) et allégées dans le secteur de la production primaire (pas d'HACCP obligatoire, mais le respect de mesures générales d'hygiène) [95].

6.5. Obstacles de la sécurité sanitaire en Algérie

Comme dans la majorité des pays en développement, le déficit d'information, de législation et de moyens représentent un obstacle important à la mise en œuvre des mesures du protocole [178]. Pour contourner ces obstacles, des ateliers et des programmes internationaux ont été réalisés tout en permettant d'impliquer et de former un nombre plus grand d'acteurs [180].

6.6. Dangers chimiques

Les dangers chimiques figurent parmi les principales causes de maladies d'origine alimentaire, bien que les effets soient souvent difficilement associables à un élément particulier et puissent intervenir longtemps après sa consommation. En particulier, l'usage intempestif de pesticides au stade de la production et de l'entreposage des aliments, provoquant la présence de résidus dangereux, suscite depuis longtemps des inquiétudes quant à la salubrité chimique de certains aliments. De manière analogue, les métaux lourds risquent de polluer les produits alimentaires par l'intermédiaire du sol, de l'eau ou des matériaux placés à leur contact.

6.6.1. Notion et définition des résidus de pesticides

Lorsqu' on utilise un produit phytosanitaire sur les cultures au cours de leur croissance ou lors de la conservation des récoltes, il peut rester des traces du produit utilisé ou de ces métabolites sur les denrées alimentaires. C'est ce qu'on appelle résidus [182]. Donc on peut qualifier le terme de résidus comme étant la somme de la molécule mère et de tous ses métabolites issus de sa dégradation ou de sa métabolisation. L'accumulation de résidus de pesticides est en fonction de cinq facteurs [183]:

- L'espèce cultivée et l'organe récolte ;
- La dose d'utilisation du produit ;
- La fréquence des traitements ;
- Les conditions climatiques ;

Le degré du respect des conditions d'emploi en particulier le délai de carence (DAR) : temps qui sépare le dernier traitement à la récolte.

Ces résidus sont les plus souvent présents à de faibles concentrations, souvent inférieures à une partie analysée par million = 1ppm (1mg de produit analysé par kg de nourriture) [184].

Avant la mise en vente d'un produit phytosanitaire, des études toxicologiques sont réalisées pour déterminer son innocuité vis-à-vis de l'homme et de l'environnement. C'est pourquoi plusieurs paramètres sont définis. Nous citons en particulier la dose sans effet (DSE) [185], la dose journalière admissible (DJA) [186].

6.6.1.1. Dose sans effet et dose journalière admissible

La dose sans effet (DES) c'est la dose la plus élevée d'une substance qui ne provoque aucun effet toxique détectable chez les animaux soumis à des études expérimentales. La DES est généralement exprimée en mg de substance par kg de poids corporel et par jour [185].

La dose journalière admissible (DJA) c'est la quantité d'une substance pouvant être quotidiennement consommée au cours d'une vie entière sans présenter le moindre risque ou effet secondaire [186]. Elle s'exprime en milligramme (ou microgramme) de résidus par kilogramme de poids corporel [187]. Elle est déterminée en divisant la dose sans effet (DSE) de l'animal le plus sensible par 100.

6.6.1.2. Limite maximale de résidus (LMR)

La limite maximale de résidus (LMR) c'est la concentration en résidus la plus élevée légalement acceptable pour que les denrées restent commercialisables [188].

Elle est donnée par l'équation suivante :

$$LMR = (DJA \times P) / C$$

DJA : dose journalière admissible

P : poids d'un homme en kg.

C : quantité d'aliments consommée chaque jour (kg/j).

Cette LMR est exprimée en milligrammes (mg) de résidus par kilogramme (kg) de produit récolté, ou en part par million (ppm).

6.6.2. Effets des résidus de pesticides sur la santé et l'environnement

Depuis près de cinquante ans, les pesticides ont été mis en évidence dans tous les compartiments de l'environnement, dans les eaux des rivières et des nappes

phréatiques, dans l'air et dans les eaux de pluie. On les rencontre aussi dans les fruits, les légumes, les céréales et les produits d'origine animale (les œufs, le lait, la viande, le poisson, etc.). Ils existent sous leur forme initiale mais ils peuvent aussi être dégradés, on parle alors de résidus ou de métabolites [189] Ainsi, les pesticides présents dans l'environnement peuvent avoir des impacts sur la santé humaine et sur les écosystèmes [190].

L'intérêt sur la toxicité des pesticides a particulièrement augmenté au cours de ces dernières années suite aux preuves croissantes des effets cancérigènes, mutagènes et des effets de tératogènes chez des animaux expérimentaux et des humains exposés [191]. En outre, l'utilisation de ces produits chimiques présente un risque sur la santé humaine et sur l'environnement à cause de leur persistance potentielle, haute toxicité et bioaccumulation [192].

Les pesticides comprennent une large variété de produits chimiques avec des structures différentes par conséquent, ils diffèrent par leur mode d'action, d'assimilation, de biotransformation et d'élimination [193]. L'exposition aux pesticides par la consommation des fruits est presque continue en conséquence du traitement direct ou en raison de la contamination croisée ou environnementale.

Les fruits sont habituellement soumis à des traitements pré et post- récolte [194]. Des résidus chimiques laissés sur la récolte dépendent de la nature du pesticide, de l'intervalle de pré- récolte et des conditions dans lesquelles la récolte est stockée.

Les études des effets des pesticides sur la santé humaine se concentrent sur deux aspects :

- La toxicité aiguë se manifeste généralement immédiatement ou peu de temps (quelques minutes, heures ou jours) après une exposition unique ou de courte durée à un pesticide [184].
- La toxicité chronique survient normalement suite à l'absorption répétée pendant plusieurs jours, plusieurs mois et même plusieurs années, de faibles doses de pesticides qui peuvent s'accumuler dans l'organisme. Elle peut être aussi le résultat d'intoxications aiguës répétées.

L'influence des pesticides sur la santé humaine et l'environnement dépend en grande partie de la quantité appliquée annuellement dans un pays ou dans une zone, de leurs propriétés toxicologiques et écotoxicologiques et de leur persistance dans le sol et dans l'eau [184].

CHAPITRE 7

MATERIEL ET METHODES

7.1. Objectif de l'étude

Le présent travail a pour objectif d'améliorer le rendement, la qualité nutritionnelle et technologique de la tomate cultivée sous serre et ce, afin de satisfaire les besoins, le goût et la sécurité du consommateur.

L'étude a porté sur l'évaluation des effets doses / modes d'applications d'un bio fertilisant liquide à base d'extraits d'algues marines sur deux variétés de tomates (maraîchère et industrielle). L'intérêt est d'identifier la combinaison la plus performante qui répond le mieux à nos attentes, sur l'aspect quantitatif et qualitatif, afin de satisfaire les exigences du consommateur en matière de sécurité alimentaire et sanitaire.

A cet effet, pour cette étude, notre choix s'est porté sur deux variétés de tomate pour leurs caractéristiques distinctes à savoir :

La tomate maraîchère à croissance indéterminée, variété « Saint-Pierre » dont les caractéristiques sont :

- Variété fixée, demi précoce et très productive ;
- Fruits sont gros, lisses, de formes cylindriques, rouges et à chair ferme ;
- Variété tolérante à la salinité ;
- Bonne aptitude à la fructification.

et la tomate industrielle à croissance déterminée, variété « Rio-Grande » dont les caractéristiques sont :

- Variété fixée, semi-précoce.
- Fruits sont de type allongé, très fermes et charnus, couleur rouge brique
- Adaptée pour les conserves.
- Variété vigoureuse et adaptée au plein champ.

7.2. Prégermination, repiquage et transplantation :

Les semences en provenance de l'ITCMI de Staouali (Alger) ont été récoltées en 2011 et présentent une pureté spécifique de 99% et un taux de germination de 98%.

La pré germination a été réalisée dans des boîtes de Pétri contenant du papier buvard imbibé d'eau à raison de 30 graines par boîte. Ces dernières ont été placées dans l'étuve à une température de 25° C pendant 5 jours. La faculté germinative était de 98%.

Le repiquage des jeunes germes de tomates dans les alvéoles (Appendice B, fig.7.1 et 7.2) a eu lieu 5 jours après la pré germination des graines de tomates. Après 40 jours de pépinière, les plants ont été transplantés dans des pots de façon définitive (Appendice B, fig. 7.3). Ces derniers ont été arrosés avec l'eau tiède du robinet pour favoriser la reprise des jeunes plantules de manière homogène.

7.3. Conditions expérimentales

7.3.1. Lieu de l'expérience

Les essais ont été menés au niveau d'une serre expérimentale en polycarbonate d'une superficie de 382,5 m² et d'orientation Nord- Sud (fig.7.7). Les différentes analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de recherche de Biotechnologie végétale de l'Université de Blida1 ainsi qu'au niveau des laboratoires des organismes de L'ITAF(Boufarik), de Sim (Zone industrielle de Blida), de L'ITGC (Belfort- El-Harrach) et du CRFA(Italie).



Fig. 7.7 : Serre expérimentale du laboratoire de biotechnologie végétale

7.3.2. Substrat et désinfection :

Le substrat utilisé dans cette expérimentation est un mélange : (2/3) de terre (terre de la station expérimentale du département de biotechnologie) + (1/3) de la tourbe. Au fond de chaque pot, du gravier concassé de carrière 3-8 mm de diamètre a été mis pour assurer un meilleur drainage.

Avant la désinfection du substrat par la méthode de Bergerac (voie thermique), la terre a été tamisée afin d'éliminer les grosses particules terreuses.

La désinfection a pour but de détruire les organismes nuisibles aux cultures tels que (insectes, nématodes, champignons, bactéries, virus qui sont peu résistants à des températures de 80 à 90c⁰. Au- delà de ces températures le sol se trouverait stérilisé, ce qui doit être évité.

7.3.3. Analyse du substrat

Les analyses physico-chimiques du substrat (Tableau 7.10), ont été effectuées au laboratoire d'Agro-pédologie de l'institut technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne (I.T.A.F.V) deTassalat EL.Mardja (Boufarik) selon les méthodes et normes (Appendice E).

Tableau 7.10 : Composition chimique du substrat

Caractéristiques physico-chimiques	Echantillons	
	M1	M2
Potentiel hydrogène (pH)	6.33	6.66
Conductivité électrique (CE)	1.45	0.64
Calcaire total (%)	1.90	2.85
Calcaire actif (%)	-	-
Potassium échangeable (méq/100g)	1.38	1.51
Phosphore assimilable (P ₂ O ₅ ppm)	81.69	48.67
Matière organique (MO= C % *1.72)	> %	
Azote total (N ‰)	3.8	
Densité apparente (g/cm ³).	-	

Les résultats de l'analyse de chaque échantillon révèlent :

- M1 : un sol acide, salin, non calcaire, très riche en azote, riche en matière organique, riche en potassium assimilable et en phosphore assimilable.
- M2 : un sol acide, légèrement salin, non calcaire, très riche en azote, riche en matière organique, riche en potassium assimilable et en phosphore assimilable.

7.3.4. Containers

Les conteneurs utilisés sont des pots en plastique de couleur marron, ayant une capacité de 5L et présentant un orifice de drainage à leur base, permettant l'évacuation de l'eau en excès.

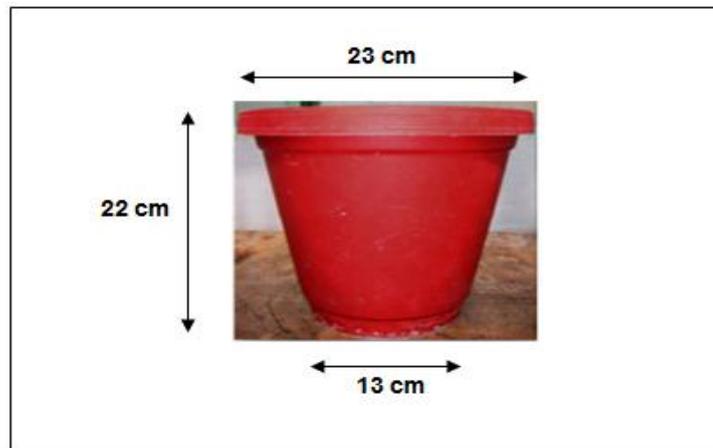


Fig. 7.8 : Présentation du conteneur utilisé

7.3.5. Le biofertilisant

Le biofertilisant « ALGASMAR » est un bioactivateur d'origine végétale à base d'algues marines et d'acides aminés provenant du gluten du maïs. Il peut être appliqué soit par voie radiculaire ou foliaire. Ce biofertilisant active la croissance et favorise les processus de floraison, de fécondation, et de grossissement des fruits. Il améliore le calibre des fruits quand il est appliqué à la fin du période de différenciation. Il avance la maturité du fruit quand il s'applique à la fin du développement de celui-ci. Il accélère le rétablissement des cultures qui supportent des situations difficiles comme les gelées, déficiences hydriques, effets phytotoxiques des pesticides, excès de récolte...).



Fig. 7.9 : Présentation du biofertilisant utilisé

Le biofertilisant « ALGASMAR », fabriqué par la société Total Agro-Espagne, est composé de :

- 10% matières végétales totales (deux espèces d'algues brunes : (*Laminaria digitata*) et (*Ascophyllum nodosum*)
- 10% acides aminés libres, enzymes et collagène
- 11.5% azote total (azote ammoniacale 0.01 % ; Azote nitrique 0.06 % ; Azote uréique 7.13 % ; Azote protéique 1.5 % ; Azote organique 1.5 % ; Azote aminique 1.3 %)
- 68,5 % d'eau distillée.

7.3.6. Températures de la serre en °C

L'évolution de la température interne de la serre a été contrôlée par un thermomètre installé au centre de la serre aux heures indiquées ci-dessous (tableau 7.11).

En se référant aux températures comprises entre 16c° et 24c°, préconisées par [20], les températures matinales moyennes enregistrées au cours de l'expérimentation, ont été désavantageuses à la croissance de la tomate. Cependant, à partir 12 heures, elles ont été plus favorables à la croissance et au développement de la culture.

Tableau 7.11 : Moyennes des températures par décade en C° de la culture.

Dates	9:00 h	12:00 h	16:00 h
(17-12-2012), (27-12-2012)	13	25	24
(27-12-2012), (06-01-2013)	9,5	21	21,5
(06-01-2013), (16-01-2013)	9	20	22
(16-01-2013), (26-01-2013)	10	17	17
(26-01-2013), (05-02-2013)	9	22	22
(05-02-2013), (15-03-2013)	8	19	20
(15-03-2013), (25-03-2013)	10	23	23
(25-03-2013), (07-04-2013)	10	20	21
(07-04-2013), (17-04-2013)	16	26	25
(17-04-2013), (27-04-2013)	17	26	25
(27-04-2013), (06-04-2013)	19	26,5	26

7.3.7. Dispositif expérimental

Le plan d'expérience réalisé est un plan en randomisation totale à deux facteurs essentiels avec cinq répétitions par variété, ce qui totalise un nombre total de 65 plants par variété donc, 130 plants au total. L'affectation des douze traitements et du témoin a été faite d'une manière aléatoire selon la table des permutations des nombres aléatoires de 01 à 20 (Appendice B, fig.7.4). Le plan d'expérience est présenté par la figure 7.10.

23	43	21	31	22	23	43	21	31	22
22	12	43	11	31	22	12	43	11	31
23	31	33	41	11	23	31	33	41	11
42	23	22	13	32	42	23	22	13	32
11	42	13	31	21	11	42	13	31	21
12	21	43	11	33	12	21	43	11	33
41	33	41	42	23	41	33	41	42	23
42	13	22	32	43	42	13	22	32	43
32	21	31	12	41	32	21	31	12	41
33	23	32	13	12	33	23	32	13	12
32	13	41	43	21	32	13	41	43	21
42	33	12	11	22	42	33	12	11	22
T0	T0	T0	T0	T0	T0	T0	T0	T0	T0
Tomate maraîchère					Tomate industrielle				

Fig.7.10 : Plan du dispositif expérimental

7.3.8. Description des traitements

Douze traitements à base du biofertilisant liquide d'origine végétale « Algasmar » ont été appliqués à différentes concentrations (25%, 50%, 75%, 100%), avec trois modes d'application (foliaire, radiculaire et leur combinaison foliaire-radiculaire), et ce à différents stades du développement des deux variétés de tomates testées.

7.3.8.1. Application des traitements

La codification des traitements a été faite en fonction de la dose et du mode d'application :

1= dose de 25%, 2= dose de 50%, 3= dose de 75%, 4= dose de 100%

1= Foliaire, 2= radiculaire, 3= foliaire et radiculaire

T0 (Témoin) : 0% de biofertilisant

T11, T12, T13 : 25% de biofertilisant équivalent à une concentration de 0,75ml de biofertilisant / l d'eau,

T21, T22, T23 : 50% de biofertilisant équivalent à une concentration de 1,5ml de biofertilisant / l d'eau.

T31, T32, T33 : 75% de biofertilisant équivalent à une concentration de 2,5ml de biofertilisant / l d'eau.

T41, T42, T43 : 100% de biofertilisant équivalent à une concentration de 3ml de biofertilisant / l d'eau.

Ces différentes concentrations sont appliquées sur les plants de tomates des deux variétés testées au niveau foliaire, racinaire et sur les deux parties foliaire et racinaire.

7.3.8.2. Stades d'application des traitements

Les six applications du biofertilisant à base d'algues marines ont été effectuées aux différents stades végétatifs suivants :

- 1 : stade végétatif 4/5 feuilles (correspondant à 2 jours après transplantation)
- 2 : début floraison (42^{ème} jours aux 50 jours après la transplantation)
- 3 : pleine floraison (53^{ème} jours aux 64 jours après la transplantation)
- 4 : début nouaison (66^{ème} -73^{ème} jours après la transplantation)
- 5 : Pleine nouaison (78^{ème} -83^{ème} jours après la transplantation)
- 6 : grossissement des fruits (98^{ème} jours après la transplantation).

7.4. Conduite de la culture

7.4.1. Effeillage

Cette opération consiste à éliminer manuellement les feuilles basales âgées ou malades pour éviter la contamination par certains agents telluriques pathogènes.

7.4.2. Ebourgeonnage

Cette technique consiste à éliminer manuellement tous les bourgeons axillaires et les autres gourmands tout le long de la croissance de la plante. Cette opération permet d'éviter la compétition vis-à-vis de la nutrition et la lumière.

7.4.3. Palissage

Dès que les plants de tomate ont atteint une hauteur de 20 à 30 cm, une ficelle a été enroulée autour et le long de la tige dans le sens du bas en haut en passant par tous les entre-nœuds afin de maintenir les plants dressés et d'éviter de briser la partie apicale de la plante (Appendice B, fig. 7.5).

7.4.4. Etêtage

L'étêtage a été effectué uniquement à la tomate maraîchère en laissant deux feuilles au dessus du 4^{ème} bouquet floral. Le tableau., illustre les dates d'étêtages selon la précocité de la formation des bouquets floraux des différents traitements.

X : Etêtage à la date du 09 mars 2013 (65 jours après semis).

X : Etêtage à la date du 12 mars 2013(68 jours après semis).

Tableau 7.12 : Étêtage de la tomate maraîchère

T23 X	T43 X	T21 X	T31 X	T22 X
T22 X	T12 X	T43 X	T11 X	T31 X
T23 X	T31 X	T33 X	T41 X	T11 X
T42 X	T23 X	T22 X	T13 X	T32 X
T11 X	T42 X	T13 X	T31 X	T21 X
T12 X	T21 X	T43 X	T11 X	T33 X
T41 X	T33 X	T41 X	T42 X	T23 X
T42 X	T13 X	T22 X	T32 X	T43 X
T32 X	T21X	T31 X	T12 X	T41 X
T33 X	T23 X	T32 X	T13 X	T12 X
T32 X	T13 X	T41 X	T43 X	T21 X
T42 X	T33 X	T12 X	T11 X	T22 X
T0 X				

T : Traitement

- A la date du 09 Mars :
 - 10% déduit étêtage = T12 ; T21 ; T22 ; T23 ; T32 ; T33 ; T42.
 - 75% plein étêtage = T11 ; T12 ; T31 ; T43.
- A la date du 12mars :
 - 100% : tous les traitements ont été étêtés.

7.4.5. Protection phytosanitaire

Les tomates ont reçu un traitement préventif contre les maladies cryptogamiques (et maladies virales. Les pesticides ont été appliqués à trois reprises avec un intervalle de 15 jours.

Tableau 7.13 : Traitements phytosanitaires

Date	Nom commercial	Matière active	Dose /forme	Maladies / Ravageurs	Famille chimique
24-01-2013	Fongicide Mancozebe	80% MCZ (Zinc et Manganèse)	Poudre mouillable 3g/l	L'oïdium, Mildiou, Alternariose, rouille, Cladosporiose	Dithiocarbamates
07-02-2013 25-02-2013	Fongicide/ Insecticide Vapcotop	Thiophanate-méthyle 70%	Poudre mouillable Pulvérisation foliaire 0,75g /l	Maladies vasculaires et radiculaires (verticillioses, fusarioses) Maladies des parties aériennes (Botrytis, Moniliose, Tavelure, Oïdium, rouilles)	Benzimidazoles

7.4.6. Récolte

La récolte des deux variétés de tomates a été échelonnée (Appendice B, fig. 7.6, 7.7). Elle a débuté le 25 avril 2013. La deuxième récolte a eu lieu le 29 avril 2013 et la troisième le 07/05/2013 pour les deux variétés de tomates. La dernière récolte du 1^{er} bouquet a été effectuée le 25/05/2013.

La récolte du 2^{ème} bouquet a débuté le 09/05/2013 pour la tomate maraîchère et le 15/05/2013 pour la variété industrielle.

La récolte du 3^{ème} bouquet a commencé le 02/05/2013 pour la tomate maraîchère et le 14/05/2013 pour la tomate industrielle.

La récolte du 4^{ème} bouquet a débuté le 15/05/2013 pour la tomate maraîchère et le 23/05/2013 pour la tomate industrielle.

7.5. Paramètres mesurés

7.5.1. Paramètres biométriques

7.5.1.1. Vitesse de croissance (cm/j)

Les hauteurs de plants sont mesurées tous les dix jours dès le début des traitements à l'aide d'un mètre ruban du collet jusqu'à l'apex.

7.5.1.2. Hauteur finale des plants (cm)

Les hauteurs sont mesurées périodiquement tous les 10 jours Les valeurs des hauteurs finales sont mesurées en centimètre (cm) du collet à l'apex à l'aide d'un mètre ruban.

7.5.1.3. Distance entre collet et 1^{er} bouquet / entre bouquets (cm)

La hauteur en (cm) entre les bouquets est mesurée à la fin du cycle de développement à l'aide d'un mètre ruban. D'abord du collet jusqu'au premier bouquet, puis du premier au deuxième bouquet et enfin du 2^{ème} au 3^{ème} bouquet. Le but étant d'établir une relation entre la distance entre bouquets et le rendement obtenu par plante.

7.5.1.4. Diamètre final de la tige (cm)

Les mesures ont été prises à l'aide d'un pied à coulisse à point fixe (à 20 cm) de la tige pour l'ensemble des plants par traitement.

7.5.1.5. Nombre de feuilles /plant

Le comptage du nombre de feuilles formées par plante a été effectué au cours du cycle de développement de la culture.

7.5.1.6. La biomasse fraîche produite (Poids des feuilles et des tiges en g)

Le paramètre consiste à peser les différents organes de la plante en gramme, à l'aide d'une balance de précision. Les pesées ont porté sur :

- Poids frais des tiges en g.
- Poids frais des feuilles en g.
- Poids frais total : tiges + feuilles en g.

7.5.1.7. La biomasse sèche produite

La biomasse sèche a été mesurée après le dessèchement des poids frais des tiges, des feuilles et des fruits, de chaque traitement. La dessiccation a été réalisée dans une étuve réglée à 75°C jusqu'à la stabilité du poids sec qui est réduit à 1/10^{ème} de sa valeur afin de soustraire l'eau liée. Le poids sec est transformé en % pour la comparaison.

- Poids sec des feuilles en (g).
- Poids sec des tiges en (g).
- Poids sec total : tiges + feuilles en (g).
- poids des fruits frais en (g)

7.5.1.8. Taux de la matière sèche

Ce taux de matière sèche est exprimé en pourcentage et il est calculé par la formule suivante :

$$\text{MS\%} = (\text{poids sec/poids frais} \times 100)$$

- Taux de matière sèche des feuilles en [%].
- Taux de matière sèche des tiges en [%].
- Taux de matière sèche des fruits en [%].

7.5.2. Paramètres de production

7.5.2.1. Nombre de fleurs par bouquet et par plant

Ce comptage est effectué tous les trois jours au moment de la floraison sur les trois premiers bouquets jusqu'à la fin de la floraison.

7.5.2.2. Nombre de fleurs nouées par bouquet et par plant

Ce comptage est effectué au moment de la nouaison tous les trois jours sur les trois premiers bouquets jusqu'à la fin de la nouaison.

7.5.2.3. Nombre de fruits par bouquet / plant de tomate

Le nombre de fruits de chaque plant est déterminé à la fin de chaque récolte.

7.5.2.4. Taux d'avortement des fleurs par bouquet et par plant

Ce taux est déterminé par le rapport entre le nombre total des fruits récoltés et celui des fleurs. Il est exprimé en (%) de fleurs totales.

7.5.2.5. Poids frais des fruits (poids moyen /bouquet /plant)

Le poids frais des fruits a été effectué à l'aide d'une balance de précision.

7.5.2.6. Calibre des fruits

Les fruits sont calibrés à l'aide d'un dispositif de calibrage et classés selon les différents diamètres (47mm, 57mm ,67mm ,77mm).

- les fruits de calibre inférieur à 47mm sont de la classe D
- les fruits de calibre compris entre 47 et 57mm (classe C)
- les fruits de calibre compris entre 57et 67mm (classe B)
- les fruits de calibre supérieur à 67mm (classe A)

Les calibres sont exprimés en pourcentage de la récolte totale des fruits.

7.5.2.7. L'extrait sec total des fruits

Il s'agit de faire une dessiccation de fruits à 70°C jusqu'à la stabilité du poids sec. On obtient des produits en apparence secs. On ramène la valeur obtenue à celle du produit totalement desséché, ce qui revient à la réduire de 1/10^{ème} de sa valeur (Appendice B, fig. 7.8).

7.5.2.8. Rendement par bouquet et par plant

Le rendement a été estimé en faisant le total du nombre de fruits de chacun des bouquets des plants de chaque traitement.

7.5.3. Paramètres physiologiques

7.5.3.1. Dosage de la chlorophylle

La chlorophylle a, b et c a été dosée durant le stade végétatif, sur les feuilles médianes de la tomate, en utilisant 03 répétitions pour chaque traitement. L'extraction de la chlorophylle (a), (b) et (c) est réalisée selon la méthode de [195].

La méthode d'extraction consiste en une macération de 0.1g de feuilles préalablement coupées en petits morceaux dans 10 ml d'un mélange d'acétone et d'éthanol aux volumes (75 % et 25%) et aux concentrations (80% et 40%). Le tout est mis dans des boîtes noires (pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière), 48h plus tard, on procède à la lecture des densités optiques des solutions à l'aide d'un spectrophotomètre (Appendice B, fig. 7.9) à trois longueurs d'ondes : (470, 645 et 663 nm).

La détermination des teneurs est réalisée selon les formules :

- **Chlorophylle a** ($\mu\text{g/g MF}$) = $12,7 \times \text{DO (663)} - 2,59 \times \text{DO (645)} \times V / (1000 \times W)$.
- **Chlorophylle b** ($\mu\text{g/g MF}$) = $22,9 \times \text{DO (645)} - 4,68 \times \text{DO (663)} \times V / (1000 \times W)$.
- **Chlorophylle c** ($\mu\text{g/g MF}$) = $1000 \text{DO (470)} - [1.82 \text{Chl a} - 85.02 \text{Chl b}] / 100$.

V : volume solution extraite et W le poids de matière fraîche de l'échantillon

7.5.4. Paramètre morphologique du fruit

7.5.4.1. Coefficient de forme (H du fruit / Ø du fruit)

Les mesures ont été prises sur un échantillon constitué d'un lot moyen de trente (30) fruits sains pour chaque variété de tomate. La caractéristique morphologique des fruits est exprimée par le coefficient de forme (Cf) calculé par la formule de [142] selon des normes standards :

$$\text{Cf} = H/D \quad \text{où} \quad H = \text{hauteur du fruit} ; D = \text{diamètre du fruit.}$$

La hauteur et le diamètre sont mesurés à l'aide d'un pied à coulisse.

Le coefficient de forme permet de classer les variétés de tomate en trois catégories de forme :

Cf < 0,8 : forme aplatie ; 0,8 < Cf < 1 : forme ronde ; Cf > : 1 forme allongée.

7.5.5. Paramètres de qualité

7.5.5.1. Le pH

Le potentiel hydrogène représente une notion importante pour la détermination de l'agressivité de la tomate. Il est déterminé sur du jus de tomate électro-métriquement

à l'aide d'un pH-mètre, (Henna HI 2211) après étalonnage avec des solutions tampon. Méthode normalisée) [196].

7.5.5.2. Acidité titrable

L'acide citrique est l'acide le plus présent dans le fruit mûr de tomate, suivi de l'acide malique [26]. L'acidité totale des acides organiques naturels est déterminée sur le jus de tomate par titration avec une base forte (NAOH 0,1N) par virage d'un indicateur coloré (la phénolphthaléine). Le point de neutralité est atteint lorsque l'indicateur vire au rose (Appendice B, fig. 7.10). L'acide citrique monohydraté est considéré comme l'acide prédominant dans la tomate, il est donc utilisé dans l'expression des résultats selon une méthode normalisée [197].

7.5.5.3. Les Chlorures

Les chlorures expriment le taux de salinité du produit alimentaire. Leur dosage est déterminé sur le jus de tomate par une méthode normalisée volumétrique) [198] par addition d'un excès de nitrate d'argent et d'acide nitrique afin de précipiter le chlorure d'argent. On titre l'excès de AgNO_3 à l'aide du thiocyanate d'ammonium avec de l'alun ferrique ammoniacal comme indicateur (Appendice B, fig. 7.11).

7.5.5.4. Brix (indice de réfraction)

Le Brix est un paramètre technologique de qualité très important de la tomate. Il est défini comme étant la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé. Cette concentration est mesurée à 20°C par l'indice de réfraction puis exprimée par le pourcentage en masse. La matière sèche soluble est déterminée par méthode réfractométrique normalisée [199] (Appendice B, fig. 7.12) en pressant quelques gouttes de jus des fruits parvenus à maturité complète, sur le prisme du réfractomètre universel d'Abbe [200].

7.5.5.5. Rapport (Brix / Acidité)

Le calcul de ce rapport (sucre / acidité) est très important dans la mesure où il permet d'évaluer la saveur caractéristique du fruit et donc sa qualité gustative. C'est un indicateur de maturité commerciale et de maturité de consommation [201].

7.5.5.6. Détermination de la couleur

Trois lectures directes sont prises sur les tomates séchées et broyées. Ces dernières sont soigneusement placées dans des boîtes de Pétri. La couleur est mesurée par un (Minolta CR-200), (Appendice A, fig. 7.13) utilisant le système CIE Lab, calibré par le « rose tile » ($L^*44,88$, $a^*25,99$, $b^*6,67$) et une source lumineuse D-65 [202].

L^* = noire et 100= blanc.

a^* = - 60 = vert et + 60= rouge.

b^* = - 60= bleu et + 60 = jaune.

7.5.5.7. Dosage de l'acide ascorbique

Cet acide procure un goût acidulé à la tomate jouant un rôle important pour la détermination de sa qualité organoleptique. La vitamine C du fruit est dosée par titration à l'iodate de potassium jusqu'à l'apparition d'une couleur bleue en présence de l'iodure de potassium et de l'amidon comme indicateur [203].

Une quantité de 10 g de fruits frais réduit en pâte est mis en présence de 50ml d'acide chlorhydrique (HCl 2%). On laisse au repos pendant 10 minutes et on filtre le mélange dans un bécher de 100 ml (Appendice B, fig. 7.14). Par la suite, on prélève 10ml d'extrais filtrée que l'on met dans un erlenmeyer, on y ajoute 30ml d'eau distillée, 1ml de solution d'iodure de potassium (KI 1%) et 2ml de solution d'amidon 5%. La solution préparée est titrée à l'iodate de potassium (KIO_3 N/1000) jusqu'à l'apparition d'une coloration bleue (Appendice B, fig. 7.28). On Enregistre le volume en ml d'iodure de potassium (KI) utilisé pour le titrage. On réalise un témoin dans les mêmes conditions, les 10 ml d'extrais sont remplacées par une quantité égale d'acide chlorhydrique 2%

La teneur en vitamine « C » est calculée par la formule :

$$X = \frac{N.V1-0.88}{G.V2} \times 100$$

Où :

- N : nombre d'iodate de potassium résultant de la différence entre le 1er titrage et le titrage témoin.
- X : mg d'acide ascorbique /g de produit à l'analyse.
- V1 : volume total d'extrait obtenu pour l'analyse.
- V2 : volume initial d'extrait soumis à l'analyse
- G : quantité de produit analysé.

7.5.5.8. Dosage de l'azote :

Il est déterminé par la méthode de [204]. La teneur en protéines se déroule en deux étapes : une minéralisation et une distillation.

a. Minéralisation :

On détermine d'abord, la teneur en eau du produit à minéraliser. Ensuite, on introduit 1g de tomate séchée et broyée dans les matras Kjeldhal à 500ml (en évitant que les particules adhèrent aux parois), auquel on ajoute 2g de catalyseur composé de (100g de sulfate de potassium, 10g de sulfate de cuivre en poudre, 1g de sélénium) et 20ml d'acide sulfurique H_2SO_4 pur ($d=1.84$) prélevé à l'aide d'un doseur. On porte ensuite les matras sur le dispositif de chauffage (02 à 03 heures sous hotte aspirante) jusqu'à l'obtention d'une couleur bleue (Appendice B, fig. 7.15)

b. Distillation :

Après refroidissement, on verse avec précaution 200ml d'eau distillée dans les matras et on laisse refroidir à nouveau.

Prélever 20ml du contenu du matras et ajouter 30ml de lessive de soude ($d=1.33$), puis l'introduire dans l'appareil distillateur de (BÜCHI).

Dans un erlenmeyer destiné à recueillir le distillat, introduire 20ml d'acide borique H_3BO_3 à 4% et trois gouttes d'un indicateur mixte composé de : 0,2g de vert de bromocrésol et 0,1g de rouge de méthyle dissous dans 100ml d'éthanol à 95%. Mettre en marche l'appareil de distillation (Appendice B, fig. 7.16).

Le titrage se fait avec l'acide sulfurique N/20 jusqu'au virage du vert au rose, à pH = 5,1. La teneur en protéines se calcule à partir de la teneur en azote par l'intermédiaire d'un coefficient de conversion qui est de 6,25 dans le cadre de l'alimentation humaine. Les résultats sont exprimés à 0,1 près, en pourcentage par rapport à la matière sèche.

$$\text{Teneur en protéines} = \frac{NX K 100}{100-H}$$

K : facteur de conversion dans l'alimentation humaine.

N : teneur en azote de la prise d'essai en (%)

H : teneur en eau de l'échantillon(en %)

7.5.5.9. Détermination des cendres

Le principe est basé sur la destruction totale de toutes les particules charbonneuses et la pesée de la matière minérale restante.

Un échantillon de 2g de tomate séchée et broyée est mis dans des capsules en porcelaine (M1 qui sont placées dans un four à moufle réglé à $550 \pm 15^\circ\text{C}$ (Appendice B, fig. 7.17), pendant 05 heures jusqu'à obtention d'une couleur grise claire ou blanchâtre (Appendice A, fig. 7.18 et 7.19). Après refroidissement, on pèse les capsules (M2) [205]

On exprime la matière organique par la formule suivante :

$$M0\% = \frac{(M1-M2)}{P} \times 100$$

Soit : M0 = la matière organique en (%)

M1= la masse des capsules + la prise d'essai.

M2= la masse des capsules+ les cendres ;

P = la masse de la prise d'essai.

La teneur en cendres(Cd) est calculée comme suit :

$$\boxed{\text{Cd} = 100 - M0 \%}$$

7.5.5.10. Détermination de résidus de pesticides dans les fruits de tomates

La détermination des résidus de pesticides a été faite au CRFSFA (centre de formation, d'expérimentation et de la recherche agronomique de Bari, en Italie).

7.5.10.1. Recherche des Dithiocarbamates par la méthode GC-MS [206]

a- Matériaux et réactifs

- Réactif hydrolysant : 500ml d'eau + 500ml de HCL concentré à 37% + 20g de dihydrate de chlorure d'étain (II).
- Isooctane (2, 2,4 trimethyle pentane)
- Bouteille de 500ml avec bouchon à vis
- Bain marie maintenu à 80 °C

b-Procédure

On pèse 10g de poudre de tomate maraîchère et industrielle. Les échantillons sont placés dans des flacons à bouchons à vis de 500ml. On y ajoute 25ml d'isooctane et 100ml de réactif hydrolysant à base d'étain. On ferme les flacons qu'on place dans un bain marie à 80 °C pendant 01heure, en agitant la suspension toutes les 15minutes. Après refroidissement à température ambiante, on prélève 1ml de la phase organique obtenue en la transférant dans un petit flacon pour la détermination des résidus de pesticides par chromatographie en phase gazeuse. Pour l'analyse chromatographique, il est nécessaire d'injecter 2 µL de produit.

▪ Conditions chromatographiques pour le système GC-MS

- | | |
|---------------------------|--|
| - Ligne | HP 5183-4647 |
| - Température d'injection | 250 °C |
| - Type d'injection | Splitless Pulsé |
| - Précolonne | 2 m * 0.25 mm |
| - Colonne | HP 5 MS, 30 m * 0.25 mm; film 0.25 µm |
| - Gradient de température | 50 °C; 2.2 min
35 °C/min; from 50 °C to
270 °C 270 °C; 2 min |

- Température source d'ion 230 °C
- Température auxiliaire 280 °C
- Température du détecteur 150 °C
- Gaz vecteur Helium 6.0 ; Flux constant 1.0 mL/min
- Volume d'injection 1 µL
- Détection : Contrôle d'Ion Selectif ; Ion cible 76 m/z

7.5.10.2. Recherche des Benzimidazoles par méthode GC-MS /GC-NPD/GC-ECD et HPLC [207]

A -Procédure

- Après homogénéisation (Appendice B, fig. 7.20) des échantillons de jus de tomate maraîchère et industrielle, on procède à la pesée de 10g de tomate d'échantillon que l'on rince à l'aide d'acétone et de dichlorométhane.

A .1. Etape d'extraction

- Ajouter 10ml d'Acétonitrile +200 µL de solution standard Diclofention (ISTD). On mélange le tout manuellement pendant 01minute.
- On ajoute une solution composée de :

- 4g MgSo4
- 1g Nacl
- 1g Sodium citratedihydrate
- 0,5g Sodium citrate Sesquihydrate.

- On mélange le tout encore manuellement le tout pendant 01minute (Appendice B, fig.7.21) .
- On procède à une centrifugation 4000RPM pendant 05 minutes.

A.2. Etape de purification

- On prélève 6ml de phase organique qu'on met dans la solution MgSO4 PSA (Amines Primaires et Secondaires) (Appendice B, fig. 7.22).
- On mixe le tout pendant 30 secondes et on centrifuge encore pendant 05 minutes à

4000trs (Appendice B, fig. 7.23).

- On transfère 05ml de la solution (partie supérieure) dans un petit ballon (Appendice B, fig. 7.24).
- On ajoute 250 μ L de la solution (Acide formique à 1% dans l'acétronitrile) et 250 μ L d'Isooctane et 10ml de dichlorométhane.
- Placer le tout dans un rota vapeur jusqu'à évaporation totale du solvant (Appendice B, fig. 7.25 et 7.26).
- Ajouter 500 μ L d'hexane acétone au résidu obtenu après évaporation puis transférer dans de petits tubes (Appendice B, fig. 7.27 et 7.28).
- Rinçage à l'acétone de la seringue qui servira à l'injection du produit.
- Injection de 1 à 2 μ L de produit et lecture des résultats (Appendice B, fig. 7.29 et 7.30).

▪ **Conditions du Système GC ou LC-MS sont les suivantes**

1. Système GC-MSD

A.1 GC-MSD-System

- | | |
|-------------------------------|--|
| -Colonne | DB 5 MS, 30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m,
5 % Ph MeSilicon |
| -Gaz vecteur | Helium, flux constant 2 ml/min |
| -GC programme de température | 2 min à 40 °C
Puis, avec 30 °C/min jusqu'à 220 °C
Puis, avec 5 °C/min jusqu'à 260 °C;
Ensuite, avec 20 °C/min jusqu'à 280 °C (15 min) |
| -Ligne de transfert | 280 °C |
| - Volume d'injection | 3 μ l (PTV, solvant vent mode) |
| -PTV programme de température | 0,8 min à 50 °C
Ensuite avec 720 °C/min jusqu'à 300 °C,
maintenir 5 min, ensuite, refroidir jusqu'à
280°C, maintenir 10 min. |
| -PTV flux de gaz | Flux de conduit 20 ml/min jusqu'à 0, 5 min
Flux de purge 47,4 ml/min débute à 2 min
Economiseur de gaz 20 ml/min débute à 6 min |

A.2 Système HPLC : Les composés LC-favorables :

- Colonne Zorbax XDB C18, longueur 150 mm,
Diamètre interne 2,1 mm, taille de particule 3,5 µm
- Mobile phase A1 (3.25) Solution de formiate d'Ammonium dans l'eau,
c = 5 mmol/l
- Phase B1 (3.26) mobile Solution de formiate d'Ammonium dans le
méthanol, c = 5 mmol/l
- Température de colonne 40 °C
- Volume d'injection 5 µl

La concentration finale des résidus de pesticides par échantillon se calcule par la formule suivante :

$$C_i \text{ (mg /Kg)} = (C_i \text{ camp} * V_f) / (Q / 2)$$

Où :

$C_i \text{ camp}$: concentration d'une nième quantité de pesticides présente par échantillon calculée par instrument software.

V_f : volume final 0,5MI

Q : quantité d'échantillon analysée exprimée en grammes.

CHAPITRE 8

RÉSULTATS ET DISCUSSION

8.1. Paramètres biométriques

8.1.1. Évolution de la croissance des plants de tomates

Les résultats relatifs à l'évolution de la croissance des plants de la tomate maraîchère après les différentes applications du biofertilisant végétal sont présentés par les figures 8.11 ; 8.12 et 8.13.

Ces figures montrent une vitesse de croissance assez lente pour tous les traitements au début de la transplantation des plants de tomates. Cette phase s'explique par l'adaptation des plants au changement du milieu nutritif.

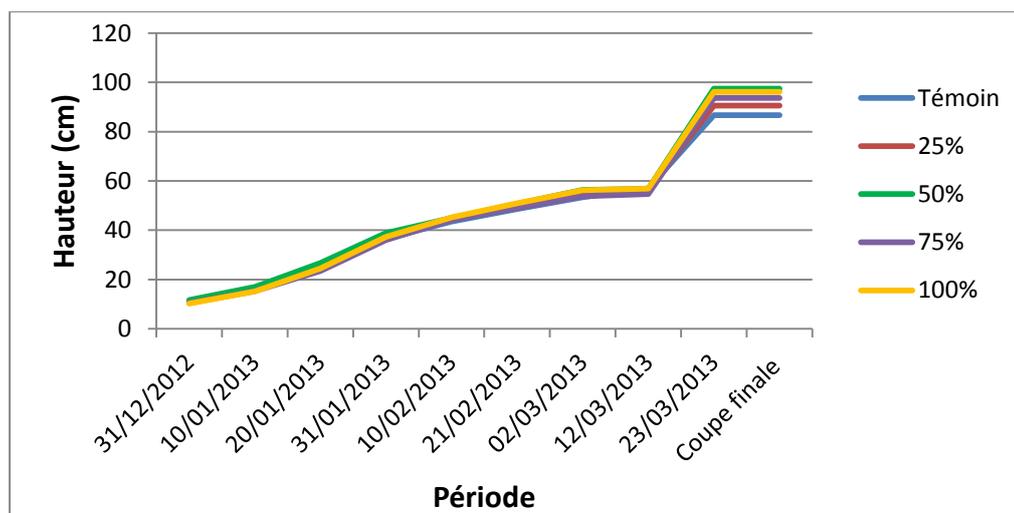


Fig.8.11 : Évolution de la croissance de la tomate maraîchère en fonction des doses et du mode d'application foliaire

On observe également que la vitesse de croissance s'accélère, juste après l'étêtage, notamment après la date du 16 mars jusqu'à la coupe finale. La température de la serre aurait favorisé l'activité hormonale qui a accéléré la croissance des plants de tomates. Il est à noter que ces deux phases sont séparées par une phase où la vitesse de croissance est continue (évolutive).

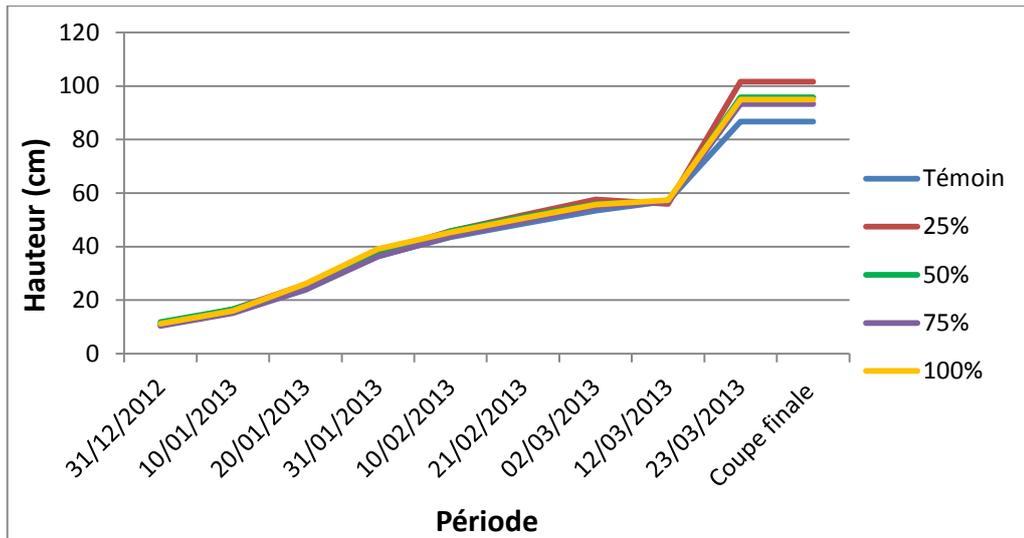


Fig.8.12 : Evolution de la croissance de la tomate maraîchère en fonction des doses et du mode d'application radiculaire

Les résultats de la tomate maraîchère, révèlent que les meilleurs traitements sont ceux de la dose 50 % avec l'application foliaire (T21) et la combinaison foliaire-radicaire (T23), et ceux de la dose de 25% (T12) appliquée seulement au niveau radicaire.

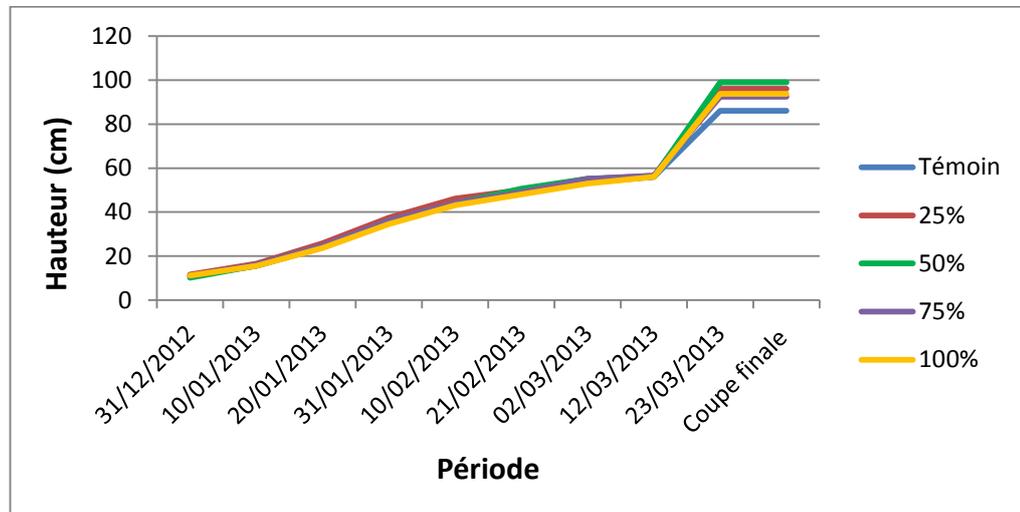


Fig.8.13 : Evolution de la croissance de la tomate maraîchère en fonction des doses et du mode d'application foliaire- radicaire

Les résultats relatifs à l'évolution de la croissance des plants de la tomate industrielle après les différentes applications du biofertilisant végétal sont présentés par les figures 8.46 ; 8.47 et 8.48.

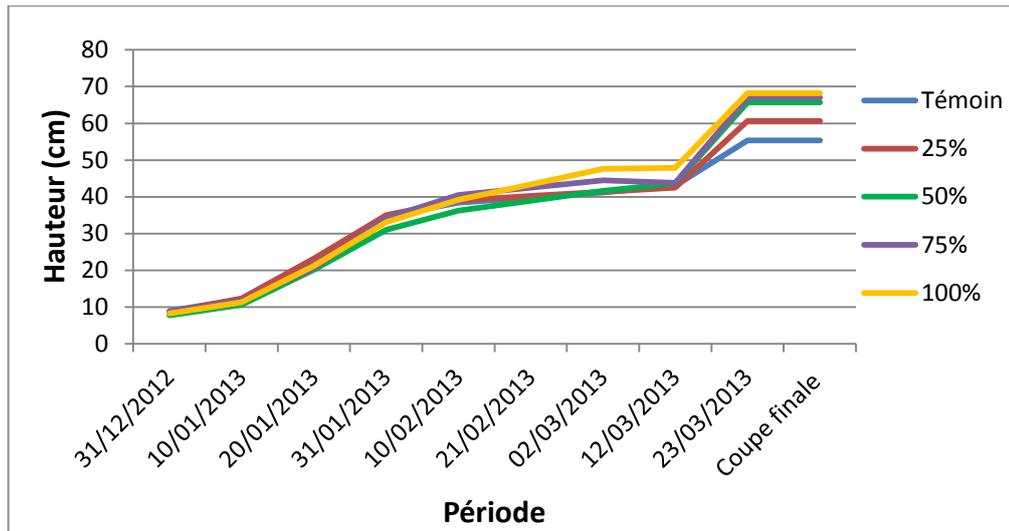


Fig.8.14 : Evolution de la croissance de la tomate industrielle en fonction des doses et du mode d'application foliaire

Tout comme pour les plants de la tomate maraîchère, ces figures montrent une vitesse de croissance assez lente qui s'accélère après la phase d'adaptation pour tous les traitements.

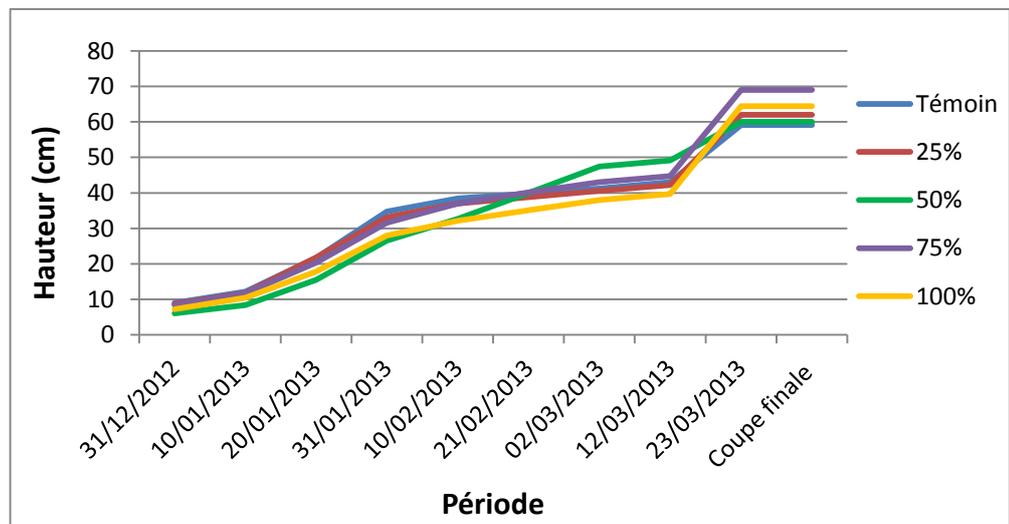


Fig.8.15 : Évolution de la croissance de la tomate industrielle en fonction des doses et du mode d'application radicaire

Pour la tomate industrielle, les meilleurs traitements sont ceux de la dose 100% avec l'application foliaire (T41) et ceux de la dose 75% avec les applications au niveau radicaire (T32) et combinaison foliaire-radicaire (T33).

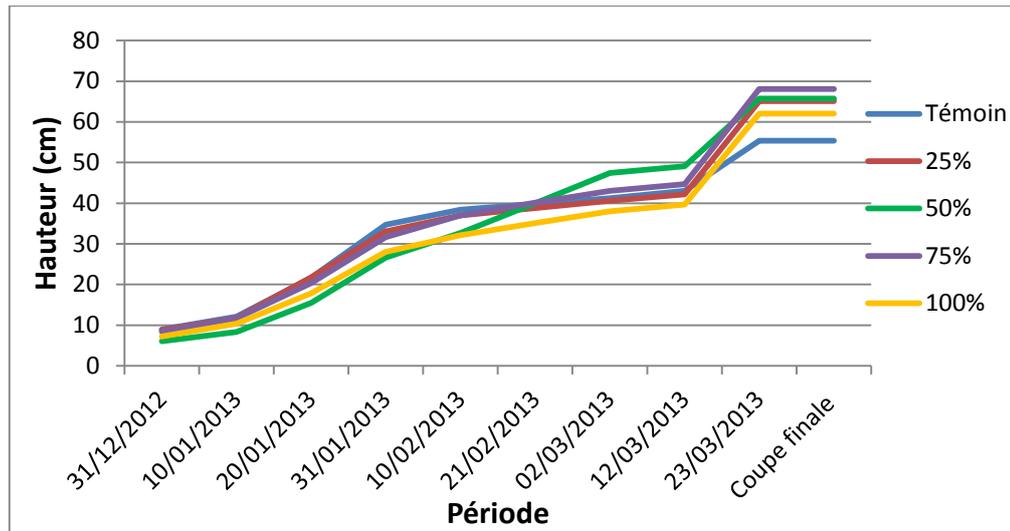


Fig.8.16 : Evolution de la croissance de la tomate industrielle en fonction des doses et du mode d'application foliaire-radiculaire

Tous ces résultats montrent qu'il existe un effet positif des traitements au biofertilisant sur la croissance des plants des deux variétés de tomates. Dans le même sens, les travaux de [208] [209], confirment que la vitesse de croissance augmente d'une manière significative chez les plants traités par les extraits d'algues marines par rapport aux plants non traités. Ainsi, l'efficacité du biofertilisant serait due à l'activation des cellules impliquées dans la photosynthèse, car ce dernier augmente la teneur en potassium favorisant l'augmentation des chloroplastes [210] et donc la synthèse des composés carbonés. Aussi, il y a lieu de noter que les substances bioactives contenues dans les extraits d'algues brunes stimulent la croissance des plants de tomates; car elles améliorent les conditions de vie de la culture [165] [168] en favorisant les conditions du sol par une meilleure rétention de l'humidité et l'apport des minéraux essentiels pour la croissance [161], [211].

8.1.2. Hauteur finale des plants

Les résultats relatifs au paramètre « Hauteur finale des plants de tomates » sont présentés dans le tableau 8.14.

L'analyse de la variance de l'interaction dose-mode d'application du biofertilisant (Appendice D, tableau 8.1), montre une différence hautement significative du facteur traitement sur la hauteur finale des plants de la tomate maraîchère ($p= 0.009$) et une différence significative pour celle de la tomate industrielle ($p= 0.017$). Par conséquent, il existe un effet de l'interaction sur la croissance des plants de tomates.

Tableau 8.14 : Hauteur finale des plants (cm)

T/V	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	86.67 ± 2.52 c	90.83 ± 5.48 bc	101.67 ± 1.53 a	96.67 ± 2.08 ab	97.50 ± 2.51 ab	95.83 ± 4.65 ab	98.00 ± 1.00 ab	95.33 ± 2.52 ab	93.33 ± 0.58 b	96.00 ± 3.00 ab	97.17 ± 1.26 ab	95.00 ± 1.80 ab	96.00 ± 1.65 ab
R-G	55.33 ± 2.08 b	60.67 ± 4.04 ab	61.20 ± 0.35 ab	65.10 ± 0.17 a	65.67 ± 1.15 a	55.66 ± 0.00 b	65.73 ± 1.10 a	67.00 ± 3.61 a	69.00 ± 1.00 a	68.07 ± 0.12 a	68.20 ± 0.35 a	64.00 ± 9.54 ab	62.00 ± 5.29 ab

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

L'analyse statistique du test de Newman et Keuls montre une différence significative au risque 5% entre les différents groupes homogènes correspondants aux facteurs étudiés doses et modes d'application. Chez la variété Saint-Pierre, la meilleure hauteur (101.67cm) a été obtenue avec le traitement (T12) correspondant à la dose de 25% appliquée au niveau radiculaire et la plus faible hauteur a été obtenue chez le témoin avec une valeur de (86.67 cm). Chez la variété Rio-Grande, la meilleure valeur (69 cm) a été réalisée au niveau du traitement (T32), correspondant à la dose de 75% appliquée au niveau radiculaire également. En revanche, la valeur la plus faible (55,33cm) a été obtenue avec le témoin. Ces résultats concluants sur la hauteur des plants, sont certainement dus à la présence des extraits d'algues marines brunes (*Laminaria et Ascophyllum*) qui ont accéléré la croissance des plants de tomates grâce aux macronutriments, aux éléments traces et autres substances bioactives tels que les acides aminés, les vitamines et les régulateurs de croissance (cytokinines, auxines, gibbérellines) qu'elles contiennent comme l'affirment de nombreux auteurs [212] ;[213] ;[168 [211]. En effet, les cytokinines jouent un rôle important dans la génération des feuilles améliorant la photosynthèse. Les gibbérellines ont un effet sur l'élongation des tiges par

stimulation de la division et de l'élongation des cellules. Les auxines favorisent le développement des racines, quand aux micronutriments, ces derniers améliorent la structure du sol [214] et donc la nutrition des plants de tomates. Des observations similaires sur la croissance des plants de tomates ont été rapportées par [215]. D'autres auteurs tels que [216] ont confirmé cette amélioration sur le maïs avec des biofertilisants préparés à partir des mêmes algues brunes à faibles concentrations.

8.1.3. Distance entre les bouquets

Les résultats se rapportant aux distances entre bouquets des plants de la tomate maraîchère (Appendice C, tableau 8.2) sont présentés par la figure 8.17.

- **Distance entre collet et le 1^{er} bouquet**

La distance entre collet (niveau du sol) et du premier bouquet est importante. D'après [217], ce paramètre dépend à la fois de l'effet génotypique et de l'effet du milieu. Une forte intensité lumineuse favorise l'apparition rapide du premier bouquet, alors qu'une faible intensité lumineuse accompagnée par de fortes températures, provoquent un retard d'induction florale. En outre, une hauteur assez importante du premier bouquet par rapport au sol, protège les fruits des maladies provenant du sol et des pourritures. Toutefois, une courte distance est un indice de précocité.

L'analyse de la variance de l'interaction dose-mode d'application du biofertilisant (Appendice D, tableau 8.2) indique une différence très hautement significative pour la distance entre le collet et le premier bouquet des plants de la tomate Saint-Pierre ($p=0.000$). Ceci signifie qu'il existe un effet traitement sur ce paramètre.

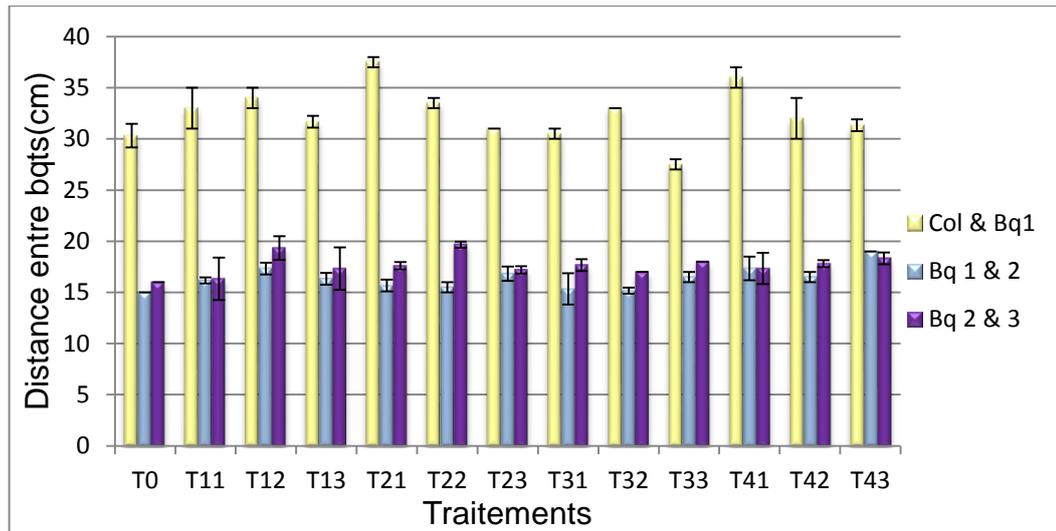


Fig. 8.17 : Distance entre bouquets de la tomate maraîchère
Bq : bouquet ; col : collet

L'analyse statistique du test de Newman et Keuls révèle une différence significative au risque 5% entre les différents groupes homogènes correspondants aux facteurs étudiés doses et modes d'application.

Pour la tomate maraîchère, la meilleure valeur (37.50cm) a été obtenue avec le traitement (T21) à la dose de 50% en application foliaire et la plus faible (27.50 cm) avec (T33) à la dose de 75% en application foliaire-radriculaire suivie du témoin.

▪ Distance entre 1^{er} bouquet et 2^{ème} bouquet

L'analyse de la variance de l'interaction dose-mode d'application du biofertilisant (Appendice D, tableau 8.3) indique une différence significative pour la distance entre le premier bouquet et deuxième bouquet des plants de la tomate maraîchère ($p=0.005$).

Le test de la plus petite amplitude significative (p.p.a.s) au risque 5% confirme significativement différents groupes homogènes. Les distances entre le 1^{er} et le 2^{ème} bouquet varient entre 15cm et 19cm. La meilleure valeur (19 cm) a été obtenue à la dose de 100% en application foliaire-radriculaire. La valeur la moins satisfaisante (15cm) pour la variété Saint-Pierre a été celle du témoin.

▪ **Distance entre 2^{er} bouquet et 3^{ème} bouquet**

L'analyse de la variance de l'interaction dose-mode d'application du biofertilisant (Appendice D tableau 8.4) indique une différence significative pour la distance entre le deuxième bouquet et troisième bouquet des plants de la variété Saint-Pierre ($p=0.017$).

Le test de Newman et Keuls montre une différence significative entre les groupes selon les doses et les modes d'application. Les hauteurs entre le 2^{ème} et 3^{ème} bouquet varient entre 16cm et 19.67cm. Les meilleures valeurs ont été obtenues avec le traitement (T22) à la dose de 50%.

Les résultats se rapportant aux distances entre bouquets des plants de la tomate industrielle (Appendice C, tableau 8.2) sont présentés par la figure 8.18.

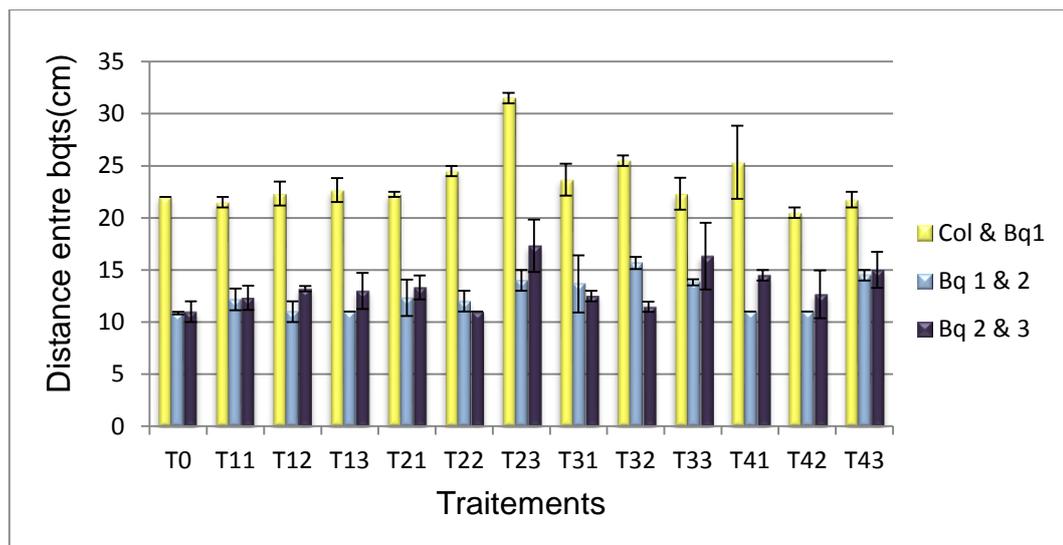


Fig. 8.18 : Distance entre bouquets de la tomate industrielle
Bq : bouquet ; col : collet

▪ **Distance entre collet et le 1^{er} bouquet**

L'analyse de la variance de l'interaction dose-mode d'application du biofertilisant (Appendice D, tableau 8.2) indique une différence très hautement significative pour la distance entre le collet et le premier bouquet des plants de la tomate Rio-Grande ($p=0.000$).

L'analyse statistique du test de Newman et Keuls révèle également la présence de différents groupes homogènes.

En ce qui concerne la tomate industrielle, la plus grande distance est celle du (T23) (31.50cm) et la plus courte est celle du T42 (20.50cm) suivie du témoin. Par ailleurs, on note que pour les deux variétés de tomates, les hauteurs du premier bouquet sont bien plus importantes que celles des deux autres bouquets, ce qui est avantageux pour la culture de tomate.

▪ **Distance entre 1^{er} bouquet et 2^{ème} bouquet**

L'analyse de la variance de l'interaction dose-mode d'application du biofertilisant (Appendice D, tableau 8.3) indique une différence hautement significative pour la distance entre le premier bouquet et deuxième bouquet des plants de la tomate industrielle ($p= 0.001$).

Le test de la plus petite amplitude significative (p.p.a.s) au risque 5% confirme significativement différents groupes homogènes. Les distances entre le 1^{er} et le 2^{ème} bouquet varient entre (10.87cm) et (15.67cm). La meilleure valeur (15.67cm) a été obtenue à la dose de 75% en application radiculaire, alors que la plus faible (10.87cm) a été celle du témoin (T0).

▪ **Distance entre 2^{er} bouquet et 3^{ème} bouquet**

L'analyse de la variance de l'interaction dose-mode d'application du biofertilisant (Appendice D, tableau 8.4) indique une différence significative pour la distance entre le deuxième bouquet et troisième bouquet des plants de la variété Rio-Grande ($p= 0.012$).

Le test de Newman et Keuls montre une différence significative entre les groupes selon les doses et les modes d'application. Les hauteurs entre le 2^{ème} et 3^{ème} bouquet varient entre (11cm) et (17.33cm). Pour cette variété industrielle, les meilleures valeurs ont été obtenues avec le traitement (T23), à la même dose de 50%.

Les mesures observées pour les deux variétés de tomates indiquent que les distances entre les 2^{èmes} et 3^{èmes} bouquets sont très rapprochées, ce qui selon [218], représente un indice de productivité.

En somme, l'ensemble de ces résultats attestent que le biofertilisant liquide a agit positivement sur la hauteur entre les différents bouquets. Les nombreuses substances bioactives et phytohormones comme les gibbérélines apportées par les algues brunes ont joué un rôle important dans l'élongation des entre-nœuds. Ceci rejoint les travaux de nombreux auteurs dont [159] affirmant que les biofertilisants préparés à partir des extraits d'algues marines brunes apportent de bons résultats sur tous les aspects de la croissance des plantes. De même les travaux de [219] ont indiqué une accélération de la croissance des plants de tomates traités avec des extraits d'algues marines.

8.1.4. Diamètre final de la tige

Les résultats relatifs au diamètre de la tige de la tomate (Appendice C, tableau 8.1), sont présentés par la figure 8.19.

L'analyse de la variance du diamètre de la tige (Appendice D, tableau 8.5) indique une différence très hautement significative pour la tomate maraîchère ($p=0.000$) et une différence significative ($p= 0.010$) pour la tomate industrielle.

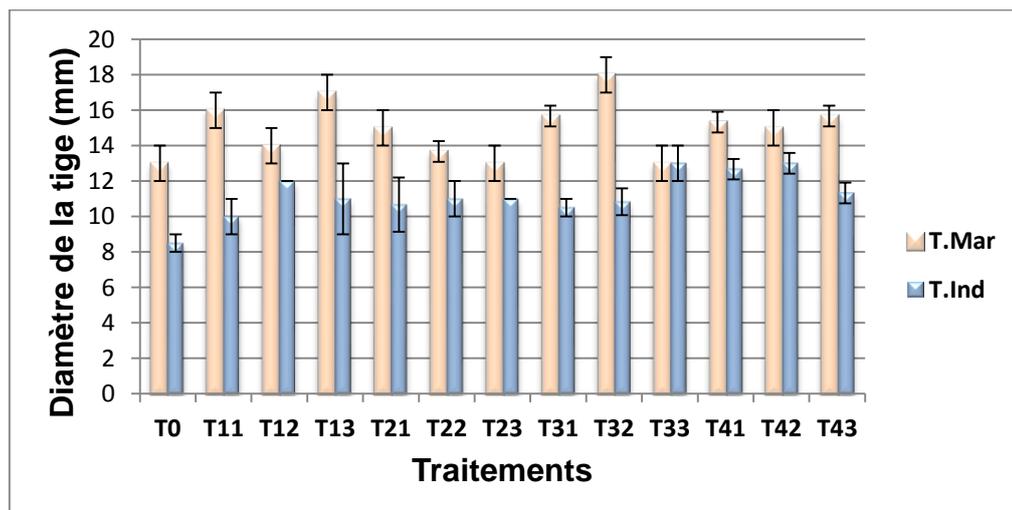


Fig. 8.19 : Diamètre de la tige de la tomate
T.Mar : Tomate maraîchère ; T.Ind : Tomate industrielle

Le test de Newman et Keuls a révélé l'existence de plusieurs groupes homogènes et a classé les meilleures moyennes. Les diamètres des tiges de la variété Saint-Pierre varient entre (13mm) et (18mm), ceux de la Rio-Grande sont entre (8.5mm) et (13mm). Les plus grands diamètres ont été enregistrés avec le traitement (T32) correspondant à la dose de 75 % appliqué au niveau radiculaire pour la tomate maraîchère et avec les traitements (T42) et (T33) pour la tomate industrielle, aux doses de 100% et de 75% respectivement. Egalement, les plus faibles valeurs ont été obtenues avec les témoins chez les deux variétés de tomates. Ces résultats confirment que les traitements à base d'algues marines brunes appliqués aux plants de tomates ont favorisé l'augmentation du diamètre de leurs tiges. Des résultats similaires ont été rapportés par les travaux de [220] [221] ; [211] sur la tomate et sur le gombo (*Ablemoschus esculentus*), (légume appelé gnawia ou ganaouia en Algérie) par les travaux de [222].

8.1.5. Nombre de feuilles/ plant

Les résultats de l'analyse se rapportant au nombre de feuilles (Appendice C, tableau 8.3) sont illustrés par la figure 8.53.

L'analyse de la variance du facteur traitement sur le nombre de feuilles (Appendice D, tableau 8.6) montre une différence très hautement significative sur le nombre de feuilles des plants de la tomate maraîchère ($p=0.000$) et une différence significative ($p=0.011$) sur les plants de la tomate industrielle.

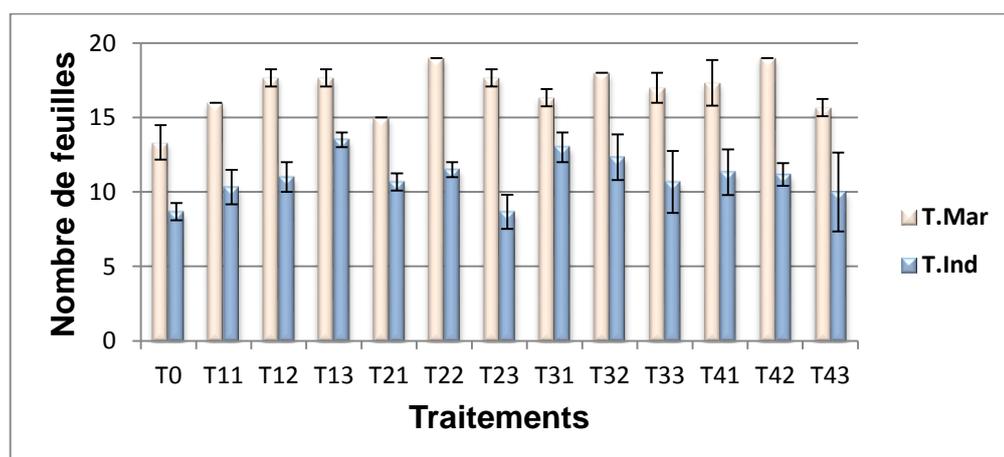


Fig. 8.20 : Nombre de feuilles de la tomate
T.Mar : Tomate maraîchère ; T.Ind : Tomate industrielle

Le test de Newman et Keuls a révélé l'existence de plusieurs groupes homogènes et a permis le classement des meilleures moyennes. Le nombre de feuilles formées pour la tomate maraîchère varie de 13.33 à 19 feuilles. Le plus grand nombre a été obtenu au même mode d'application racinaire avec les traitements (T42) correspondant à la dose de (3ml/l) et (T22) correspondant à la dose de (2,5ml/l). Le nombre de feuilles le plus faible est représenté par le témoin.

Concernant la tomate industrielle, le nombre de feuilles portées par les plants de tomates varie entre 8.67 et 13.50 feuilles. Le plus grand nombre a été enregistré avec le traitement (T13) correspondant à la dose de 25% (0,75 ml/l) appliqué au niveau foliaire-radiculaire. Le nombre de feuilles le plus faible a été obtenu avec le (T23) et le (T0). Ces résultats montrent clairement que les traitements appliqués ont nettement augmenté le nombre de feuilles des plants de tomates. Ce fait est dû aux hormones de croissance particulièrement les cytokines qui favorisent la formation des feuilles et retardent leur sénescence. Ces résultats rejoignent ceux de [157], qui selon lui, les cytokinines sont présents en plus grand nombre dans les extraits d'algues brunes que dans les algues vertes, ce qui rend leur action plus efficace. Ces résultats coïncident également avec les travaux de [219] qui ont indiqué que le nombre de feuilles des plants de tomates a significativement augmenté avec l'application du biofertilisant. D'autres résultats similaires menés sur le haricot de Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.)Taub.) ont été rapportés par les travaux de [159].

8.1.6. La biomasse fraîche produite

8.1.6.1. Poids frais des feuilles

Les résultats relatifs aux poids frais des feuilles sont présentés dans le tableau 8.15.

L'analyse de la variance du facteur traitement sur le poids frais des feuilles (Appendice D, tableau 8.7et 8.8) indique une différence hautement significative pour la variété Saint-Pierre ($p= 0.0140$) et pour la variété Rio-Grande ($p=0.0292$).

Tableau 8.15 : Poids frais des feuilles (g)

V \ T	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	251.15	256.63	304.48	321.98	284.45	330.28	308.77	343.29	338.04	299.00	304.29	297.07	269.42
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	35.38	1.18	1.59	26.90	34.06	39.91	0.67	19.28	21.63	3.40	2.76	1.73	18.78
	c	c	abc	ab	abc	ab	abc	a	a	abc	abc	abc	bc
R-G	207.62	250.47	244.33	247.33	208.50	240.76	223.25	251.67	258.10	265.32	248.18	261.50	298.13
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	3.98	0.50	0.58	45.03	1.50	0.24	12.29	2.08	14.71	23.83	6.68	1.32	0.81
	d	bc	bcd	bc	d	bcd	cd	bc	bc	b	bc	bc	a

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Le test de la p.p.a.s au risque 5% confirme significativement différents groupes homogènes pour les deux variétés de tomates.

Les poids frais de feuilles de la tomate maraîchère varient entre 343,29 g et 251,15g. Les meilleurs traitements sont ceux des groupes homogènes spécifiques aux doses de 75% qui correspondent respectivement aux traitements T31 et T32 au niveau foliaire et radiculaire. Les plus petits poids frais correspondent au traitement au témoin. En ce qui concerne les poids frais des feuilles de la tomate industrielle, ils sont compris entre 298,13 g et 207,62g. Les meilleurs poids frais sont obtenus aux plus fortes doses 100% et 75% respectivement avec les traitements T43 et T33 appliqués au niveau de la combinaison foliaire-radiculaire.

8.1.6.2. Poids frais des tiges

Les résultats relatifs aux poids frais des tiges sont présentés dans le tableau 8.16.

L'analyse de la variance du facteur traitement sur le poids frais des tiges (Appendice D, tableau 8.7 et 8.8) révèle une différence significative ($p=0.025$) pour la variété Saint-Pierre et une différence très hautement significative ($p=0.000$) pour la variété Rio-Grande.

Tableau 8.16 : Poids frais des tiges (g)

V/A	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	114.38 ± 2.20 d	133.65 ± 2.29 abc	142.27 ± 10.75 ab	140.96 ± 10.51 ab	144.60 ± 7.39 ab	133.90 ± 0.88 abc	148.40 ± 15.44 a	121.60 ± 5.99 cd	136.07 ± 1.61 abc	139.83 ± 3.83 ab	138.45 ± 7.83 ab	128.21 ± 1.55 bcd	141.93 ± 0.90 ab
R-G	43.98 ± 1.19 e	48.71 ± 0.16 cde	47.55 ± 1.13 cde	53.68 ± 1.36 bcde	45.30 ± 4.06 de	46.58 ± 9.93 de	71.28 ± 3.77 a	55.15 ± 0.22 bcd	76.93 ± 4.86 a	47.74 ± 1.33 cde	57.30 ± 1.57 bc	59.47 ± 7.79 b	54.45 ± 2.38 bcde

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Le test de Newman et Keuls, fait ressortir plusieurs groupes homogènes pour les deux variétés de tomates.

Les poids frais des tiges de la tomate Saint-Pierre varient entre 114,38 g et 148,40g. Le meilleur traitement est celui du groupe homogène spécifique à la dose 50% correspondant au traitement T23 de l'application foliaire-racinaire. En ce qui concerne la tomate Rio-Grande, les poids frais des tiges, sont compris entre 43,98g et 76, 93g. Les meilleurs poids frais sont obtenus aux doses de 75% et de 50%, correspondant respectivement aux deux applications racinaire et foliaire-racinaire. Cependant, Les plus petits poids frais des tiges sont obtenus au niveau du témoin pour les deux variétés de tomates. Par conséquent, on peut déduire que le biofertilisant à base d'extraits d'algues brunes a considérablement augmenté les poids des tiges.

8.1.6.3. Poids frais total (feuilles+tiges)

Les résultats qui correspondent au total du poids frais des feuilles et des tiges (Appendice C, tableau 8.4) sont présentés par la figure 8.54

L'analyse de la variance du facteur traitement sur les paramètres mesurés (Appendice D, tableaux 8.7 et 8.8), indique une différence hautement significative pour la variété Saint-Pierre ($p=0.0222$) ainsi que pour la variété Rio-Grande ($p=0.0042$).

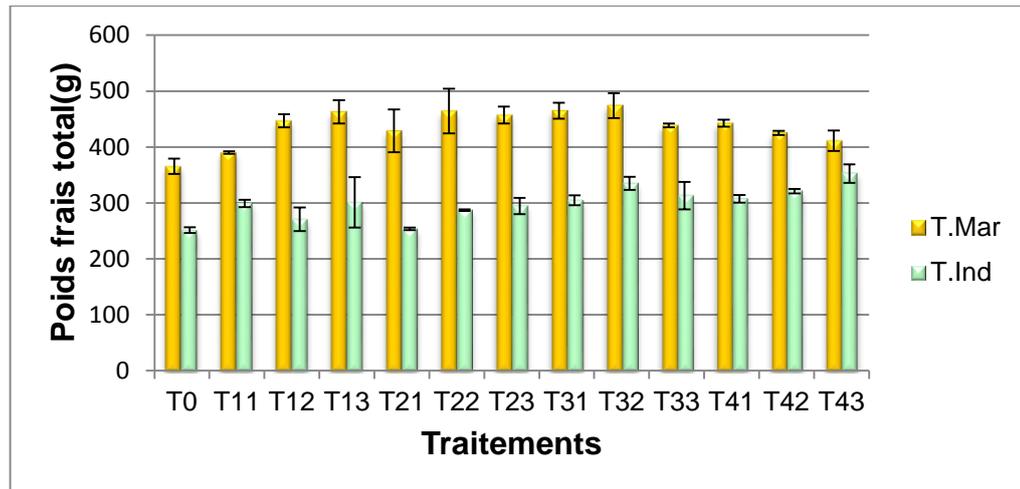


Fig. 8.21 : Poids frais total des feuilles et des tiges) (g)
T.Mar : Tomate maraîchère ; T.Ind : Tomate industrielle

Les poids frais de l'ensemble (feuilles et tiges) de la tomate Saint-Pierre varient entre 365,54g/plant et 474,11g/plant. Le meilleur poids frais est celui du groupe homogène spécifique à la dose 75% correspondant au traitement T32 de l'application radiculaire. En ce qui concerne la tomate Rio-Grande, les poids frais sont compris entre 251,60g/plant et 352,58g/plant. Le meilleur poids frais est obtenu à la dose de 100% appliquée au niveau foliaire-radicalaire. Cependant, les plus petits poids sont ceux du témoin chez les deux variétés de tomates. Ces résultats indiquent que les traitements aux extraits d'algues brunes ont favorisé l'augmentation du poids des feuilles et des tiges des plants de tomates.

8.1.7. La biomasse sèche produite (Poids sec des feuilles, tiges et total par plant)

8.1.7.1. Poids sec des feuilles

Les résultats obtenus concernant le poids sec des feuilles sont indiqués dans le tableau 8.17.

L'analyse de la variance du facteur traitement sur le le poids sec des feuilles. (Appendice D, tableaux 8.9 et 8.10), fait apparaître une différence très hautement significative pour les deux variétés de tomates Saint- Pierre et Rio-Grande.

Tableau 8.17 : Poids sec des feuilles (g)

V \ T	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	18.54 ± 0.09 j	21.82 ± 0.07 h	24.09 ± 0.09 e	19.42 ± 0.12 i	24.01 ± 0.13 e	24.48 ± 0.03 d	23.33 ± 0.07 f	22.01 ± 0.07 g	22.03 ± 0.14 g	25.38 ± 0.17 c	24.37 ± 0.11 d	31.38 ± 0.13 a	28.64 ± 0.24 b
R-G	14.94 ± 0.17 j	15.03 ± 0.24 j	20.0 ± 0.17 f	16.54 ± 0.84 i	19.64 ± 0.20 g	21.08 ± 0.06 e	17.60 ± 0.05 h	20.75 ± 0.09 e	24.03 ± 0.14 d	21.06 ± 0.12 e	25.94 ± 0.16 c	31.56 ± 0.09 a	28.44 ± 0.08 b

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Le test de NEWMAN et KEULS, a classé plusieurs groupes homogènes et a révèle les meilleures moyennes.

Le poids sec des feuilles varie entre 18.54g/plant et 31.38g/plant pour la tomate maraîchère et entre 14.94g/plant 31.56g/plant pour la tomate industrielle. Les meilleurs traitements sont obtenus avec le T42, suivi du T43 avec des valeurs de (28.64g/plant et 28.44g/plant) respectivement. Toutefois, en plus du témoin, le traitement ayant donné le plus faible poids sec est le traitement T11 pour les deux variétés de tomates.

8.1.7.2. Poids sec des tiges

Les résultats se rapportant au poids sec des tiges sont indiqués dans le tableau 8.18.

L'analyse de la variance du facteur traitement sur le le poids sec des tiges. (Appendice D, tableaux 8.9 et 8.10), montre une différence très hautement significative pour les deux variétés de tomates Saint- Pierre et Rio-Grande.

Tableau 8.18 : Poids sec des tiges (g)

V/T	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	7.11	6.89	15.29	14.13	16.93	13.25	15.70	15.87	16.23	16.58	14.43	20.74	18.68
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.10 i	0.15 i	0.03 f	0.10 g	0.14 c	0.07 h	0.10 ef	0.12 def	0.29 cde	0.16 cd	0.06 g	0.24 a	1.74 b
R-G	6.88	6.31	6.35	6.57	8.66	6.39	7.13	7.78	7.87	10.12	8.19	14.38	14.06
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.10 gh	0.13 i	0.17 i	0.19 hi	0.26 d	0.11 i	0.08 g	0.18 f	0.19 f	0.19 c	0.23 e	0.37 a	0.22 b

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Le test de NEWMAN et KEULS, a révélé plusieurs groupes homogènes et a permis le classement des meilleures moyennes.

Les valeurs du poids sec des tiges, varient entre (7.11g/plant et 20.74g/plant) pour la tomate maraîchère et entre (06.31g/plant et 14.38g/plant) pour la tomate industrielle. Le poids sec le plus élevé étant enregistré chez le T11 et le plus petit poids sec chez le T42.

8.1.7.3. Poids sec total

Les résultats relatifs aux poids secs du total (feuilles et tiges) des deux variétés de tomates (Appendice C, tableau 8.5) sont présentés par la figure 8.55.

L'analyse de la variance de l'interaction dose-application du traitement (Appendice D, tableaux 8.9 et 8.10), fait apparaître une différence très hautement significative du poids sec total de la tomate maraîchère et industrielle. Ceci traduit l'interaction positive de la dose du biofertilisant et de son mode d'application sur le paramètre mesuré.

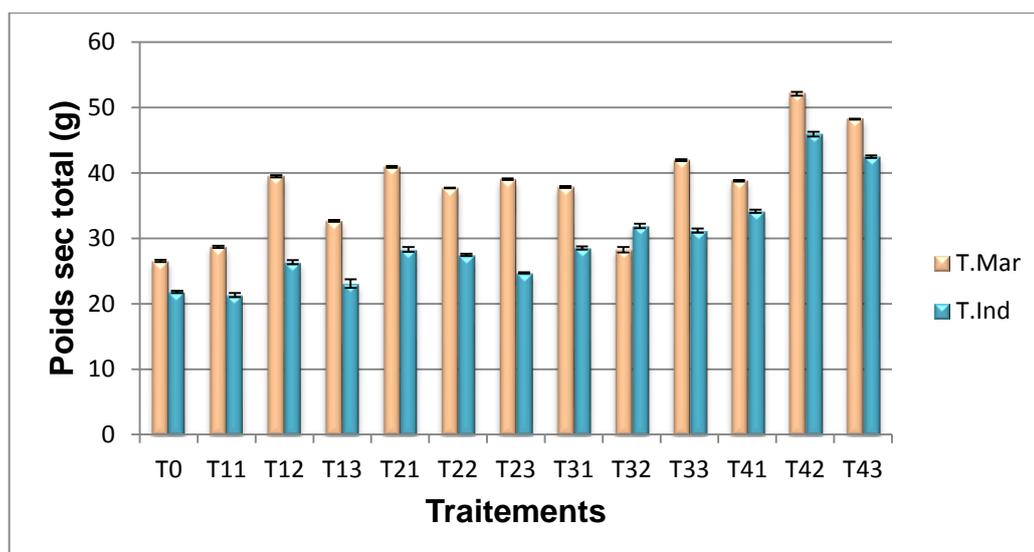


Fig. 8.22 : Poids sec total des plants de tomates
T.Mar : Tomate maraîchère ; T.Ind : Tomate industrielle

Pour la tomate maraîchère, le poids sec total le plus élevé est représenté par le traitement T42 avec une valeur de (52.11g) et le plus petit étant celui du témoin. Pour la tomate industrielle, le T42 est également le meilleur traitement avec la valeur de (42.51g), cependant le plus bas poids sec est représenté par le T11 qui est sensiblement égal au témoin. L'ensemble de ces résultats expriment que l'interaction dose-moded'application du biofertilisant agit plus efficacement au niveau des racines qu'au niveau des tiges et des feuilles. Ces résultats concordent avec les travaux de [223] et de [163] qui affirment que les extraits d'algues marines permettent d'augmenter la croissance végétative de la plante et sa vigueur globale en améliorant l'absorption hydrominérale sur son système racinaire devenant plus développé.

8.1.8. Taux de la matière sèche (Matières sèches des feuilles et des tiges)

8.1.8.1. Taux de matière sèche des feuilles

Les résultats relatifs au taux de matière sèche des feuilles sont présentés dans le tableau 8.19.

L'analyse de la variance du facteur traitement (Appendice D, tableaux 8.11 et 8.12) révèle une différence très hautement significative entre les différentes

moyennes de la matière sèche que ce soit pour les feuilles ou pour les tiges et ce, pour les deux variétés.

Tableau 8.19 : Matière sèche des feuilles (%)

T v	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	12.13	12.64	12.82	10.54	12.57	12.69	12.00	11.42	10.43	12.87	12.09	13.30	13.05
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
	h	f	d	l	g	e	j	k	m	c	i	a	b
R-G	13.29	12.27	12.82	11.97	13.13	12.66	10.08	12.84	11.94	11.61	13.59	13.12	12.32
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
	b	h	e	i	c	f	l	d	j	k	a	c	g

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$, a indiqué la présence de plusieurs groupes homogènes et a permis le classement des meilleures moyennes.

Les meilleurs résultats de la matière sèche des feuilles de la variété Saint- Pierre sont ceux des groupes homogènes spécifiques aux doses 100% qui correspondent aux traitements T42 et T43 des deux modes d'application radiculaire et foliaire-radicaire. Toutefois, pour la variété Rio-Grande, les meilleurs sont ceux des groupes homogènes appartenant aux traitements T41 et T42 correspondant aux deux modes d'application foliaire et radiculaire.

8.1.8.2. Matière sèche des tiges

Les résultats relatifs au pourcentage de matière sèche des tiges sont présentés dans le tableau 8.20.

Tableau 8.20 : Matières sèche des tiges (%)

T/V	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	22.34	20.19	19.15	17.94	20.99	15.95	19.24	18.79	18.58	19.55	16.78	21.55	21.57
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	a	e	h	k	d	m	g	i	j	f	l	c	b
R-G	21.62	18.51	18.15	17.82	22.51	16.22	17.62	18.44	17.86	22.41	17.33	19.10	23.24
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02
	d	f	h	j	b	m	k	g	i	c	l	e	a

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$, a fait ressortir 13 groupes homogènes.

Les meilleurs traitements enregistrés pour la matière sèche des tiges de la tomate maraîchère, sont ceux du témoin et ceux des traitements T43 et T42 qui sont sensiblement proches. Par contre, chez la tomate industrielle les meilleurs résultats sont obtenus avec les traitements T42 (23.24%), T21 (22.51%) et T33 (22.41%). En ce qui concerne la matière sèche des tiges, on note que les tomates ayant reçu la concentration maximale du biofertilisant (3ml/l) appliqué en mode foliaire-radicaire, été les plus performants chez les deux variétés de tomates.

8.1.9. Paramètres de production

8.1.9.1. Nombre de fleurs par bouquet et par plant

Les résultats relatifs au nombre de fleurs par bouquet et par plant sont présentés en Appendice C, tableaux 8.6 et 8.7. Le nombre de fleurs/ plant est illustré par la figure 8.56. L'analyse de la variance du facteur traitement sur le nombre le nombre de fleurs par plant de tomates (Appendice D, tableau 8.13 et 8.14) indique une différence très hautement significative ($p=0.000$) pour la tomate maraîchère et significacative ($p =0.011$) pour la tomate industrielle.

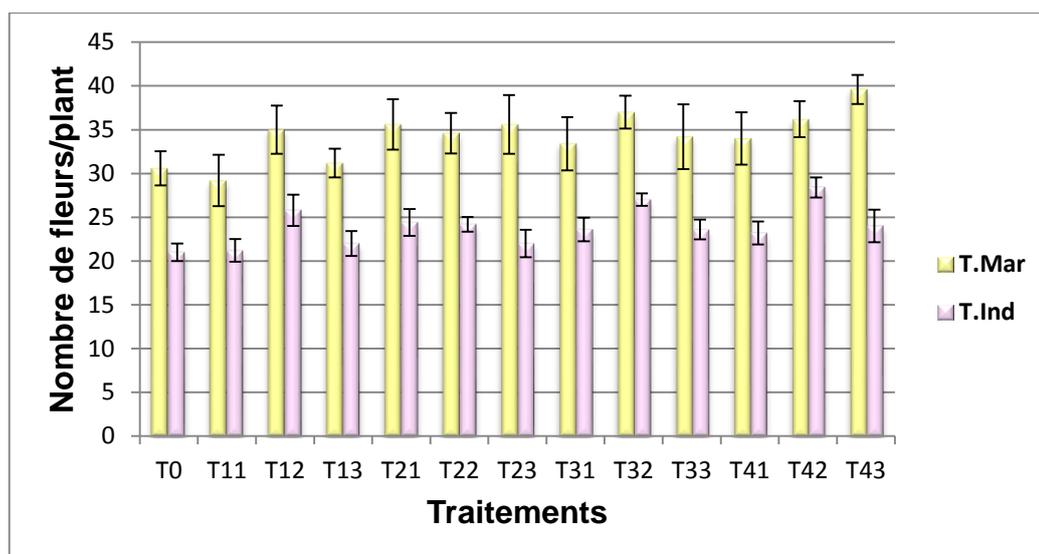


Fig. 8.23 : Nombre de fleurs par plant de tomate
T.Mar : Tomate maraîchère ; T.Ind : Tomate industrielle

Le test de la p.p.a.s, montre l'existence de plusieurs groupes homogènes. Le nombre de fleurs le plus élevé a été atteint aux doses de 100% et 75% appliqués au niveau foliaire-radriculaire et radriculaire pour les deux variétés de tomates. Le plus petit nombre a été obtenu chez T11 et le témoin pour la tomate maraîchère et chez le témoin pour la tomate industrielle. Cependant, on observe que le nombre de fleurs /plant de la tomate maraîchère reste plus élevé que celui de la tomate industrielle. Ces résultats signifient que le biofertilisant végétal stimule la floraison comme cela a été démontré dans les travaux de [163] qui ont indiqué que les extraits d'algues marines déclenchaient une floraison précoce ; et ceux des auteurs [157], qui ont abouti à de similaires résultats pour le nombre de fleurs des plants du haricot vert.

8.1.9.2. Nombre de fleurs nouées par bouquet et par plant

Les résultats du nombre de fleurs nouées par bouquet et par plant des deux variétés de tomates maraîchère (Appendice C, tableaux 8.8 et 8.9) sont illustrés par les figures 8.57 et 8.58.

L'analyse de la variance (Appendice D, tableaux 8.15 et 8.16) du traitement sur le nombre de fleurs nouées par plant de tomate, montre un effet significatif ($p=0.016$) pour la tomate maraîchère et un effet très hautement significatif ($p=0.000$) pour la tomate industrielle.

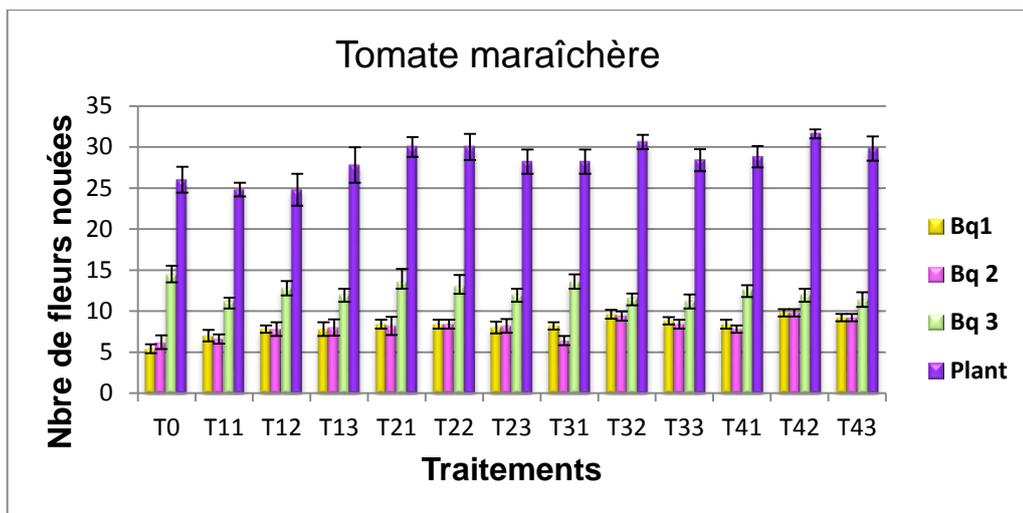


Fig. 8.24 : Nombre de fleurs nouées de la variété Saint-Pierre
Nbre : Nombre ; Bq : Bouquet

Le test de Newman et KEULS, révèle cinq groupes homogènes pour la variété Saint-Pierre et trois groupes homogènes pour la variété Rio-Grande.

Les meilleurs nombres de fleurs nouées pour les deux variétés de tomates sont obtenus avec les traitements T42 et T32, correspondants aux plus fortes doses 100% et 75%, appliquées toutes les deux au niveau radiculaire. Cependant, les plus petits nombres de fleurs nouées sont obtenus avec le T11 et le témoin.

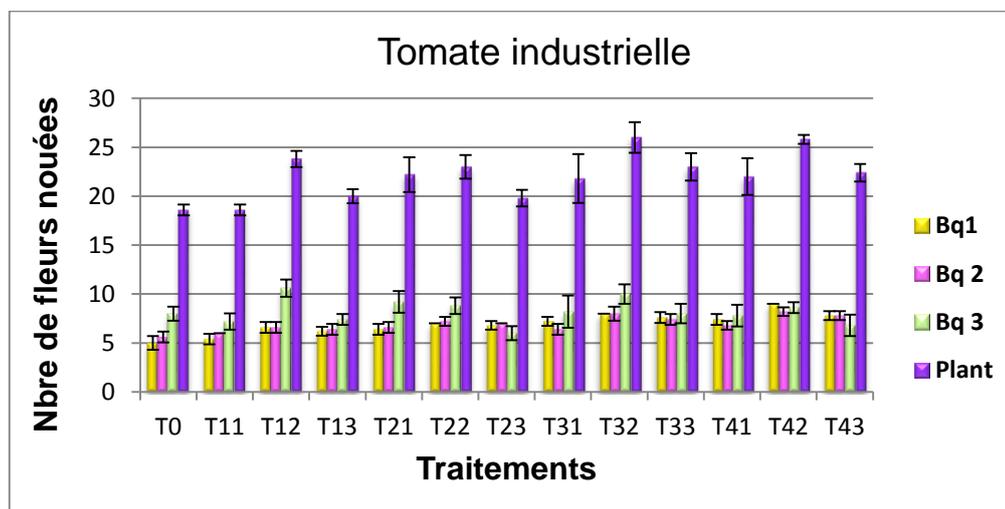


Fig.8.25 : Nombre de fleurs nouées de variété Rio-Grande
Nbre : Nombre ; Bq : Bouquet

Le nombre plus élevé de fleurs nouées obtenu avec le reste des traitements serait en relation avec concentration des algues marines. L'ensemble de ces résultats rejoignent de nombreux auteurs dont [163] qui affirment que la concentration d'algues marines déclenche une floraison précoce et une augmentation remarquable dans le nombre de fleurs nouées. En plus de l'effet dose-mode d'application du biostimulant, le microclimat interne favorable de la serre aurait également contribué à la nouaison.

8.1.9.3. Nombre de fruits par bouquet et par plant

Les résultats de l'analyse de la variance du facteur traitement sur le nombre de fruits par bouquet et par plant (Appendice C, tableau 8.10 et 8.11) sont présentés par les figures (8.59 et 8.60) pour chaque variété de tomate.

L'analyse de la variance (Appendice D, tableaux 8.17 et 8.18) du facteur traitement de l'interaction dose-mode d'application sur le nombre de fruits par plants de tomates révèle une différence hautement significative $p (=0.009)$ pour la tomate maraîchère et significative ($p=0.026$) pour la tomate industrielle.

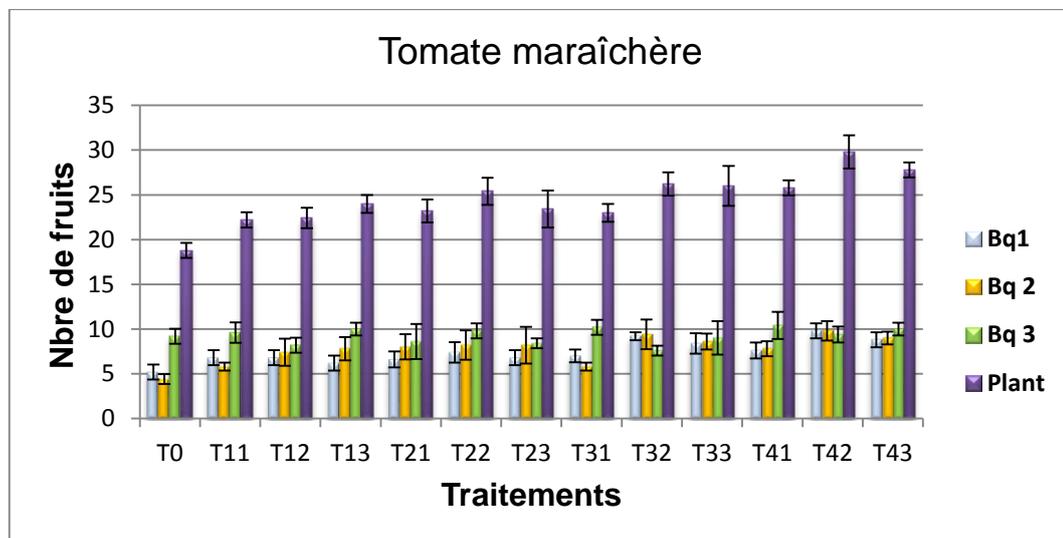


Fig.8.26 : Nombre de fruits de la variété la Saint-Pierre
Nbre : Nombre ; Bq : Bouquet

Le test de la p.p.a.s a confirmé l'existence de plusieurs groupes homogènes et a déterminé les meilleurs traitements.

Le nombre de fruits/ plant de la tomate maraîchère est compris entre 18,80 et 29,80. Le nombre le plus élevé a été atteint avec les traitements T42 et T43, qui correspondent à la dose de 100% appliquée au niveau radiculaire et foliaire-radiculaire. Pour la tomate industrielle, le nombre de fruits/ plant varie entre (14,80 et 25,20). Les meilleurs traitements sont le T32 (dose 75%, application radiculaire) et le T42 (dose 100%, application radiculaire). Le plus petit nombre de fruits a été par contre obtenu avec le témoin chez les deux variétés de tomates. Par conséquent, on note bien l'augmentation du nombre de fruits chez les tomates traitées au biofertilisant végétal. Grâce à son riche contenu en régulateurs de croissance, matières organiques et éléments minéraux nécessaires à la culture [211], ce dernier, déclencherait la floraison et la fructification comme le déclare [163].

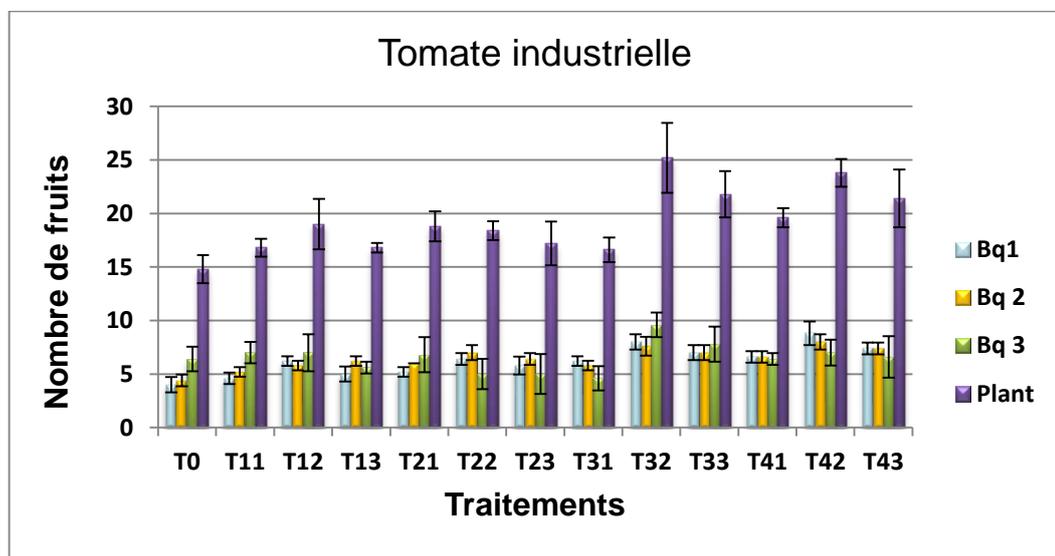


Fig. 8.27 : Nombre de fruits de la variété Rio-Grande
Nbre : Nombre ; Bq : Bouquet

Des résultats similaires sur la tomate ont été rapportés par les travaux de [220] et [221]. Il a été également démontré que le traitement à base d'extraits d'algues marines sous forme liquide a nettement augmenté le rendement d'autres légumes par rapport au témoin tels que le gombo (*Ablemoscus esculentus*) [222]; le haricot de Guar (*Cyamopsis tetragonolaba* (L) Taub) [159]; [157].

8.1.10. Taux d'avortement des fleurs par plant de tomate

Les résultats du taux d'avortement des fleurs par bouquet sont indiqués en (Appendice C, tableau 8.12). Ceux du taux d'avortement des fleurs par plant de tomate (Appendice C, tableau 8.13), sont illustrés par les figures 8.28 et 8.29.

L'analyse de la variance du taux d'avortement des fleurs/ plant (Appendice D, tableaux 8.19 et 8.20) montre une différence très hautement significative ($p=0,000$) pour les deux variétés de tomates testées.

Le test de la p.p.a.s a confirmé l'existence de plusieurs groupes homogènes.

Chez la tomate maraîchère, les résultats montrent que les taux d'avortements des fleurs les plus faibles sont obtenus avec les traitements T13 (18,57%) et T22 (19,89%) et que les taux d'avortements les plus élevés se retrouvent chez le témoin et le traitement T31 avec les taux respectifs de (45,77 %) et (43,97 %). Les résultats du taux d'avortement de fleurs/ bouquet ont aussi montré que chez la variété Saint-Pierre, le taux d'avortement des fleurs le plus important s'est produit au niveau du troisième bouquet pour la majorité des traitements.

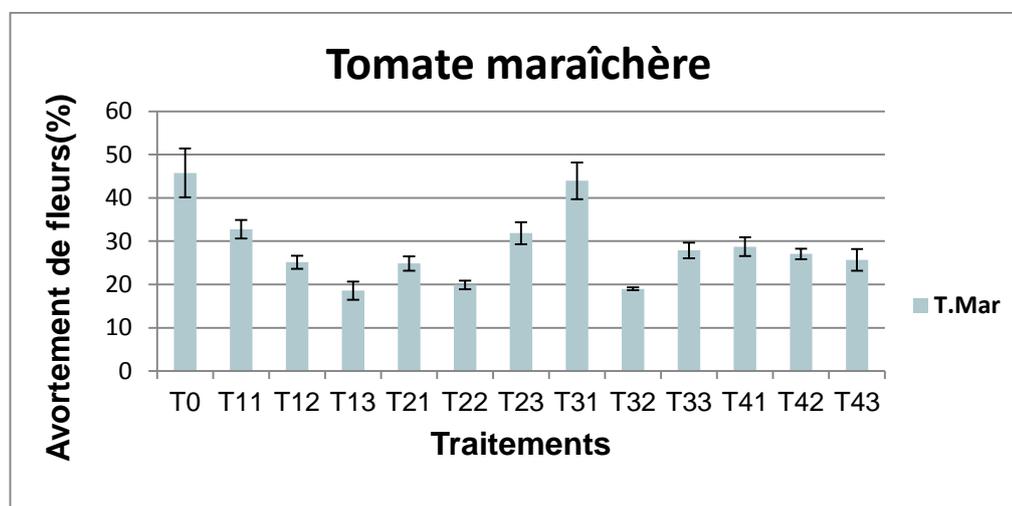


Fig.8.28 : Taux d'avortement des fleurs de la variété Saint-Pierre
T.Mar : Tomate maraîchère

Chez la tomate industrielle, les taux d'avortements les plus faibles se retrouvent au niveau des applications foliaires et radiculaires des traitements T41, T32, T22 et T11. Les taux les plus importants sont obtenus avec les traitements T12, T13 et T33

et notamment chez le témoin. Les résultats du taux d'avortement de fleurs/ bouquet de la variété Rio-Grande ont indiqué que le taux d'avortement des fleurs le plus élevé s'est produit au niveau du bouquet1.

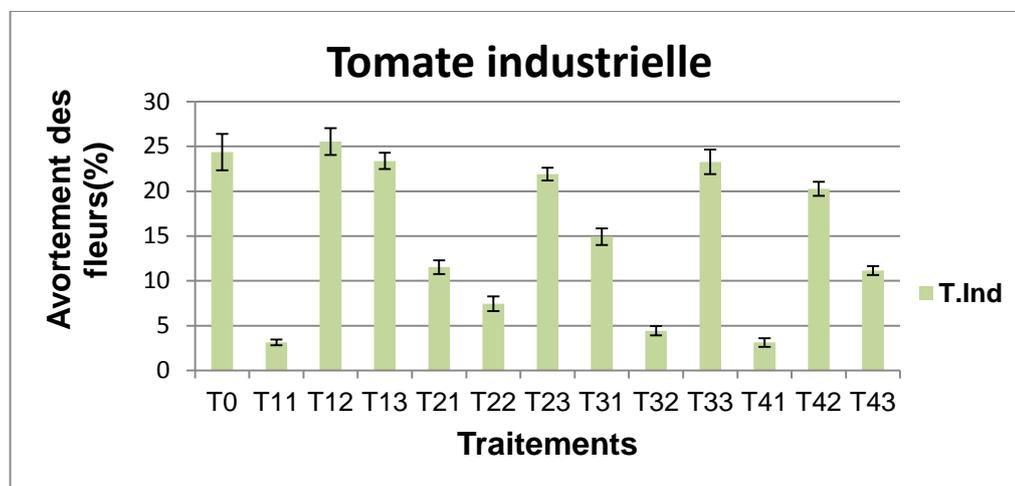


Fig.8.29 : Taux d'avortement des fleurs de la variété Rio-Grande
T.Ind : Tomate industrielle

Les faibles taux d'avortement des fleurs seraient liés à l'application du biofertilisant lors de la floraison. Ce fait est en accord avec les travaux des auteurs [220], qui ont mentionné que les extraits d'algues favorisaient la floraison en lançant la croissance des plants vigoureux. Cependant, la formation d'un nombre élevé de bourgeons floraux a d'une part, conduit à une compétition entre bouquets et d'autre part, les fortes températures enregistrées durant la période (mi-mars / avril) coïncidant avec l'ouverture des fleurs ont accru le nombre de fleurs avortées comme l'ont mentionné les auteurs [224] dans leurs travaux sur la tomate.

8.1.11. Poids frais des fruits par bouquet et par plant

Les résultats relatifs au poids des fruits par bouquet et par plant (Appendice C, tableaux 8.14 et 8.15) sont illustrés par les figures 8.30 ; 8.31 et 8.32

L'analyse de la variance (Appendice D, tableaux 8.21 et 8.22) montre qu'il existe des effets significatifs entre traitements sur le poids frais des fruits / plant de tomate. Pour les plants de la variété Saint-Pierre, la différence est hautement significative ($P=0.009$), et pour la variété Rio-Grande, elle est très hautement significative ($p=0.0000$).

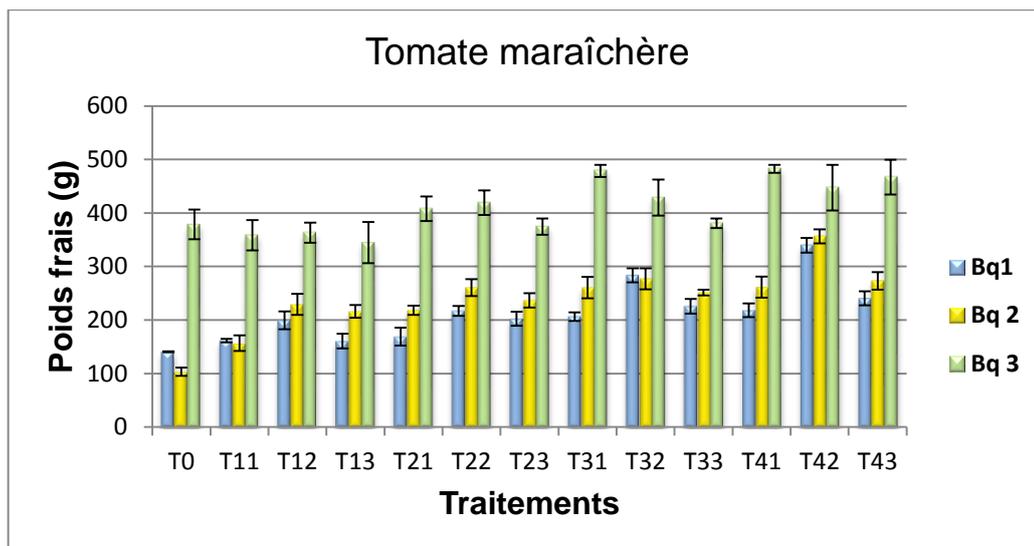


Fig.8.30 : Poids frais des fruits /bouquet de la variété Saint-Pierre
Bq : Bouquet

Le test de Newman et Keuls mentionne différents groupes homogènes et classe les meilleures moyennes pour les deux variétés. Les poids frais des tomates maraîchères varient entre (622,72g/plant) et (1143,36g/plant). Le plus grand poids frais a été obtenu au niveau du traitement T42, correspondant à la concentration de 3ml/l du biofertilisant appliqué au niveau racinaire.

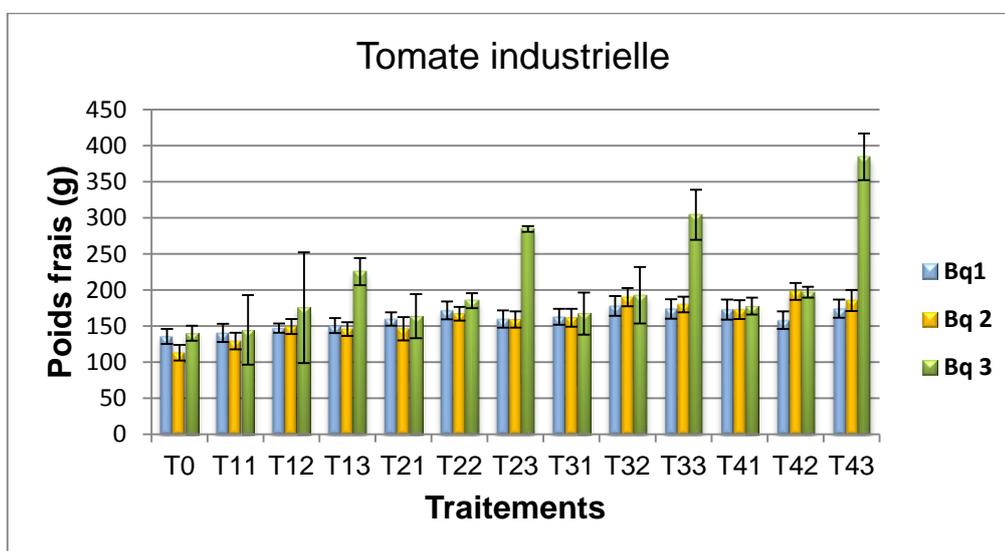


Fig.8.31 : Poids frais des fruits /bouquet de la variété Rio-Grande
Bq : Bouquet

Pour la tomate industrielle, les poids frais varient entre les valeurs de (744,28g/plant) et (389,12g/plant). Le poids le plus élevé a été obtenu avec le

traitement T43, correspondant à la même concentration de 3ml/l, appliqué au niveau foliaire-radicaire.

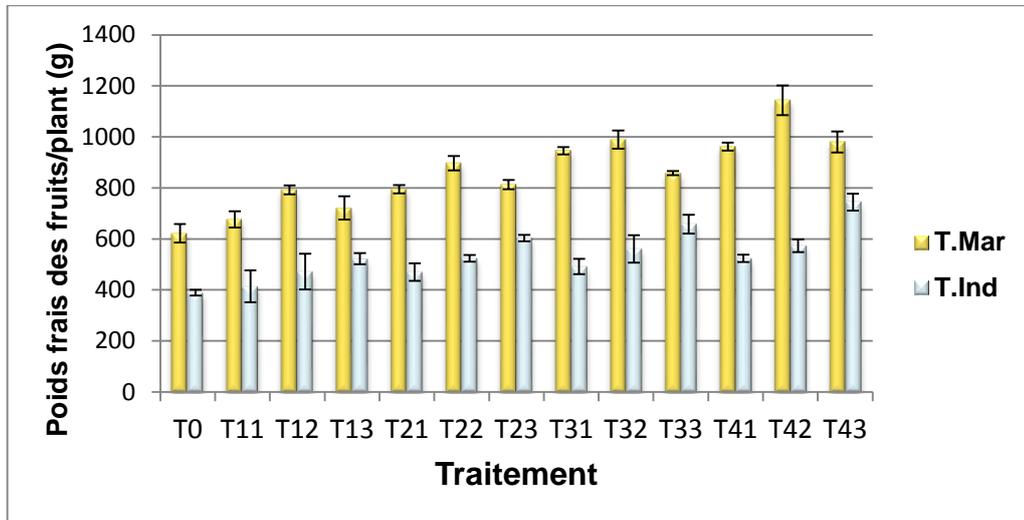


Fig.8.32 : Poids frais des fruits /plant des deux variétés de tomates
T.Mar : Tomate maraîchère ; T.Ind : Tomate industrielle

Les plus petits poids ont été obtenus avec les témoins des deux variétés de tomates. Ces réponses positives sont certainement dû aux algues marines brunes utilisées (*Laminaria digitata* et *Ascophyllum nodosum*) car elles sont riches en carbohydrates [225] et en hormones régulatrices telle les bêtaïnes qui ont pour rôle d'augmenter la chlorophylle dans les feuilles en diminuant sa dégradation [160] et constituent aussi une source d'azote pour les plantes [245], favorisant ainsi l'amélioration du poids frais des tomates. Ces résultats coïncident avec les travaux de [246]; [234] qui ont prouvé l'amélioration du rendement des fruits de tomate en appliquant un biofertilisant liquide d'extraits d'algues. Des travaux similaires ont été observés sur d'autres fruits et légumes comme le concombre [247] et le haricot [159] ainsi que sur le rendement de colza [248].

8.1.12. Calibre des fruits / plant

Les résultats obtenus pour le calibre des tomates (Appendice C, tableau 8.16), montrent que le calibre de catégorie D est majoritaire chez les deux variétés de tomates. Ceci pourrait s'expliquer d'une part, par l'effet de compétition pour les assimilés entre le grand nombre de fruits apparus et d'autre part, par les racines limitées par la surface du pot, ce qui a joué en défaveur de leur calibre, toutefois les

plus gros calibres ont été retrouvés au niveau des derniers bouquets moins nombreux.

Chez la tomate maraîchère, on retrouve tous les calibres, cependant on note que les calibres de catégorie A sont beaucoup moins importants et que les calibres supérieurs à 77mm sont seulement obtenus avec les traitements T23, T32, T33 et T43 avec le mode d'application radiculaire ou foliaire-radiculaire.

Chez la tomate industrielle, on retrouve surtout les calibres de catégorie D et C. On note que les calibres de la catégorie B, sont obtenus qu'aux doses de 25% et de 50% et aux deux modes le foliaire et foliaire-radiculaire. Les calibres de catégorie A sont par contre inexistantes chez la tomate industrielle.

8.1.13. Extrait sec du fruit / bouquet /plant

Les résultats se rapportant à l'extrait sec des fruits/ bouquet sont présentés en appendice C, tableaux 8.17. Les poids des fruits/ plants des deux variétés de tomates sont mentionnés dans le tableau 8.21.

Tableau 8.21 : Extrait sec du fruit / Plant de tomate (%)

V\T	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
ST-P	14.75 ± 1.27 ab	14.60 ± 0.36 ab	16.65 ± 0.65 a	14.51 ± 0.68 ab	16.06 ± 1.10 ab	15.02 ± 0.20 ab	16.23 ± 0.22 ab	14.59 ± 0.58 ab	14.04 ± 0.38 b	15.10 ± 0.38 ab	16.47 ± 0.62 a	15.76 ± 0.35 ab	15.17 ± 0.33 ab
R-G	15.30 ± 0.22 c	15.92 ± 0.86 bc	15.32 ± 0.96 c	16.58 ± 0.76 bc	17.08 ± 0.15 bc	17.57 ± 0.10 ab	18.80 ± 0.76 a	17.50 ± 1.04 ab	17.04 ± 0.77 bc	17.09 ± 1.08 bc	18.89 ± 0.43 a	16.24 ± 1.02 bc	16.07 ± 0.67 bc

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

L'analyse de la variance (Appendice D, tableaux 8.23 et 8.24) révèle qu'il existe une différence significative du facteur traitement sur les extraits secs des fruits / plants de tomates. Pour les plants de la variété Saint-Pierre, la différence est significative (P=0.0065), avec une moyenne générale de 15,23% et pour la variété

Rio-Grande, elle est très hautement significative ($p=0.0008$), avec une moyenne générale de 16,67%.

Le test de la p.p.a.s indique l'existence de groupes homogènes de plusieurs groupes homogènes. Chez la tomate Saint-Pierre, les meilleurs extraits secs ont été obtenus avec les applications radiculaires et foliaires respectivement aux doses de 25% et de 100%. Pour ce qui est de la tomate Rio-Grande, les meilleures valeurs ont été également enregistrées avec les mêmes applications mais aux doses de 50% et de 100%. Toutefois, le témoin a la plus petite valeur pour cette variété. Ces résultats impliquent que le biofertilisant a eu un effet sur la matière fraîche produite surtout pour la tomate industrielle.

8.1.14. Paramètre physiologique

8.1.14.1. Chlorophylle (a, b et c)

Les résultats du dosage de la chlorophylle (Appendice B, tableau 8.18) sont illustrés par les figures 8.33 et 8.34.

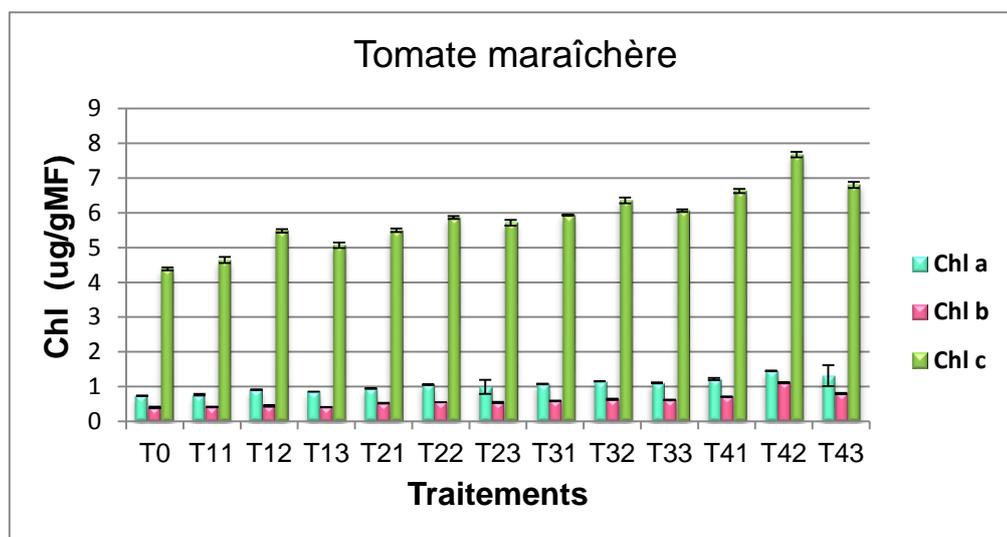


Fig.8.33 : Quantité de chlorophylle dans les feuilles de la tomate variété Saint-Pierre Chl : Chlorophylle

L'analyse de la variance (Appendice D, tableaux 8.25, 26 et 8.27) de l'interaction mode-application du biofertilisant indique qu'il y a une différence très hautement significative (proba= 0.000) du facteur traitement sur la quantité de la chlorophylle (a),(b) et (c) des feuilles médianes des tomates des deux variétés.

Le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ a fait ressortir plusieurs groupes homogènes et a classé les meilleures moyennes.

- Pour la chlorophylle (a) : Les moyennes obtenues sont comprises entre (0.736 $\mu\text{g/g MF}$ et 1.454 $\mu\text{g/g MF}$) pour la tomate maraîchère et entre (0.487 $\mu\text{g/g MF}$ $\mu\text{g/g MF}$ et 1.056) pour ce qui est de la variété industrielle. Il a été également observé que les applications radiculaires sont toujours favorisées par rapport aux autres applications (foliaire-radiculaire) et (foliaires). Les traitements les plus riches en chlorophylle (a) sont dans l'ordre respectif : T42 ; T32 ; T23 et T12. Ces résultats sont en accord avec ceux de [209] qui ont démontré que l'application racinaire du biofertilisant à base d'extraits d'algues marines est plus efficace en comparaison avec l'application foliaire.

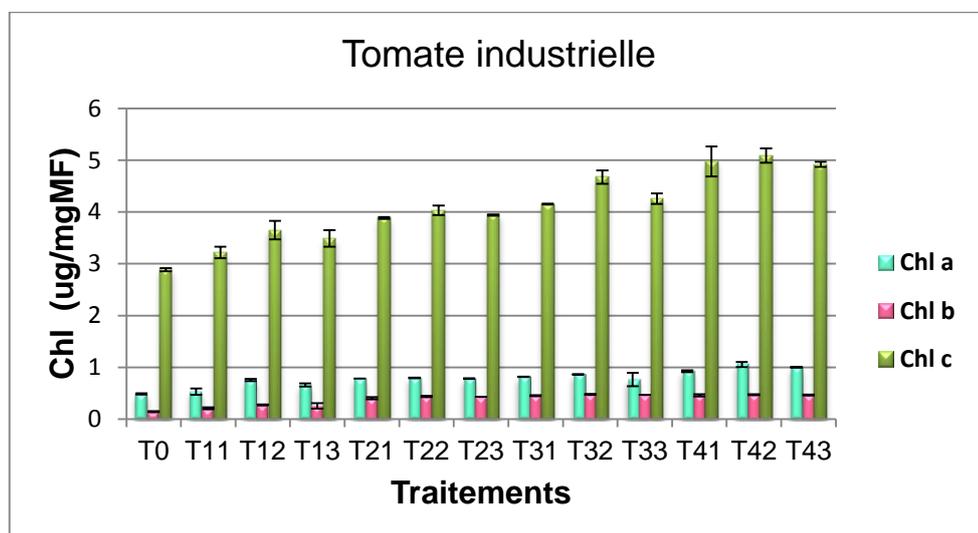


Fig.8.34 : Quantité de chlorophylle dans les feuilles de la tomate variété Rio-Grande Chl : Chlorophylle

- Pour la chlorophylle (b) : Les valeurs présentées dans la figure ci-dessus montrent que les plantes traitées par le biofertilisant avec la dose 100% en application radiculaire (T42), donnent de meilleurs résultats (1.113 $\mu\text{g/g MF}$) et (0.492 $\mu\text{g/g MF}$), respectivement pour la tomate maraîchère et industrielle. En revanche, le témoin et le traitement T11 révèlent les moyennes les plus faibles en chlorophylle (b).

- Pour la chlorophylle (c) : Les résultats indiquent que le traitement répondant le mieux à la chlorophylle (c) est le T42, alors que le moins satisfaisant par rapport à ce

paramètre reste le témoin, que ce soit pour la variété Saint-Pierre ou pour la variété Rio Grande. Les valeurs les plus riches en chlorophylle a, b et c seraient la conséquence de l'action de la bétaine qui a la propriété de diminuer la dégradation de la chlorophylle. Cette hypothèse est en accord avec les travaux de [230] et [231]. Selon ces chercheurs, des effets de perfectionnement du rendement dus au contenu amélioré de chlorophylle dans les feuilles de diverses plantes cultivées, ont été attribués aux bétaines présentes dans les algues. Par ailleurs, les travaux de [159] ont abouti à des résultats similaires concernant la chlorophylle a, b et c.

8.1.15. Paramètre morphologique du fruit

8.1.15.1. Coefficient de forme

Les résultats se rapportant à la morphologie des fruits des tomates sont mentionnés dans le tableau 8.22.

Tableau 8.22 : Coefficient de forme du fruit

T/V	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	0,83	0,70	0,68	0,92	0,80	0,80	0,76	0,87	0,84	0,89	0,74	0,86	0,89
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,04 abc	0,15 bc	0,10 c	0,01 a	0,10 abc	0,10 abc	0,04 abc	0,03 abc	0,03 abc	0,00 ab	0,09 abc	0,05 abc	0,01 ab
R-G	0,91	0,99	0,92	1,06	0,95	0,83	1,10	0,81	1,03	0,82	0,96	1,10	1,11
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,08 ab	0,23 ab	0,18 ab	0,06 ab	0,00 ab	0,00 b	0,08 a	0,06 b	0,02 ab	0,02 b	0,03 ab	0,08 a	0,09 a

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

L'analyse de la variance (Appendice D, tableau 8.28) de l'effet du traitement sur le coefficient de forme montre une différence significative ($p=0.012$) pour la tomate maraîchère et hautement significative ($p=0.009$) pour la tomate industrielle.

Le test de la p.p.a.s confirme la présence de plusieurs groupes homogènes. En se référant aux normes données par [142], il ressort de cette étude que les fruits de la tomate maraîchère sont de forme ronde ou aplatie. Les fruits ronds sont les plus

fréquents. Le coefficient de forme varie de 0,68 à 0,92. Les fruits à la forme aplatie ont un coefficient de forme variant de 0,68 à 0,74, alors que les fruits à la forme ronde ont un coefficient de forme oscillant de 0,80 à 0,92. En ce qui concerne les fruits de la tomate industrielle, ils sont de forme ronde ou allongée, avec 0,81 et 1,11 toujours avec la plus grande fréquence de la forme ronde. Le coefficient de forme des fruits allongés va de 1,03 à 1,11 et celui des fruits ronds varie de 0,81 à 0,99.

8.1.16. Paramètres de qualité

8.1.16.1. pH (potentiel hydrogène)

Le pH est une qualité caractéristique importante de la tomate. Ce paramètre technologique exprime l'acidité globale du fruit qui affecte la saveur en agissant avec le sucre [101]; [232]. Les résultats relatifs à ce paramètre sont mentionnés dans le tableau 8.23.

Tableau 8.23 : Potentiel hydrogène des fruits

T v	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	3.97 ± 0.02 e	4.01 ± 0.07 de	4.13 ± 0.03 abcde	4.20 ± 0.14 abc	4.17 ± 0.16 abcd	4.20 ± 0.11 Abc	4.06 ± 0.06 cde	4.09 ± 0.00 bcde	4.23 ± 0.07 abc	4.30 ± 0.05 a	3.98 ± 0.02 e	4.30 ± 0.02 a	4.27 ± 0.07 ab
R-G	4.05 ± 0.00 ab	4.11 ± 0.20 a	3.98 ± 0.06 ab	3.98 ± 0.16 ab	4.00 ± 0.00 ab	3.99 ± 0.02 Ab	3.87 ± 0.00 bc	4.01 ± 0.07 ab	3.80 ± 0.00 c	3.94 ± 0.03 abc	4.10 ± 0.00 a	3.88 ± 0.00 bc	3.96 ± 0.00 abc

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

L'analyse de la variance (Appendice D, tableau 8.29) de l'effet traitement sur le pH des fruits a montré qu'il existe une différence très hautement significative ($P=0,000$) pour la tomate maraîchère et significative ($P=0,034$) pour la tomate industrielle. Selon [233], afin d'assurer une nourriture saine, un pH maximum de 4,4 est souhaitable néanmoins, l'optimum à atteindre devrait être de 4,25. Par conséquent, nos résultats sont intéressants à cause de leurs faibles pH qui réduisent les risques de prolifération des pathogènes comme *Bacillus coagulans*, lequel est

complètement inhibé par un pH en dessous de 4,1[234]. Le pH de la tomate maraîchère varie entre les valeurs de 3,97 et 4,30. Les fruits les plus acides sont ceux du témoin et du T41 (application foliaire à 100%). Cependant, le pH de la tomate industrielle est compris entre 3,80 et 4,11. Les fruits les plus acides sont obtenus avec le T32 (application radiculaire à 75%). Ces valeurs traduisent l'efficacité du biofertilisant testé et concordent avec celles rapportées par plusieurs auteurs dont [235], qui ont trouvé des valeurs de pH variant entre 3,9 et 4,9 pour les variétés améliorées. L'auteur [236] a mentionné une variation de pH entre 3,1 et 4,1 quant aux auteurs [237], ces derniers ont mentionné un pH qui s'élève à 4,9 pour la tomate mûre. Dans leurs travaux, [238] ont trouvé des valeurs de pH comprises entre 4 et 4,4 tandis que [239] a mentionné des valeurs oscillant entre 4,2 et 4,6.

8.1.16.2. Acidité titrable

L'acide citrique représente 9% et l'acide malique 4% de la matière sèche de la tomate [64]. Ces acides sont responsables de l'acidité du fruit et jouent un rôle important dans la qualité gustative de la tomate.

Les résultats de l'analyse du taux d'acidité des fruits de tomates (Appendice C, tableau 8.19) sont illustrés par la figure 8.35.

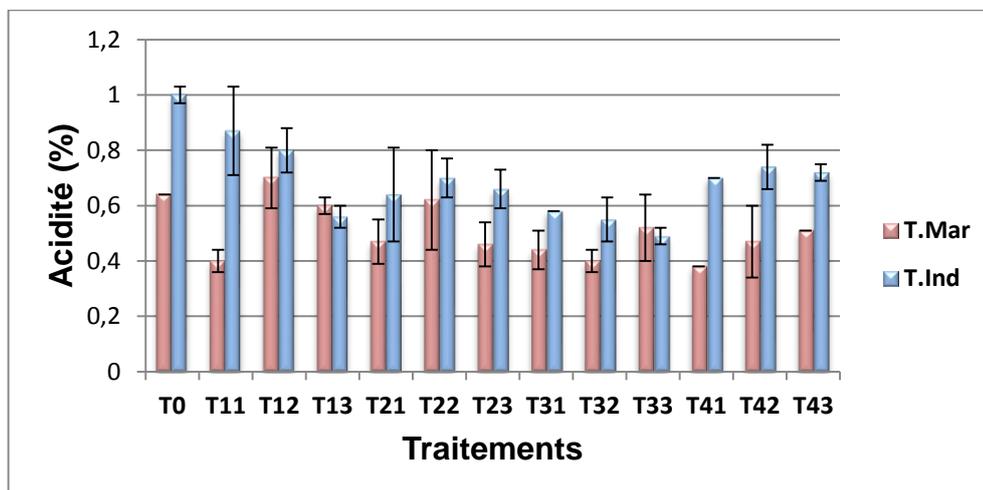


Fig. 8.35 : Taux d'acidité dans le jus des deux variétés de tomates
T.Mar : Tomate maraîchère ; T.Ind : Tomate industrielle

L'analyse de la variance (Appendice D, tableau 8.30) du facteur traitement a révélé un effet significatif sur le taux d'acidité des fruits de la tomate. Pour la Saint-Pierre ($p=0.0167$) et pour la Rio-Grande ($p=0.0183$).

Le test de NEWMAN et KEULS confirme qu'il existe plusieurs groupes homogènes significativement différents.

Les teneurs en acide citrique de la tomate maraîchère sont comprises entre (0,38% et 0,70%). Les fruits du traitement (T41) de l'application foliaire à la dose de 100% sont les plus acides. Ceux de l'application radiculaire (T12) à la dose de 25% sont les moins acides. Le témoin présente un taux proche du traitement (T22) de l'application radiculaire à 50%. Les teneurs du traitement (T11) de l'application foliaire à 25% et de (T32) de l'application radiculaire à 75% sont identiques (0,40%). Pour ce qui est de la tomate industrielle, les teneurs en acide citrique varient entre (0,49 % et 1%). Les fruits du témoin sont cependant moins acides que tous les autres traitements. Les fruits les plus acides sont ceux du traitement (T33) de l'application foliaire-radiculaire à la dose de 75%. Les valeurs obtenues se rapprochent de celles de [240] qui ont trouvé des valeurs comprises entre 0,33% et 0,37%. Par ailleurs, [241], affirme que les variétés de tomates aux fruits ronds ont des taux d'acidité entre 0,42% et 0,75% tandis que les variétés aux fruits allongés sont moins acides avec un taux compris entre 0,36% et 0,45%.

8.1.16.3. Chlorures

Le taux de chlorures est un paramètre de qualité important, sa variation affecte l'expression globale de l'indice de réfraction exprimé en Brix [242]. En plus de sa fonction gustative, le chlorure de sodium (NaCl), est reconnu pour sa vertu antibactérienne [243].

Les résultats relatifs au taux de chlorures se trouvant dans les fruits sont mentionnés dans le tableau 8.24.

Tableau 8.24 : Taux de chlorures contenus dans les fruits (%)

T V	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	0,18 ± 0.00 f	0,21 ± 0.00 ef	0,27 ± 0.68 cde	0,26 ± 0.29 de	0,23 ± 0.00 def	0,37 ± 0.33 ab	0,28 ± 0.84 cde	0,25 ± 0.33 def	0,30 ± 0.16 bcde	0,39 ± 0.33 a	0,29 ± 0.00 bcde	0,35 ± 0.00 abc	0,31 ± 0.34 bcd
R-G	0,19 ± 0.34 e	0,23 ± 0.00 de	0,28 ± 0.17 bcd	0,26 ± 0.29 cde	0,25 ± 0.33 cde	0,33 ± 0.34 abc	0,31 ± 0.34 abcd	0,27 ± 0.33 bcde	0,29 ± 0.00 bcd	0,35 ± 0.59 ab	0,23 ± 0.00 de	0,33 ± 0.34 abc	0,37 ± 0.33 a

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

L'analyse de la variance (Appendice D, tableau 8.31) du facteur traitement a montré une différence très hautement significative sur le taux de chlorures. Pour la tomate maraîchère ($p= 0.002$) et pour l'industrielle ($p= 0.0019$). Le taux de chlorures contenu dans les tomates maraîchères varie entre (0,18% et 0,39%). Les valeurs les plus élevées sont obtenues avec les plants de tomates ayant reçu les traitements T22 et T33, correspondants aux applications (radiculaire et foliaire-radiculaire de 50% et 75%, avec les valeurs respectives de 0,35% et 0,39%, suivis du T42 où l'application radiculaire est à 100%. En ce qui concerne les taux de chlorures des tomates industrielles, ils sont compris entre (0,19% et 0,37%). Les plus hautes valeurs étant celles des traitements T33 et T43 qui correspondent aux applications foliaire-radiculaire de 75% et 100%, avec les valeurs respectives de 0,35% et 0,37%. Ces résultats montrent clairement que le biofertilisant utilisé a agit positivement sur le taux de chlorures contenu dans les fruits, en favorisant l'augmentation de ces derniers dans les fruits de tomates. Les applications de la combinaison foliaire-radiculaire aux plus fortes doses (75% et 100%) sont les plus efficaces. Cela serait dû à la richesse des algues marines en éléments minéraux comme l'ont affirmé [164]. En effet, elles sont une source riche en ions sodium et elles contiennent de fortes concentrations en potassium, magnésium, calcium et en phosphore. Les minéraux les plus présents sont le potassium (1à11%), le sodium (2à 6%) ainsi que le chlore (3à 9%) [244] ; [245]; [246]. L'application des algues

marines accroîtraient donc, les éléments traces contenus dans les plantes cultivées [247]; ce qui selon [212], conduit à l'amélioration de la qualité et à l'augmentation du rendement des cultures.

8.1.16.4. Brix (indice de réfraction)

Les résultats relatifs aux taux de Brix dans les fruits de tomates étudiés sont mentionnés dans les tableaux 8.25 ; 8.26 ; 8.27 et 8.28.

Tableau 8.25 : Taux de Brix des tomates du premier bouquet (%)

$\frac{T}{V}$	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	4.30 ± 0.20 d	4.40 ± 0.00 cd	4.60 ± 0.43 abc d	4.25 ± 0.00 d	4.55 ± 0.30 bcd	4.50 ± 0.26 bcd	4.80 ± 0.16 abc d	4.35 ± 0.19 d	4.50 ± 0.26 bcd	5.10 ± 0.26 ab	4.70 ± 0.58 abc d	5.15 ± 0.24 a	5.00 ± 0.00 abc
	4.40 ± 0.00 e	4.45 ± 0.30 e	4.65 ± 0.00 de	5.20 ± 0.00 abc d	4.76 ± 0.36 bcd e	4.90 ± 0.35 abc de	5.30 ± 0.00 abc de	4.85 ± 0.30 abc de	5.00 ± 0.00 abc de	5.35 ± 0.66 ab	4.70 ± 0.53 cde	5.40 ± 0.00 a	5.15 ± 0.10 abc d

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

L'analyse de la variance (Appendice D, tableau 8.32) de l'interaction dose-mode d'application du biofertilisant révèle une différence significative des moyennes de la teneur en Brix du premier bouquet pour la Saint-Pierre ($p= 0.039$) et une différence hautement significative pour la Rio-Grande ($p= 0.010$). Par conséquent, il existe un effet de l'interaction sur le taux de sucre. L'analyse statistique du test de Newman et Keuls montre une différence significative au risque 5% entre les différents groupes homogènes correspondants aux facteurs étudiés doses et modes d'application. Les taux de Brix de la tomate maraîchère sont compris entre 4.25% et 5.15% et ceux de la tomate industrielle oscillent entre 4.40% et 5.40%. Les résultats montrent que les taux de Brix de la tomate industrielle du bouquet1 sont plus élevés que ceux de la tomate maraîchère. Ceci est avantageux en industrie alimentaire, puisque le Brix est un facteur de qualité du concentré de tomate, dans la mesure où il améliore son rendement. Pour les deux variétés de tomates, les meilleurs traitements sont ceux du groupe homogène propre à la dose 100% équivalente à 3mL/L appliquée au niveau

radiculaire T42 et au groupe propre à la dose 75% équivalente à 2,5mL/L appliquée au niveau foliaire-radicaire T33. Ces résultats s'expliquent par le fait que le biofertilisant composé d'algues marines brunes favorise l'accumulation des carbohydrates dans la tomate. En effet, elles représentent une source riche en substances bioactives, antioxydants et métabolites secondaires tels que les caroténoïdes et composés phénoliques [248] affectant positivement le métabolisme cellulaire des plantes cultivées [249]. D'autre part, grâce aux micronutriments et autres matières organiques qu'elles contiennent, ces algues améliorent la fertilité du sol et facilitent l'absorption des éléments nutritifs dont la plante a besoin [214], [211].

Tableau 8.26 : Taux de Brix des tomates du deuxième bouquet (%)

T \ V	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	4.35 ± 0.10 C	4.45 ± 0.34 C	4.65 ± 0.44 bc	4.40 ± 0.00 C	4.35 ± 0.30 C	4.55 ± 0.25 C	4.70 ± 0.20 abc	4.30 ± 0.00 C	4.65 ± 0.25 bc	5.00 ± 0.00 ab	4.75 ± 0.10 abc	5.10 ± 0.12 A	5.05 ± 0.10 ab
R-G	4.25 ± 0.00 f	4.30 ± 0.00 f	4.40 ± 0.00 ef	4.55 ± 0.34 def	4.25 ± 0.00 f	4.75 ± 0.10 cd	4.80 ± 0.16 cd	4.50 ± 0.12 def	5.65 ± 0.44 a	5.10 ± 0.00 b	4.65 ± 0.00 de	5.00 ± 0.00 bc	4.95 ± 0.10 bc

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Concernant le Brix du deuxième bouquet, l'analyse de la variance (Appendice D, tableau 8.33) de l'interaction dose-application révèle une différence significative pour la Saint-Pierre ($p= 0.021$) et très hautement significative pour la Rio-Grande ($p= 0.000$). Le test de la p.p.a.s au risque 5% confirme significativement différents groupes homogènes. Les teneurs en Brix de la tomate maraîchère, varient entre 4.30% et 5.10%. Les meilleures valeurs sont obtenues avec le groupe homogène propre à la concentration de 100% équivalente à 3mL/L appliquée au niveau radiculaire et foliaire-radicaire des traitements T42 et T33. Ces résultats confirment qu'il existe un effet du biofertilisant à base d'algues brunes sur les racines et la croissance des feuilles. Dans le même sens, les études de [160], [168] sur la tomate ont montré que la présence des substances bioactives (vitamines, cytokinines, auxines) stimule le développement des racines et favorise la croissance des feuilles. Pour ce qui est de la tomate industrielle, les taux de Brix sont compris entre 4.25% et

5.65%. Le taux le plus élevé est celui du groupe homogène relatif à la dose de 75% équivalente à 2,5 ml/l du traitement T32 appliqué au niveau radiculaire. Ce dernier est suivi des traitements T33 et T42 correspondants aux doses 75% et 100% respectivement appliquées au niveau foliaire-radiculaire et radiculaire. Des variations de la teneur en Brix ont été relevées entre les fruits des deux bouquets 1 et 2. Ainsi, il a été observé que pour la plupart des traitements, les taux de Brix du bouquet 2 de la tomate maraîchère sont plus élevés que ceux du bouquet 1, en revanche, ceux de la tomate industrielle restent les plus faibles par rapport aux autres bouquets. Ces résultats traduiraient une compétition entre bouquets pour chaque variété de tomate comme le confirment les travaux de [250] sur l'accumulation des composés carbonés, sensibles à la charge en fruits de la plante.

Tableau 8.27 : Taux de Brix des tomates du troisième bouquet (%)

T v	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	4.20 ± 0.20 e	4.27 ± 0.12 e	4.67 ± 0.00 cde	4.53 ± 0.31 cde	4.40 ± 0.12 de	5.80 ± 0.23 a	4.73 ± 0.00 cde	4.47 ± 0.12 de	5.00 ± 0.00 bcd	5.93 ± 0.35 a	4.80 ± 0.31 cde	5.47 ± 0.00 ab	5.13 ± 0.12 bc
	4.33 ± 0.23 d	4.60 ± 0.35 cd	5.00 ± 0.00 bcd	4.87 ± 0.12 bcd	4.80 ± 0.53 bcd	5.33 ± 0.12 ab	5.13 ± 0.12 abc	4.93 ± 0.12 bcd	5.07 ± 0.12 abc	5.13 ± 0.31 abc	4.60 ± 0.35 cd	5.20 ± 0.00 abc	5.67 ± 0.31 a

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

L'analyse de la variance du Brix du troisième bouquet (Appendice D, tableau 8.34) de la tomate révèle une différence très hautement significative pour la Saint-Pierre ($p= 0.000$) et significative pour la Rio-Grande ($p= 0.038$). Le test de Newman et Keuls montre une différence significative entre les groupes selon les doses et les modes d'application. Les taux de Brix de la tomate maraîchère sont compris entre 4,20% et 5,93%. Les meilleurs traitements sont ceux des groupes homogènes spécifiques aux doses 75% et 50% qui correspondent respectivement aux traitements T33 et T22 au niveau foliaire-radiculaire et radiculaire. En ce qui concerne les taux de Brix de la tomate industrielle, ils varient entre 4,33% et 5,67%. Les meilleurs taux en sucre sont obtenus avec les traitements T43 du groupe homogène à la dose 100% appliqué au niveau foliaire-radiculaire et T23 du groupe à

la dose 50% de l'application radicaire. En outre, il a été constaté que la majorité des taux de Brix des bouquets 3 sont plus importants que ceux du bouquet 1 et 2. Ces résultats montrent l'efficacité du biofertilisant sur le taux de sucre des tomates et concordent avec les travaux de [171], [169] qui ont prouvé que ces biofertilisants à base d'algues marines favorisent l'augmentation des sucres solubles de la tomate.

Tableau 8.28 : Taux de Brix des tomates du quatrième bouquet (%)

T \ V	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	4.80 ± 0.00 cd	4.60 ± 0.23 de	5.20 ± 0.00 b	4.95 ± 0.53 bcd	4.35 ± 0.00 e	5.25 ± 0.00 b	5.60 ± 0.00 a	5.15 ± 0.00 bc	4.40 ± 0.00 e	5.75 ± 0.30 a	5.05 ± 0.10 bc	5.30 ± 0.20 b	5.00 ± 0.00 bc
R-G	4.60 ± 0.00 bcd	4.15 ± 0.44 d	4.55 ± 0.53 bcd	5.05 ± 0.10 abc	4.40 ± 0.28 cd	5.20 ± 0.00 ab	5.00 ± 0.00 abc	4.90 ± 0.48 bc	5.00 ± 0.00 abc	5.25 ± 0.10 ab	5.10 ± 0.26 abc	5.00 ± 0.57 abc	5.70 ± 0.62 a

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

L'analyse de la variance du Brix du quatrième bouquet (Appendice D, tableau 8.35) de la tomate révèle une différence très hautement significative pour la Saint-Pierre ($p=0.000$) et significative pour la Rio-Grande ($p=0.029$). Comme pour les autres bouquets, le test de la p.p.a.s. montre une différence significative au risque 5% entre les différents groupes homogènes. Pour la Saint-Pierre, les taux de Brix varient entre 4.35% et 5.75%. Le groupe homogène à la dose 75% équivalente à 2,5mL/L du traitement T33 et le groupe à la dose de 50% équivalente à 1,5mL/L du traitement T23 représentent les meilleures combinaisons. En ce qui concerne la Rio-Grande, les taux de Brix sont entre 4.15% et 5.70%. Le meilleur traitement est T42 à 100% appliqué au niveau radicaire. L'observation de ces résultats montre que les conditions du milieu de culture ont favorisé l'augmentation du taux de Brix dans les fruits du bouquet 4. Ce bouquet moins chargé, présente des fruits volumineux. Les substances bioactives contenues dans les algues brunes et la position en hauteur du bouquet 4 sur le plant de tomate favorisent la photosynthèse, ce qui entraîne une meilleure migration des sucres des feuilles vers les fruits lors de leur maturation. De même, [251] montrent que les activités enzymatiques sont en association avec la photosynthèse des carbohydrates. Cette observation a été affirmée par [252] qui

indique que le sucre est aussi importé des feuilles sous forme de saccharose puis hydrolysé dans les fruits en glucose et en fructose. Nos résultats concordent avec ceux de [159] qui affirment que l'amélioration de la qualité des plantes est due à la richesse des algues marines en micro et macroéléments qui influencent les conditions du sol [161] et agissent ainsi sur les caractéristiques biochimiques des tomates [169].

L'analyse statistique des quatre bouquets confirme dans tous les cas qu'il existe une différence significative des différents traitements au risque 5%. Il y a un effet de l'interaction dose-mode d'application sur la quantité de sucre contenue dans les fruits de tomates. Concernant les taux de Brix de tous les bouquets, ils varient entre 4.20% et 5.93% pour la tomate maraîchère et entre 4.15% et 5.70% pour la tomate industrielle. Ces résultats se rapprochent des valeurs de [236] qui confirment que la matière sèche soluble de la tomate est comprise entre 4% et 8% avec une moyenne de 5,5%. De même, [114] ont rapporté des taux de Brix entre 4.5% et 6.25% pour la tomate destinée à la transformation.

Il faut noter que l'amélioration du taux de Brix, permet l'amélioration du concentré de tomate en qualité et en quantité. Ainsi une tomate contenant un taux de Brix élevé, conduira à l'obtention de plus de matière fraîche et par conséquent, le coût de revient de production du concentré de tomate sera plus avantageux. Certes, l'industrie de transformation bénéficiera du gain de temps de transformation, d'énergie et de plus de matière première. A titre d'exemple, pour la production d'un Kg de concentré de tomate à 22%, il faudra 3,85 kg de matière fraîche à un Brix de 5,70%. Cependant, avec un Brix de 4,2%, il faudra 5,23Kg de matière fraîche.

8.5.5. Rapport Brix / Acidité

Le rapport Brix/acidité a été défini comme un bon indicateur de la flaveur de la tomate [201] ; [232]. C'est un indicateur important de maturité commerciale et de maturité pour le consommateur.

Les résultats relatifs à l'indice de flaveur (Brix/ Acidité) des tomates étudiés (Appendice C, tableau 8.20), sont présentés dans la figure 8.36.

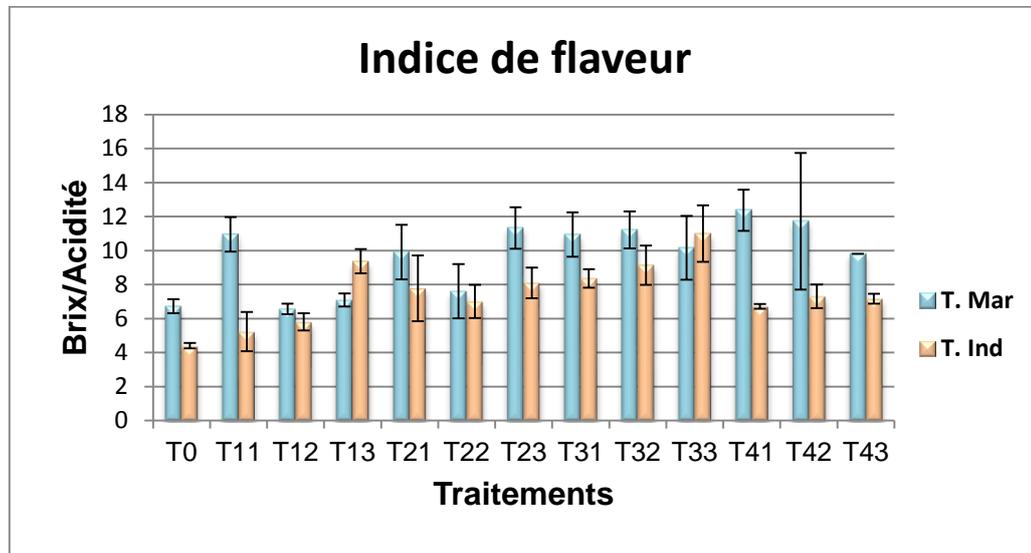


Fig.8.36 : Brix/Acidité des deux variétés de tomates
T.Mar : Tomate maraîchère ; T.Ind : Tomate industrielle

L'analyse de la variance (Appendice D, tableau 8.36) a montré une différence significative de l'effet du biofertilisant sur le rapport Brix/acidité des deux variétés de tomates maraîchère et industrielle. Pour la tomate maraîchère ($p= 0.0146$) et pour la tomate industrielle ($p=0.0053$). Les valeurs obtenues pour la Saint-Pierre varient entre 6,56 et 12,37.

Selon les normes standards recommandées [253] ; [254], ce rapport doit être supérieur ou égal à 7, pour obtenir le meilleur goût de la tomate et garantir une bonne qualité technologique. Mis à part, le témoin et le (T12) de l'application radiculaire à la dose de 25%, nos résultats, montrent que les tomates maraîchères traitées à base d'algues marines sont proches de la valeur standard et donc seraient de bonne qualité technologique. Par conséquent, les fruits du témoin et du (T12) auraient une saveur moindre, qui aurait été affectée par un déséquilibre entre les taux de sucre et d'acidité. En effet, lors de la maturation du fruit, il se produit une modification des teneurs en sucres, en acides et composés volatils [132] ; [255], ce qui atténuerait leur qualité gustative. Pour ce qui est de la tomate industrielle, les valeurs Brix/acidité sont comprises entre (4,40 et 10,99). Les fruits du témoin ainsi

que ceux des traitements (T11 ; T12 et même T41) seraient de qualité médiocre puisqu'ils présentent des valeurs très inférieures à la norme standard. Ces tomates ne sont recommandées ni pour la transformation, ni pour la consommation de table. Cependant, les autres traitements seraient d'une bonne qualité technologique pour l'industrie de transformation.

8.5.6. Couleur des fruits

La couleur de la tomate représente l'une des plus importants paramètres de qualité vis à vis du consommateur, avec une grande préférence pour la couleur rouge intense (deep red) [11], autrement dit, à un stade bien mature. Ce fruit est principalement consommé pour son excellente source en différents antioxydants et métabolites secondaires comme les caroténoïdes et composants phénoliques [248]. Les antioxydants les plus importants dans la tomate sont les carotènes [96] parmi lesquels se trouve le pigment lycopène (molécule intermédiaire dans la biosynthèse du β -carotène) qui est le plus abondant dans la tomate mûre. Ce pigment responsable de la couleur rouge de la tomate est principalement présent sous deux formes lycopène (rouge) et β carotène (orange). Ces deux antioxydants améliorent le processus de détoxification cellulaire et jouent un rôle dans la prévention de nombreux cancers [256]; [88]; [257]; [69]. La tomate est habituellement consommée pour ses qualités organoleptiques qui sont maximales lorsque le fruit atteint un stade de couleur entièrement rouge avant le ramollissement excessif. C'est cette caractéristique externe qui influence la décision du consommateur [258]; [259]. Cependant, la couleur est une qualité complexe du fruit de tomate. Sa complexité est due à la présence d'un système de pigments de diverses caroténoïdes, dont l'apparence est conditionnée par les types de pigments et les concentrations, tous deux soumis à des régulations génétiques et environnementales [113]; [260].

Les résultats se rapportant à la couleur des fruits des tomates (Appendice C, tableau 8.21) sont illustrés par les figures 8.37 et 8.38.

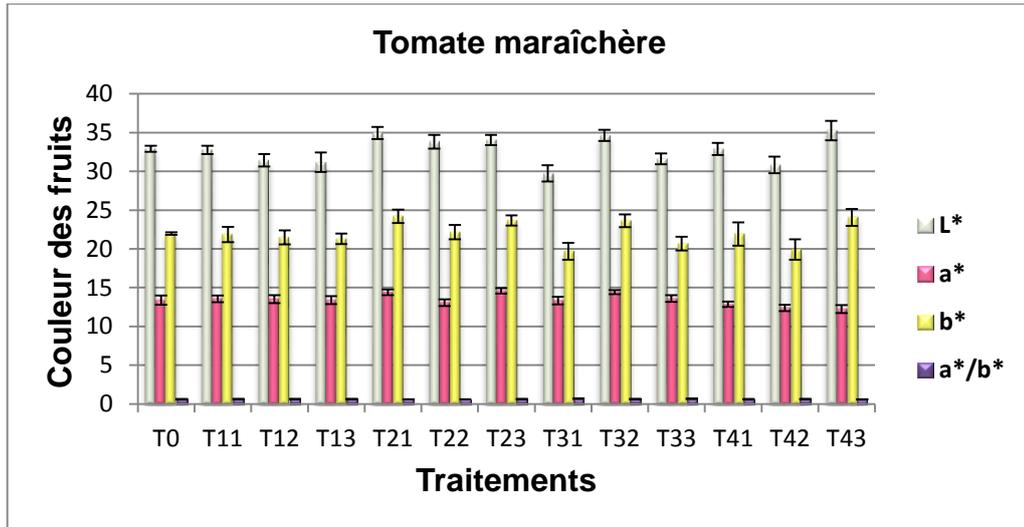


Fig.8.37 : Couleur des fruits de la tomate Saint-Pierre
 L* : Luminosité ; a* : couleur rouge ; b* : couleur jaune ; a*/b* : Indice de maturité

L'analyse de la variance (Appendice D, tableaux 8.37, 8.38 et 8.39) de l'interaction mode-application du biofertilisant montre un effet très hautement significatif ($p= 0.0000$), sur la luminosité (L*), la couleur rouge (a*) et la couleur jaune (b*) chez les deux variétés de tomates. Chez la variété Saint-pierre, les valeurs de L* varient entre 29,72 et 35,27, celles de a* varient entre 12,24 et 14,58 et pour b*, elles sont entre 19,69 et 24,19.

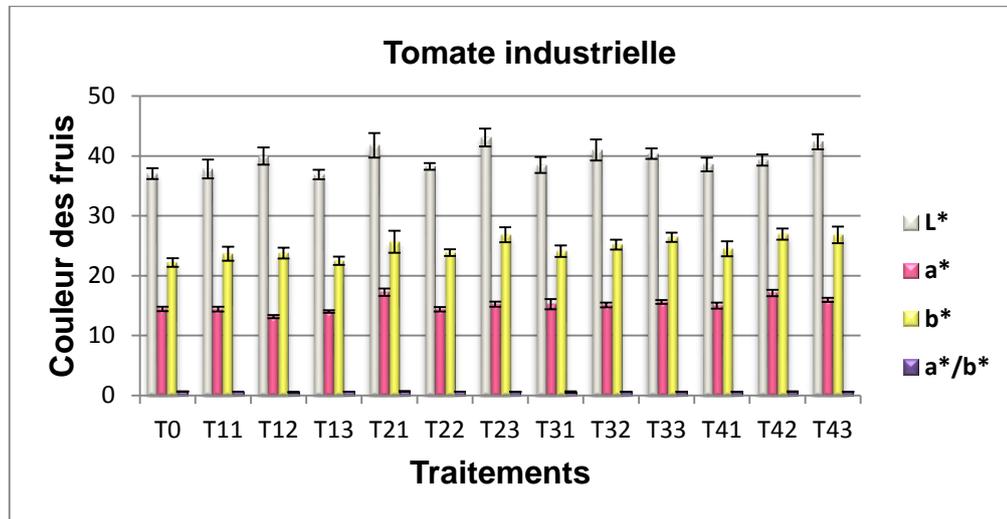


Fig.8.38 : Couleur des fruits de la tomate Rio-Grande
 L* : Luminosité ; a* : couleur rouge ; b* : couleur jaune ; a*/b* : Indice de maturité

Par contre, chez la variété Rio-Grande les valeurs de (L*) varient entre 36,88 et 43,09, celles de a* sont entre 13,15 et 17,24 et pour le b* entre 22,22 et 26,94.

L'apparition de la couleur rouge (a^*) est la conséquence de la dégradation de la chlorophylle en même temps que la synthèse du lycopène et d'autres caroténoïdes comme l'on démontré [260]. Lorsque que la synthèse du pigment rouge débute, il se produit une diminution de la valeur (L^*) indiquant l'obscurcissement de la couleur rose (pink) pour virer au rouge tout entier (full red) [113]; [260].

La couleur jaune (b^*), change très peu durant le mûrissement du fruit car les carotènes (couleur jaune-pâle) atteignent leur plus haute concentration avant le mûrissement du fruit, au moment où, le lycopène (rouge) et le β carotène (orange) achèvent leur pics [258] et [261].

Le rapport (a^*/b^*) (apparition de la couleur rouge/couleur jaune) est considéré comme un paramètre de référence pour le stade de maturité [262]; [263]. C'est un indice objectif de maturité traduisant la perception réelle du consommateur [264]. L'analyse de la variance du rapport (a^*/b^*) se révèle hautement significative pour les deux variétés de tomates. Pour la Saint-Pierre ($p=0.0029$) et pour la Rio-Grande ($p=0.0004$). Les valeurs de (a^*/b^*) de la tomate maraîchère varient entre 0,59 et 0,68 cependant, chez la tomate industrielle, elles varient entre 0,56 et 0,68. En se référant aux normes de classification de couleur [264] [265], les tomates atteignent la couleur rouge après six stades de maturité. Les résultats, (Appendice C, tableau 8.21) traduisent les stades de maturité de la tomate obtenus après récolte. Ils révèlent la couleur rose pour la tomate maraîchère avec un rapport ($a^*/b^*=0,59$). La couleur rouge clair, se situe entre [0,60 - 0,68]. Les traitements les plus efficaces ont été obtenus aux doses de 75% avec les applications foliaires et la combinaison foliaire-radicalaire. Pour la tomate industrielle, la couleur rose apparaît avec un rapport (a^*/b^*) se situant entre [0,56 - 0,59]. Pour la couleur rouge clair entre [0,60 - 0,68]. Les valeurs obtenues sont similaires à celles de la tomate maraîchère. La valeur pour la couleur rouge devrait être atteinte avec un rapport ($a^*/b^*>0,68$). Le traitement le plus satisfaisant chez la tomate industrielle a été observé à la dose de 50% avec l'application foliaire. Ces résultats montrent que l'index de couleur (a^*/b^*) augmente avec la couleur rouge (a^* des tomates, ce qui se traduit par la transformation des chloroplastes en chromoplastes [258]; [259]. Ces derniers étant stimulés plus efficacement par la dose reçue en biofertilisant riche en antioxydants et en composés phénoliques. Les valeurs de la couleur rouge (a^*) obtenues pour la

tomate Rio-Grande sont supérieures à celles de la tomate Saint-Pierre. La couleur rose par contre se traduit par une diminution de (a^*) par rapport aux autres couleurs et donc de la diminution du rapport (a^*/b^*). Les tomates maraîchères de couleur rose auraient une maturité plus lente par rapport aux tomates industrielles. Toutefois, elles atteignent le stade rouge clair aux mêmes valeurs, ce qui pourrait s'expliquer par l'accumulation rapide des caroténoïdes (jaune et orange) par rapport au lycopène à cause d'une hausse de température (stress thermique) comme l'ont démontré les auteurs [266] ainsi que [267] affirmant que la production du lycopène est inhibée lorsque la tomate mûrit à une température supérieure à 32°C. En effet, l'évolution de la couleur des tomates est très sensible aux températures et une bonne plasticité de conversion s'effectue à plus de 12°C et en dessous de 30°C [268]. Ces résultats montrent que les conditions de croissance influencent significativement la coloration du fruit et vont dans le même sens que certains auteurs dont [113] et [269] qui indiquent que la quantité de carotènes et leur activité antioxydante est significativement influencée par la variété, la maturité de la tomate et par l'environnement. Selon [270], la couleur peut être également influencée par la forme du fruit. La biosynthèse des pigments étant sous contrôle génétique et la couleur rouge du fruit de tomate résulte du niveau d'accumulation du lycopène en relation avec le potentiel génétique de la variété et les circonstances environnementales (principalement la température et la lumière) [11] ; [269].

8.5.7. Vitamine C (Acide ascorbique)

L'acide ascorbique est présent à l'état naturel et en quantités assez importantes dans les tomates encore immatures avec une diminution de son taux lors de la maturation du fruit [1]. La qualité organoleptique de la tomate est liée au goût acidulé procuré par l'acide ascorbique associé au sucre. En effet, la saveur du fruit est relative aux teneurs en sucre et en acide [39].

Les résultats concernant le taux de vitamine C dans les fruits de tomates (Appendice C, tableau 8.22) sont présentés par la figure 8.39.

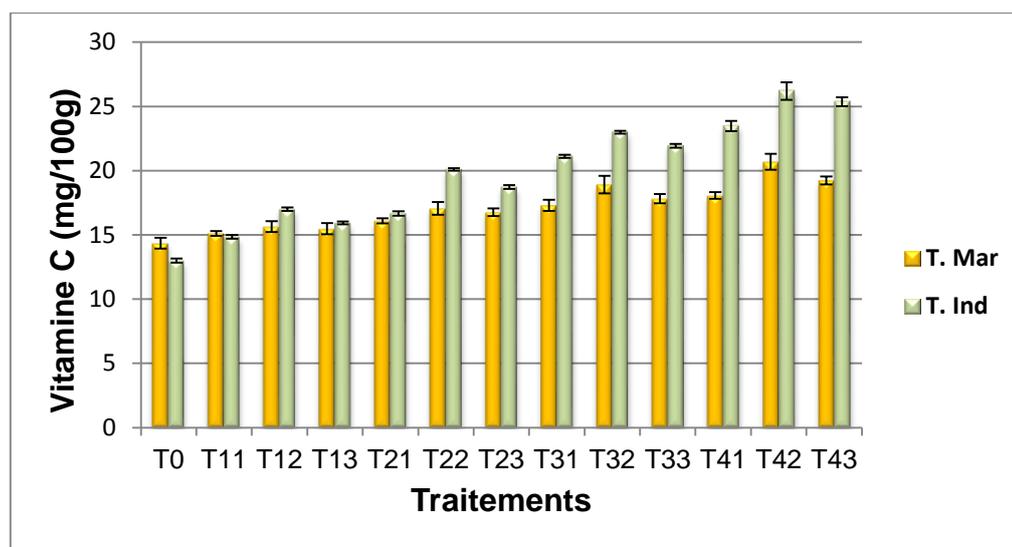


Fig.8.39 : Taux de vitamine « C » dans les fruits de tomates
T.Mar : Tomate maraîchère ; T.Ind : Tomate industrielle

Les résultats de l'analyse de la variance (AppendiceD, tableau 8.41) de l'interaction mode-application du biofertilisant a montré une différence très hautement significative ($p=0,000$) des moyennes de la teneur en vitamine C contenu dans les fruits des tomates des deux variétés maraîchère et industrielle.

L'analyse statistique du test de Newman et Keuls au risque 5%, a montré une différence significative entre les groupes homogènes.

Les taux de vitamine C dans les tomates varient en fonction de la variété et des conditions de culture [271]. Ils sont généralement compris entre (07 et 30 mg/100g) de matière fraîche. Ils peuvent atteindre les (70mg/100g) dans les tomates cerises [122]. Les tomates de petite taille sont plus riches en vitamine C que les tomates de taille plus importante [272], [111]. Les fruits pulvérisés avec le biofertilisant sont riches en vitamine C, particulièrement ceux des traitements T42 (application radiculaire) et T43 (application foliaire-radriculaire) de la plus forte dose 100%, et cela pour les deux variétés de tomates. Les valeurs d'acide ascorbique oscillent entre (14.36 % et 20.70%) pour la tomate maraîchère et sont comprises entre (12.99% et 26.20%) pour l'industrielle. Le taux de vitamine C étant un paramètre nutritionnel non réglementé, sa baisse est interprétée comme étant une perte de la qualité du fruit. Ces résultats concordent parfaitement avec les travaux de [169] qui ont observé une augmentation de la Vitamine C sur la tomate avec les traitements à base d'extrait

d'algues marines (*Sargasum sp*) liquide. Ils coïncident également avec ceux de [211], qui ont démontré que l'application foliaire de sève d'extraits d'algues marines sur la tomate, a aboutit à une nette augmentation du taux d'acide ascorbique du fruit. De même, une amélioration de la quantité vitamine C du fruit a été reportée par [273] sur *Trigonella foenum-graecum* (le fénugrec), en utilisant des extraits d'algues marines en application foliaire. [274] ont également observé des résultats similaires en travaillant sur le gombo (*Ablomusculus esculentus*).

8.5.8. Taux de protéines

Les constituants protéiques sont présents en faible quantité dans les fruits et légumes, toutefois ils sont très importants puisqu'ils interviennent en tant qu'enzymes dans le métabolisme des fruits au cours de leur croissance.

Les résultats relatifs au taux de protéines dans les tomates (Appendice C, tableau 8.23) sont illustrés par la figure 8.40.

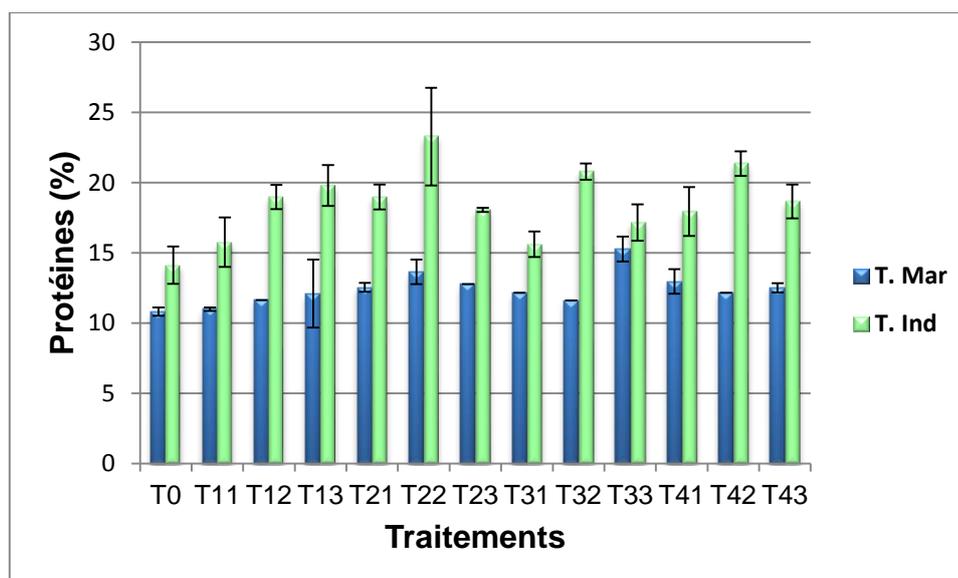


Fig.8.40 : Taux de protéines dans les fruits de tomates
T.Mar : Tomate maraîchère ; T.Ind : Tomate industrielle

L'analyse de la variance (Appendice D, tableau 8.42), du facteur traitement sur la teneur en protéines des tomates révèle un effet très hautement significatif ($p= 0.000$) pour la variété Saint-Pierre et hautement significatif ($p= 0.009$) pour la variété Rio-Grande.

Le test de la plus petite amplitude significative au risque de 5% entre les différents groupes homogènes. Les teneurs en protéines de la tomate maraîchère sont comprises entre (10,81% et 15,27%). La meilleure valeur a été obtenue avec le groupe homogène propre à la concentration 75% équivalente à (2,5 ml/l) appliquée au niveau foliaire-radicaire du traitement T33. En ce qui concerne les taux de protéines de la tomate industrielle, ils varient entre (14,12% et 23,27%). Ces valeurs dépassent largement celles de la tomate maraîchère. Le résultat le plus satisfaisant a été observé avec le groupe homogène propre à la concentration 50% équivalente à (1,5 ml/l) appliqué au niveau radicaire. Les plus faibles pourcentages de protéines ont été relevés chez les témoins des deux variétés de tomates. Ces résultats attestent que le biofertilisant végétal a agit efficacement sur la qualité nutritionnelle des tomates. La nette amélioration du taux de protéines est certainement due aux algues marines brunes utilisées. Bien que ces dernières ne soient pas très riches en azote (environ 5% de la masse sèche [148], cependant elles représentent, une source riche en acides aminés essentiels [275] et en phytohormones telles que les IAA, IBA, gibbérellines et cytokinines [157] qui ont amélioré la composition biochimique des fruits en stimulant la synthèse des carbohydrates par l'accroissement de l'activité photosynthétique d'où l'amélioration du taux de protéines. Des observations similaires ont été rapportés par de nombreux auteurs dont [159], [169]; et [276].

8.5.9. Taux de cendres

Le taux de cendres représente la quantité totale en sels minéraux présents dans un échantillon de fruits de tomates.

Les résultats relatifs au taux de cendres dans les tomates sont présentés dans le tableau 8.29.

Tableau 8.29 : Taux de cendres dans le fruit de tomate (%)

T v	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	09.42	09.45	10.54	12.36	8.49	10.01	11.01	10.50	09.02	10.75	10.02	11.68	10.64
	± 0.36 cd	± 0.04 cd	± 0.30 abc	± 1.45 a	± 0.32 d	± 1.12 bcd	± 1.56 abc	± 0.67 abc	± 0.08 cd	± 0.93 abc	± 0.50 bcd	± 0.28 ab	± 0.06 abc
R-G	09.53	09.67	09.82	09.64	09.86	10.08	10.77	09.94	10.26	10.33	10.00	10.11	09.56
	± 0.01 b	± 0.25 b	± 0.01 b	± 0.28 b	± 0.00 b	± 0.0 ab	± 0.85 a	± 0.14 b	± 0.34 ab	± 0.18 ab	± 0.28 b	± 0.47 ab	± 0.01 b

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

L'analyse de la variance (Appendice D, tableau 8.43) de l'effet traitement du biofertilisant révèle un effet très hautement significatif ($p= 0.000$) sur le taux de cendres de la variété Saint-Pierre et significatif ($p= 0.023$) pour celui de la variété Rio-Grande. Par conséquent, il existe un effet traitement sur les résidus des fruits de tomates.

Le test de Newman et Keuls risque 5% confirme la présence de différents groupes homogènes. Les taux de cendres de la tomate maraîchère varient entre (9,42% et 12,36%). La meilleure valeur a été obtenue avec le traitement T13 à la dose de 25% appliquée au niveau Foliaire-radicaire. Quant à la tomate industrielle, les teneurs en cendres sont entre (09,53% et 10,77%). La meilleure teneur a été enregistrée chez le traitement T23 correspondant à la dose de 50% appliquée au niveau foliaire-radicaire. La plus faible teneur étant celle du témoin. Les traitements appliqués aux fruits de tomates ont permis d'augmenter leurs teneurs en cendres car les algues brunes renferment d'importants pourcentages en éléments minéraux [164], dépassant parfois les 40% [277]. Ces derniers agissent comme des micro et macronutriments, contribuant ainsi à la qualité nutritionnelle et organoleptique des fruits de tomates.

8.5.10. Résidus de pesticides dans les fruits de tomates

Les analyses de résidus de pesticides ont été effectuées dans le but de détecter la présence ou l'absence de traces de pesticides sur les échantillons de fruits de tomates traitées à base de fongicides à titre préventif contre les maladies cryptogamiques.

La présence de résidus de pesticides dans l'alimentation reste une préoccupation majeure pour le consommateur en raison des effets nuisibles qu'ils engendreraient sur la santé humaine [278]. Plusieurs organisations internationales l'Agence de Protection Environnementale (EPA), la commission du Codex Alimentarius, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'Organisation de l'Alimentation et de l'Agriculture (FAO) des Etats unis, ont réglementé l'utilisation des pesticides en fixant les limites maximales des résidus (MRL). La quantité de pesticides dans l'alimentation a été limitée principalement dans le but de protéger la santé des consommateurs [279]. Cependant, ces dernières années, les réglementations établies quant aux niveaux des MRL sont devenues nuisibles. Par conséquent, afin de respecter ces préoccupations de santé, L'Union européenne (EU) a établi de nouvelles directives en optant pour des niveaux faibles de pesticides dans les légumes [278].

Dans cette étude, le Mancozeb utilisé comme premier fongicide préventif est un pesticide non-systémique appartenant au groupe des Dithiocarbamates (DTC) très utilisés en Algérie pour la protection des cultures. Selon la législation européenne (Reg. (EU) 1711/2017), la limite maximale des résidus (MRL) tolérée pour les Dithiocarbamates est de 3 ppm. Le Thiophanate-méthyle utilisé en deuxième traitement est un fongicide systémique à spectre large du groupe des Benzimidazoles. Il est absorbé par les feuilles et les racines. Selon (Reg. (EU) 559/2011), le MRL du Thiophanate - méthyle est de 1ppm. La lecture des résultats des résidus de pesticides indiquent que seulement des résidus en-dessous de la limite de quantification égale à 0.1 mg / Kg ont été trouvés dans les échantillons de tomates pour les Dithiocarbamates incluant le maneb, mancozeb, metiram, propineb, thiram et ziram). Ils sont en-dessous de la quantification égale à 0,01 mg /Kg pour les Thiophanate-méthyle. Ces résultats sont très satisfaisants car ils traduisent

l'absence de traces de pesticides dans les fruits des deux variétés de tomates analysées.

Les autorités internationales concernées par ce sujet s'accordent à dire que la présence d'un pesticide en dessous de sa LMR implique une alimentation sans risque pour la santé humaine. De même, un dépassement de la LMR n'implique pas nécessairement un danger [300]. Les chercheurs [301], ont détecté des résidus de Mancozeb et de thiophanate-méthyle en dessous de la limite autorisée de 0,5 ppm [302], sur des échantillons de tomates récoltées à des mois différents dans des fermes agricoles. Par ailleurs, les auteurs [303], ont détecté des niveaux de résidus de Mancozeb au-dessus de la LMR, relatifs à une utilisation excessive du produit sur les fruits de tomates. D'après ces mêmes auteurs, ces fruits exposeraient les consommateurs à des risques de santé.

Dans cette étude, l'absence des résidus de pesticides indiquent que le temps écoulé entre la période du traitement préventif (3mois pour le traitement au Mancozeb et 2 mois et demi pour le traitement au Thiophanate-méthyle) et le moment de la récolte des fruits à maturité a permis la dégradation totale des résidus de pesticides que ce soit, au niveau du tégument, ou à l'intérieur du fruit. Autrement dit, les pesticides employés bien avant la récolte, aux stades de floraison et début nouaison, à des doses recommandées n'affecteraient pas la santé humaine. Dans le même sens les travaux de [304], réalisés sur les fruits de tomates, ont rapporté que les résidus de Mancozeb à des concentrations de (0,25% et de 0,50%), se sont dissipés en dessous de la limite de quantification de 0.25 mg/ kg après 10 à 15 jours de l'application de la simple et de la double dose respectivement. Ainsi, une heure après l'application du fongicide aux concentrations de 0,25% et de 0,50% les niveaux de Mancozeb déposés dans les tomates étaient de 3.96 mg/ kg et de 6.98 mg/ kg respectivement. Après un jour d'application, le résidu s'est dégradé à un niveau moyen de 3.42 mg/Kg accusant ainsi une perte de 13.63 % à la concentration de 0.25 %. Au bout de 3, 5 et 7 jours après application du fongicide, les niveaux de résidus avec la concentration de 0.25 % étaient de 2.45, 1.33 et de 0.53 mg /Kg, respectivement, tandis qu'avec la double concentration 0.50 %, les valeurs des résidus correspondaient à 5.68, 3.28 et de 1.08 mg/kg, respectivement. Au 10ème jour, la valeur du résidu était de 0.56Kg /mg. Les auteurs cités, ont estimé que le

délai de sécurité après traitement de la tomate avec le Mancozeb était de 3 jours avant la récolte. D'autres auteurs [278], ont traité des pommes au Thiophanate-méthyle, à une dose de (65g/100l). Les résultats des résidus analysés au bout d'une heure, 3, 7 et 10 jours ont montré une dégradation progressive de cette matière active. Le dépôt initial de résidus était de 3.34 mg/kg sans aucune perte. Après un jour de traitement, le fongicide a atteint 1.82 mg/kg. La perte enregistrée était de 45.50 %. Trois jours après l'application du traitement, les résidus de Thiophanate-méthyle avaient atteints 0.49 mg/kg, avec une perte de 85.32 % dans le méthyle thiophanate. Sept et dix jours après la pulvérisation, la dégradation des résidus est arrivée jusqu'aux valeurs de 0.18 et 0.10 mg/kg, respectivement. Ainsi, quinze jours après le traitement, aucune quantité de résidus de Thiophanate-méthyle n'a été décelée. Les auteurs [305], ont observé la même dégradation en récoltant les fruits quinze jours après le traitement. La détermination des résidus de Thiophanate-méthyle sur les pommes, était en-dessous de la limite maximum des résidus LMR) 0,5mg/kg [302]. Les auteurs cités ont par conséquent, conclu que les fruits traités au Thiophanate méthyle- pouvaient être récoltés trois jours après traitement sans risques. Les travaux de [306] ont confirmé les mêmes résultats.

Plusieurs facteurs peuvent affecter la persistance de pesticides aussi bien les facteurs physiques que chimiques comme la lumière, la température, le pH et l'humidité [278]. Par conséquent, il est important de connaître la période végétative durant laquelle les pesticides risquent de migrer dans le fruit. Pour cela, il serait judicieux d'appliquer des traitements à différents stades du développement de la culture, notamment aux moments du grossissement et du mûrissement des fruits.

CONCLUSION

Le choix raisonné de la culture et l'élaboration d'un protocole expérimental adéquat ainsi que le suivi rigoureux de l'expérimentation ont conduit à l'obtention de résultats attendus. Les principaux objectifs de notre étude, notamment l'amélioration des performances et de la qualité des tomates des deux variétés « Saint-Pierre » et « Rio-Grande » sous l'effet du biofertilisant à base d'algues marines brunes ont été atteints.

Les méthodes d'analyses statistiques adoptées, ont donné des résultats significatifs à très hautement significatifs, tant pour les paramètres biométriques, physiologiques, de production et de qualité des fruits.

Cette étude montre que les meilleurs traitements sont ceux où les doses sont de 100% (3ml/l) et 75% (2,5ml/l) appliquées principalement au niveau foliaire-radicaire et au niveau radicaire pour la plupart des paramètres étudiés. L'application de ces doses a permis d'obtenir des tomates d'une bonne qualité organoleptique et nutritionnelle. Les analyses chimiques effectuées n'ont décelé aucune trace de résidus de pesticides dans les fruits, c'est ce qui est recherché pour la santé humaine.

Les traitements aux différentes doses et modes d'application du biofertilisant végétal ont joué un rôle remarquable dans la croissance et l'amélioration de la vigueur des plants de tomates ainsi que dans l'accroissement des rendements.

L'amélioration des paramètres de croissance a été particulièrement constatée avec les applications radiculaires qui ont augmenté la hauteur des plants de tomate même à faibles doses. La vigueur des tiges a significativement augmenté pour les deux variétés de tomates expérimentées aux doses de 75% et de 100%. Ces mêmes traitements ont favorisé la floraison et la fructification (29,80 fruits / plant de tomate maraîchère et 25,20 fruits / plant de tomate industrielle).

L'expérimentation a également montré une compétitivité entre les différents bouquets notamment sur l'aspect nutritif aux stades de floraison et de nouaison. Ainsi, les fruits des deux premiers bouquets sont de moindre calibre et plus nombreux que les fruits du troisième bouquet. En effet, l'application des fortes doses au moment de la floraison s'est traduite par l'apparition d'un nombre important de boutons floraux et donc de fleurs entrant en compétition.

La récolte de la tomate étant échelonnée, le troisième bouquet a bénéficié de plus d'éléments nutritifs surtout avec les fortes doses du biofertilisant aux stades de nouaison et de grossissement du fruit. En outre, l'étêtage chez la tomate maraîchère, a contribué à l'augmentation au grossissement des fruits.

Les meilleurs rendements ont été atteints à la dose de 100% pour les deux variétés de tomates. La production/ plant de tomate maraîchère représente une valeur de (114 3,36g/plant) avec l'application radiculaire et celle de la tomate industrielle (744,28g/plant) avec l'application du biofertilisant foliaire-radiculaire. De ce constat, on peut dire que le biofertilisant testé est intéressant en agriculture.

Aussi, le biofertilisant végétal testé a permis une meilleure synthèse chlorophyllienne dans les feuilles et par conséquent l'obtention d'un taux de carbohydrates appréciable dans le fruit. En effet, le taux de sucre est un paramètre technologique très important puisqu'il détermine la qualité du fruit et du produit fini, sans pour autant oublier qu'il influence directement l'appréciation du consommateur au même titre que la couleur. Le meilleur taux de Brix de la tomate maraîchère a atteint une valeur de 5,93% à la dose de 75% et celui de la tomate industrielle 5,70% à la dose de 100%. En plus de l'amélioration qualitative qu'ils apportent, ces taux de Brix permettent une amélioration quantitative du produit transformé, puisqu'ils améliorent le rendement du concentré de tomate tout en réduisant le coût de production.

Il est à noter que le taux de Brix est étroitement lié aux taux d'acidité et de chlorures puisque ces derniers interviennent dans la qualité gustative de la tomate.

Les autres paramètres de qualité des fruits mesurés, tels que le pH, les taux d'acidité, de chlorures, de vitamine C, de protéines et de cendres ont également été

améliorés grâce la richesse des algues marines en éléments nutritifs et en substances bioactives qui enrichissent le sol tout en stimulant la photosynthèse. Par conséquent, ils améliorent la composition biochimique du fruit de tomate. Ces paramètres sont aussi bien recherchés par les consommateurs que par les producteurs car ils jouent un rôle déterminant pour la qualité du fruit que ce soit à l'état frais ou transformé.

Les différents traitements appliqués aux plants de tomates ont abouti à des taux de pH satisfaisants. Ce paramètre hygiénique de la tomate maraîchère n'excède pas la valeur de 4,30 et celui de la tomate industrielle la valeur de 4,11. Ces taux de pH dans les tomates testées sont relativement acides et permettent le maintien de l'hygiène du produit alimentaire en limitant les risques de prolifération des microorganismes. Pour les tomates transformées, ces taux doivent être inférieurs à 4,5 pour être conformes aux normes des conserves alimentaires d'origine végétale [307].

Les meilleurs taux d'acide ascorbique (20.70% pour la tomate maraîchère et 26.20% pour l'industrielle), ont été enregistrés à la plus forte dose 100% avec les modes d'applications (radiculaire et foliaire-radulaire). Sur le plan organoleptique, la tomate fraîche ou transformée bénéficie d'une meilleure saveur. Sur le plan nutritionnel, la vitamine C représente un antioxydant très puissant participant à la détoxification cellulaire et à la prévention contre de nombreuses maladies liées aux stress (cardiovasculaires, cancers) et empêche la dégradation des produits alimentaires.

L'expérimentation a montré que l'amélioration de la tomate ne dépend pas uniquement des facteurs (doses, modes d'application) mais aussi de la maîtrise des conditions techniques et environnementales. Compte tenu des résultats, le biofertilisant à base d'algues brunes confirme par ses effets bénéfiques de l'amélioration de la qualité de la culture de tomate et de la fertilité du sol sous forme d'engrais naturels très importants dans l'enrichissement des sols et l'assainissement des nappes phréatiques. Par conséquent, les biofertilisants à base d'algues brunes constituent aussi une excellente source d'engrais naturels, durables et renouvelables qui pourraient être substitués aux engrais chimiques car ils contribuent à la

dépollution du sol et permettent la préservation d'un milieu sain, respectueux de l'environnement et de la santé humaine.

Les recommandations qui ressortent de cet essai quant à l'application du biofertilisant à base d'algues marines brunes sont les suivantes :

- Les traitements les plus efficaces sont les applications au niveau racinaire et foliaire-racinaire. Les applications foliaires donnent aussi des résultats appréciables sur la culture de tomate, néanmoins, à fortes doses, il y a apparition de brûlures sur les feuilles. Nous suggérons :
- Au stade végétatif : application de doses progressives après transplantation.
(Après un temps d'adaptation).
- Au stade floraison } - 75% à 100% pour la tomate maraîchère
dosage de } - 75% pour la tomate industrielle
- Au stade nouaison } - 100 % pour la tomate maraîchère
dosage de } - 75 % pour la tomate industrielle
- Au stade grossissement du fruit } - 100% pour la tomate maraîchère
dosage de } - 75% à 100 % pour la tomate industrielle

Appliqué en plein champ, le biofertilisant testé est certainement plus prometteur avec des résultats satisfaisants comparativement à la culture en pots où le développement du système racinaire est limité.

A travers ces résultats jugés satisfaisants en majorité et compte tenu d'une part, de l'importance et de l'enjeu économique de la culture de tomate en Algérie et d'autre part, des besoins et des exigences du consommateur en produits de qualité, il serait judicieux d'approfondir ce travail de recherche, tant sur l'aspect quantitatif que qualitatif, par une étude variétale dans le contexte algérien.

APPENDICE A

LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

CE : Conductivité Electrique

S.A.U : Surface Agricole Utile

I.T.G.C : Institut Technique des Grandes Cultures

I.T.C.M.I : Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles (Staouali)

I.T.A.F : Institut Technique d'Arboriculture Fruitière et de la Vigne (Boufarik)

S.I.M : Unité de Conserverie de Blida (filiale Aqua SIM)

C.R.S.F.A : Centre de Recherche, de Formation et d'expérimentation en Agriculture
(Italie)

CIE : Commission Internationale d'Eclaircissement

ISO/AFNOR : Association Internationale de Normalisation / Association française
de Normalisation

LMR : Limites Maximales des Résidus

NF : Normes Françaises

CCM : Chromatographie sur Couche Mince

CG/MS : Chromatographie en phase gazeuse couplée à la Spectrométrie de masse

CLHP : Chromatographie Liquide à Haute Performance

CPG : Chromatographie en Phase Gazeuse

Test F: Test de Fisher

APPENDICE B

FIGURES DE L'EXPERIMENTATION



Fig.7.1 et 7.2 : Plantules de tomate au moment de la transplantation



Fig.7.3 : Transplantation des plants de tomates dans les pots



Fig.7.4 : Dispositif expérimental



Fig.7.5 : Palissage des plants de tomates



Fig.7.6 : Tomate Saint-Pierre au moment de la récolte



Fig.7.7 : Tomate Rio-Grande au moment de la récolte

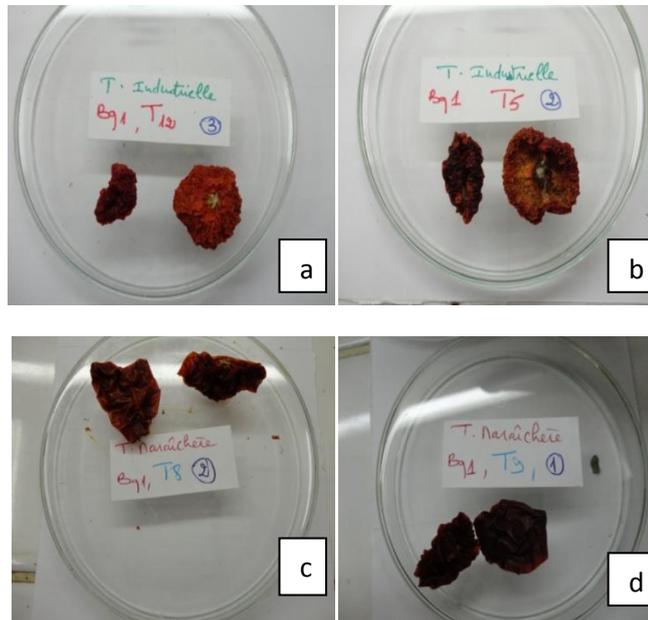


Fig.7.8 : Extraits secs des deux variétés de tomates (Blida1)



Fig.7.9 : Spectromètre (Laboratoire de recherche de biotechnologie des productions végétales, Blida1)



Fig.7.10 : Dosage de l'acidité titrable

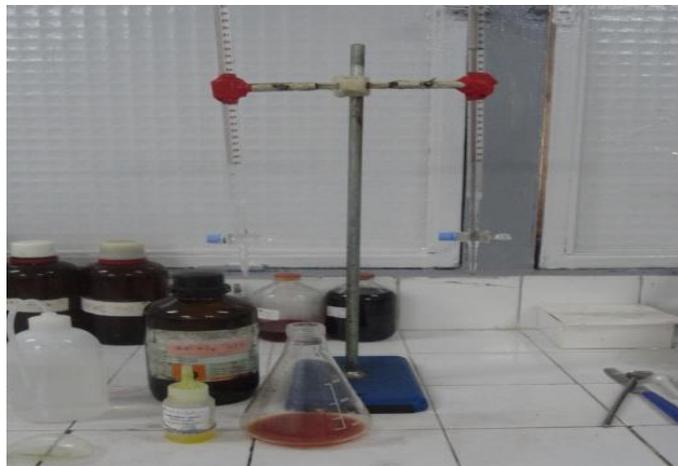


Fig.7.11 : Dosage des chlorures (SIM)

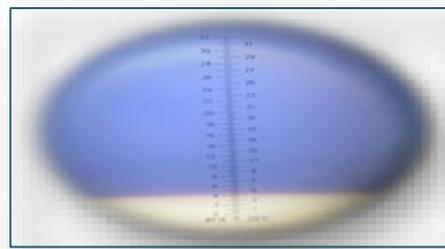


Fig.7.12 : Appareil de mesure du Brix « le refractomètre »



Fig.7.13 : Minolta CR-200 (ITGC, Belfort)

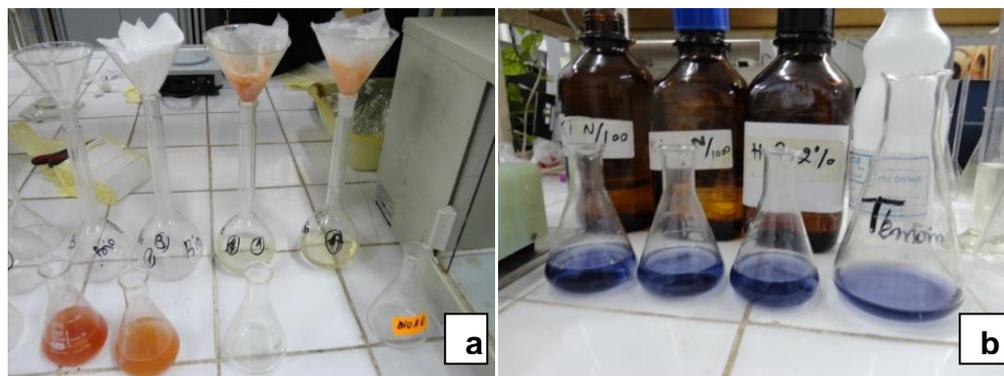


Fig.7.14a et 7.14b : Dosage de la vitamine C

(Laboratoire de recherche de Biotechnologie des productions végétales, Blida1)



Fig.7.15 : Appareil de minéralisation (ITAF)



Fig.7.16 : Appareil de distillation (ITAF)



Fig. 7.17 : Four à moufle pour cendres (ITAF)



Fig.7.18 : Capsules en platine Fig.7.19 : Cendres blanches (ITAF)



Fig.7.20 : Homogénéisation de la tomate (CRFA, Italie)

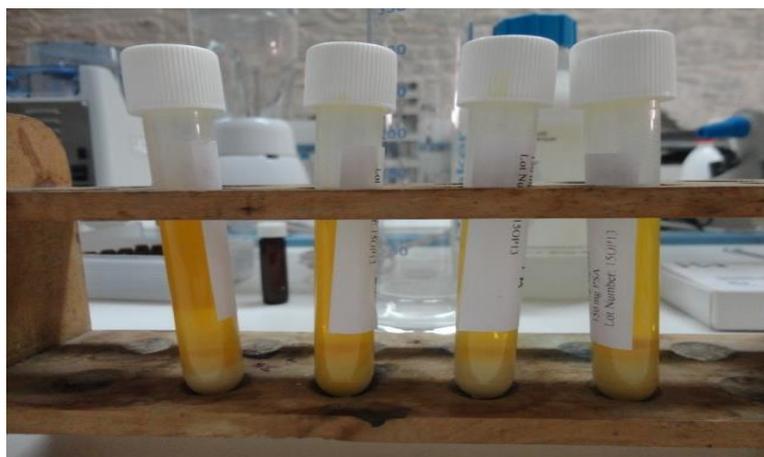


Fig.7.21 : Solutions préparées pour l'extraction de résidus de pesticides (CRSFA, Italie)



Fig.7.22 : Solution MgSO4 PSA (CRSFA, Italie)

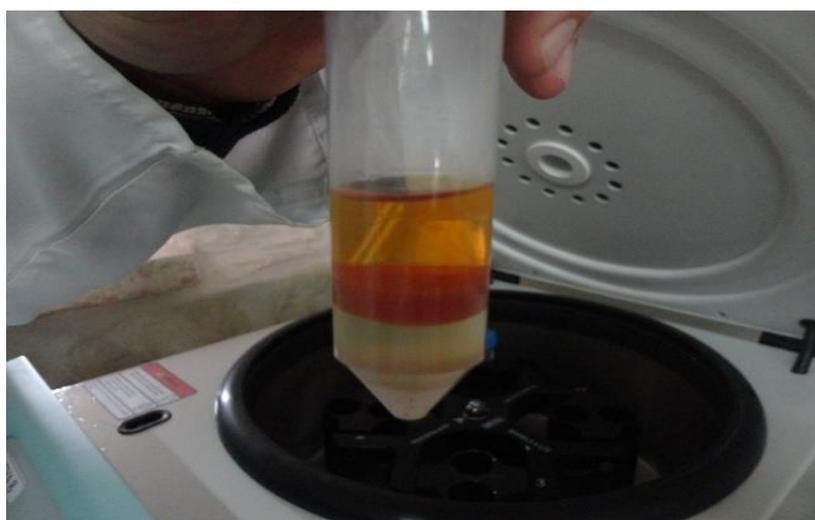


Fig.7.23 : Phase organique après centrifugation de la solution (CRSFA, Italie)



Fig.7.24 : Petits ballons contenant la partie organique (CRSFA, Italie)



Fig.7.25 : Rota vapeur pour purification de la solution (CRSFA, Italie)



Fig.7.26 : Résidus de pesticides après purification (CRSFA, Italie)

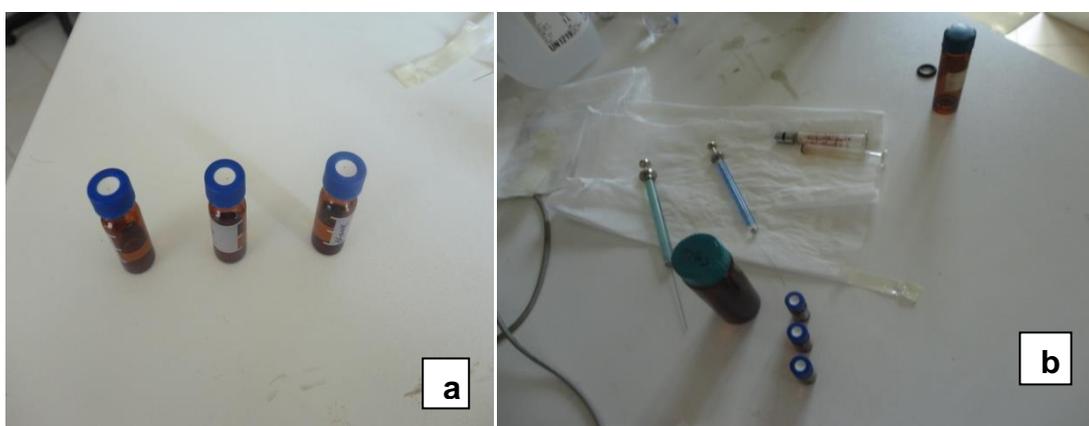


Fig.7.27a et 7.27b : Flacons et seringues pour chromatographie (CRFSA, Italie)

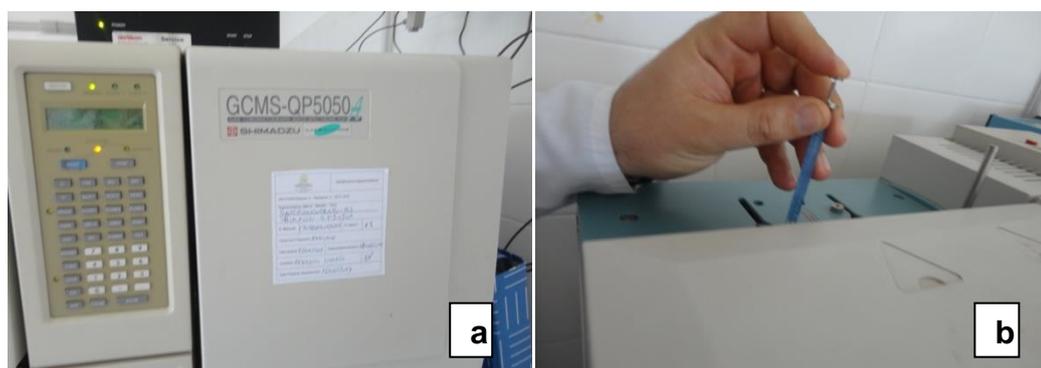


Fig.7.28a et 7.28 b : Injection du produit dans l'appareil GCMS (CRSFA, Italie)

APPENDICE C

TABLEAUX DES RESULTAS DES PARAMETRES MESURES

Tableau 8.1 : Diamètre final de la tige (cm)

V/T	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	13.00 ± 1.00 d	16.00 ± 1.00 bc	14.00 ± 1.00 cd	17.00 ± 1.00 ab	15.00 ± 1.00 bcd	13.67 ± 0.58 cd	13.00 ± 1.00 d	15.67 ± 0.58 bc	18.00 ± 1.00 a	13.00 ± 1.00 d	15.33 ± 0.58 bcd	15.00 ± 1.00 bcd	15.67 ± 0.58 bc
R-G	8.50 ± 0.50 e	10.00 ± 1.00 de	12.00 ± 0.00 abcd	11.00 ± 2.00 abcd	10.67 ± 1.53 dcde	11.00 ± 1.00 abcd	11.00 ± 0.00 abcd	10.50 ± 0.50 cde	10.83 ± 0.76 bcd	13.00 ± 1.00 ab	12.67 ± 0.58 abc	13.00 ± 0.58 a	11.33 ± 0.58 abcd

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Tableau 8.2 : Distance entre bouquets des plants de tomates

V/Bq/T		T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
Tomate maraîchère	Col et bq1	30.33 ± 1.15 d	33.00 ± 2.00 bcd	34.00 ± 1.00 b	31.67 ± 0.58 bcd	37.50 ± 0.50 a	33.50 ± 0.50 bc	31.00 ± 0.00 cd	30.50 ± 0.50 d	33.00 ± 0.00 bcd	27.50 ± 0.50 e	36.00 ± 1.00 d	32.00 ± 2.00 bcd	31.33 ± 0.58 cd
	Bq1 et 2	15.00 ± 0.00 c	16.17 ± 0.29 bc	17.33 ± 0.58 b	16.33 ± 0.58 bc	15.67 ± 0.58 bc	15.50 ± 0.50 c	16.83 ± 0.76 bc	15.33 ± 1.53 c	15.17 ± 0.29 c	16.50 ± 0.50 bc	17.33 ± 1.15 b	16.50 ± 0.50 bc	19.00 ± 0.00 a
	Bq 2 et 3	16.00 ± 0.00 b	16.33 ± 2.08 b	19.33 ± 1.15 a	17.33 ± 2.08 ab	17.60 ± 0.36 ab	19.67 ± 0.29 a	17.20 ± 0.35 ab	17.67 ± 0.58 ab	17.00 ± 0.00 ab	18.00 ± 0.00 ab	17.33 ± 1.53 ab	17.80 ± 0.35 ab	18.33 ± 0.58 ab
Tomate industrielle	Col et bq1	22.00 ± 0.00 cde	21.50 ± 0.50 de	22.33 ± 1.15 cde	22.67 ± 1.15 bcde	22.25 ± 0.25 cde	24.50 ± 0.50 bcd	31.50 ± 0.50 a	23.67 ± 1.53 bcde	25.50 ± 0.50 b	22.33 ± 1.53 cde	25.33 ± 3.51 bc	20.50 ± 0.50 e	21.75 ± 0.75 de
	Bq1 et 2	10.87 ± 0.12 c	12.17 ± 1.04 bc	11.00 ± 1.00 c	11.00 ± 0.00 c	12.33 ± 1.76 bc	12.00 ± 1.00 bc	14.00 ± 1.00 ab	13.67 ± 2.75 abc	15.67 ± 0.58 a	13.83 ± 0.29 ab	11.00 ± 0.00 c	11.00 ± 0.00 c	14.50 ± 0.50 ab
	Bq 2 et 3	11.00 ± 1.00 c	12.33 ± 1.15 bc	13.20 ± 0.26 bc	13.00 ± 1.73 bc	13.33 ± 1.15 bc	11.00 ± 0.00 c	17.33 ± 2.52 a	12.50 ± 0.50 bc	11.47 ± 0.50 c	16.33 ± 3.21 ab	14.50 ± 0.50 abc	12.67 ± 2.31 bc	15.00 ± 1.73 abc

Col : collet ; Bq : bouquet

Tableau 8.3 : Nombre de feuilles

V/T	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	13.33	16.00	17.67	17.67	15.00	19.00	17.67	16.33	18.00	17.00	17.33	19.00	15.67
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	1.15 e	0.00 bcd	0.58 abc	0.58 abc	0.00 de	0.00 a	0.58 abc	0.58 bcd	0.00 ab	1.00 abc	1.53 abc	0.00 a	0.58 abc
R-G	8.67	10.33	11.00	13.50	10.67	11.50	8.67	13.00	12.33	10.67	11.33	11.17	10.00
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.58 b	1.15 ab	1.00 ab	0.50 a	0.58 ab	0.50 ab	1.15 b	1.00 a	1.53 a	2.08 ab	1.53 ab	0.76 ab	2.65 ab

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Tableau 8.4 : Poids frais total (feuilles+tiges) (g)

V/T	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	365.54 ± 34.02 c	390.29 ± 2.53 bc	446.75 ± 11.64 ab	462.93 ± 20.77 a	429.06 ± 38.30 ab	464.18 ± 39.85 a	457.17 ± 15.12 a	464.90 ± 14.07 a	474.11 ± 22.07 a	438.84 ± 3.44 ab	442.74 ± 6.47 ab	425.28 ± 3.95 ab	411.32 ± 18.40 abc
R-G	251.60 ± 5.16 e	299.11 ± 0.66 bcd	270.88 ± 0.95 de	301.01 ± 44.96 bcd	253.80 ± 2.56 e	287.34 ± 10.03 cde	294.53 ± 14.54 cd	304.54 ± 0.54 bcd	335.03 ± 11.50 bc	313.07 ± 24.52 ab	307.35 ± 6.59 bcd	320.97 ± 9.05 bc	352.58 ± 2.78 a

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Tableau 8.5 : Poids sec total des plants de tomates.

T \ V	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	26.53	28.71	39.49	32.67	40.94	37.73	39.04	37.87	28.27	41.96	38.81	52.11	48.23
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.17 k	0.16 j	0.19 e	0.14 i	0.15 d	0.05 h	0.13 f	0.15 h	0.42 g	0.15 c	0.11 f	0.28 a	0.06 b
R-G	21.82	21.34	26.34	23.11	28.30	27.48	24.73	28.53	31.90	31.19	34.14	45.95	42.51
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.17 k	0.31 k	0.32 h	0.66 j	0.36 f	0.16 g	0.09 i	0.23 f	0.33 d	0.30 e	0.24 c	0.37 a	0.19 b

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Tableau 8.6 : Nombre de fleurs par bouquet

V/Bq/T	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43	
Tomate maraîchère	Bq 1	7.40 ± 0.55	7.60 ± 0.55	8.40 ± 0.89	8.00 ± 0.71	8.20 ± 0.84	8.80 ± 0.84	8.60 ± 0.55	8.60 ± 0.89	9.80 ± 0.45	9.20 ± 0.84	9.00 ± 0.71	10.20 ± 0.84	9.60 ± 0.55
	Bq 2	7.00 ± 0.71 f	7.40 ± 0.55 ef	7.80 ± 0.45 cdef	8.60 ± 0.55 bcde	8.60 ± 0.89 bcde	9.00 ± 1.00 abc	8.80 ± 0.45 abcd	7.60 ± 0.89 def	9.80 ± 0.45 ab	9.20 ± 0.45 ab	8.60 ± 0.55 bcde	10.00 ± 0.71 a	9.40 ± 0.55 ab
	Bq 3	16.20 ± 1.64 bc	14.20 ± 0.84 c	18.40 ± 4.22 abc	14.60 ± 1.14 bc	19.00 ± 1.73 ab	16.80 ± 2.68 bc	16.40 ± 2.51 bc	15.00 ± 1.22 bc	17.40 ± 2.79 abc	15.60 ± 0.55 bc	16.40 ± 0.89 bc	16.00 ± 3.08 bc	20.60 ± 1.34 a
Tomate industrielle	Bq 1	6.00 ± 0.71	6.40 ± 0.55	7.00 ± 0.71	6.80 ± 0.84	6.80 ± 0.84	7.60 ± 0.55	7.20 ± 0.84	7.40 ± 0.55	8.60 ± 0.55	8.00 ± 0.71	7.80 ± 0.84	9.20 ± 0.84	8.20 ± 0.84
	Bq2	6.20 ± 0.45 d	6.40 ± 0.55 d	6.60 ± 0.89 d	6.60 ± 0.55 d	7.00 ± 0.71 cd	7.20 ± 0.45 bcd	7.00 ± 0.71 cd	6.60 ± 0.55 d	8.20 ± 0.45 ab	7.40 ± 0.55 bcd	7.20 ± 0.45 bcd	8.60 ± 0.55 a	7.80 ± 0.84 abc
	Bq 3	8.80 ± 0.45 def	8.40 ± 0.55 def	12.20 ± 1.10 a	8.60 ± 0.55 def	10.60 ± 0.55 b	9.40 ± 0.55 cde	7.80 ± 0.45 f	9.60 ± 0.89 bcd	10.20 ± 0.45 bc	8.20 ± 0.84 ef	8.20 ± 0.45 ef	10.60 ± 0.89 b	8.00 ± 0.71 f

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande ; Bq : Bouquet

Tableau 8.7 : Nombre de fleurs / par plant

V/T	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	30.60 ± 1.95 de	29.20 ± 2.95 e	35.00 ± 2.74 abcd	31.20 ± 1.64 cde	35.60 ± 2.88 abcd	34.60 ± 2.30 bcd	35.60 ± 3.36 abcd	33.40 ± 3.05 bcde	37.00 ± 1.87 ab	34.20 ± 3.70 bcde	34.00 ± 3.00 bcde	36.20 ± 2.05 abc	39.60 ± 1.67 a
R-G	21.00 ± 1.00 e	21.20 ± 1.30 e	25.80 ± 1.79 bc	22.00 ± 1.41 de	24.40 ± 1.52 cd	24.20 ± 0.84 cd	22.00 ± 1.58 de	23.60 ± 1.34 cde	27.00 ± 0.71 ab	23.60 ± 1.14 cde	23.20 ± 1.30 de	28.40 ± 1.14 a	24.00 ± 1.87 cd

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Tableau 8.8 : Nombre de fleurs nouées par bouquet

		T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
Tomate maraîchère	Bq1	5.40 ± 0.55 f	7.00 ± 0.71 e	7.80 ± 0.45 de	7.80 ± 0.84 de	8.40 ± 0.55 cd	8.40 ± 0.55 cd	8.00 ± 0.71 d	8.20 ± 0.45 cd	9.60 ± 0.55 ab	8.80 ± 0.45 bcd	8.40 ± 0.55 cd	9.80 ± 0.45 a	9.20 ± 0.45 abc
	Bq2	6.20 ± 0.84 d	6.60 ± 0.55 d	7.80 ± 0.84 c	8.00 ± 1.00 c	8.20 ± 1.10 bc	8.40 ± 0.55 bc	8.20 ± 0.84 bc	6.40 ± 0.55 d	9.40 ± 0.55 ab	8.40 ± 0.55 bc	7.80 ± 0.45 c	9.80 ± 0.45 a	9.20 ± 0.45 abc
	Bq3	14.40 ± 1.14 a	11.20 ± 0.45 c	12.80 ± 0.84 abc	12.00 ± 0.71 bc	13.60 ± 1.52 ab	13.00 ± 1.41 abc	12.00 ± 0.71 bc	13.60 ± 0.89 ab	11.60 ± 0.55 c	11.20 ± 0.84 c	12.60 ± 0.55 abc	12.00 ± 0.71 bc	11.40 ± 0.89 c
Tomate industrielle	Bq1	5.00 ± 0.71 h	5.40 ± 0.55 h	6.60 ± 0.55 efg	6.20 ± 0.45 g	6.40 ± 0.55 fg	7.00 ± 0.00 cdefg	6.80 ± 0.45 defg	7.20 ± 0.45 bcdef	8.00 ± 0.00 b	7.60 ± 0.55 bcd	7.40 ± 0.55 bcde	9.00 ± 0.00 a	7.80 ± 0.45 bc
	Bq2	5.60 ± 0.55 g	6.00 ± 0.00 fg	6.60 ± 0.55 def	6.40 ± 0.55 efg	6.60 ± 0.55 def	7.20 ± 0.45 bcde	7.00 ± 0.00 cde	6.40 ± 0.55 efg	8.00 ± 0.71 ab	7.40 ± 0.55 abcd	6.80 ± 0.45 def	8.20 ± 0.45 a	7.80 ± 0.45 abc
	Bq3	8.00 ± 0.71 cde	7.20 ± 0.84 def	10.60 ± 0.89 a	7.40 ± 0.55 cdef	9.20 ± 1.10 abc	8.80 ± 0.84 bcd	6.00 ± 0.71 f	8.20 ± 1.64 cde	10.00 ± 1.00 ab	8.00 ± 1.00 cde	7.80 ± 1.10 cde	8.60 ± 0.55 bcde	6.80 ± 1.10 ef

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande ; Bq : Bouquet

Tableau 8.9 : Nombre de fleurs nouées /plant

T v	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	26.00 ± 1.58 cd	24.80 ± 0.84 d	28.40 ± 1.95 cd	27.80 ± 2.17 cd	30.00 ± 1.22 ab	30.00 ± 1.58 ab	28.20 ± 1.48 bc	28.20 ± 1.48 bc	30.60 ± 0.89 ab	28.40 ± 1.34 bc	28.80 ± 1.30 bc	31.60 ± 0.55 a	29.80 ± 1.48 ab
R-G	18.60 ± 0.55 c	18.60 ± 0.55 c	23.80 ± 0.84 b	20.00 ± 0.71 c	22.20 ± 1.79 b	23.00 ± 1.22 b	19.80 ± 0.84 c	21.80 ± 2.49 b	26.00 ± 1.58 a	23.00 ± 1.41 b	22.00 ± 1.87 b	25.80 ± 0.45 a	22.40 ± 0.89 b

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Tableau 8.10 : Nombre de fruits par bouquet

		T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
Tomate maraîchère	Bq1	5.20 ± 0.84 e	6.80 ± 0.84 cde	6.80 ± 0.84 cde	6.20 ± 0.84 de	6.60 ± 0.89 de	7.40 ± 1.14 bcd	6.80 ± 0.84 cde	7.00 ± 0.71 cd	9.20 ± 0.45 a	8.40 ± 1.14 abc	7.60 ± 0.89 bcd	9.80 ± 0.84 a	8.80 ± 0.84 ab
	Bq2	4.40 ± 0.55 c	5.80 ± 0.45 bc	7.40 ± 1.52 ab	7.80 ± 1.30 ab	8.00 ± 1.41 a	8.20 ± 1.64 a	8.20 ± 2.05 a	5.80 ± 0.45 bc	9.40 ± 1.67 a	8.60 ± 0.89 a	7.80 ± 0.84 ab	9.80 ± 1.10 a	9.00 ± 0.71 a
	Bq3	9.20 ± 0.84 ab	9.60 ± 1.14 ab	8.20 ± 0.84 ab	10.00 ± 0.71 a	8.60 ± 1.95 ab	9.80 ± 0.84 ab	8.40 ± 0.55 ab	10.20 ± 0.84 a	7.60 ± 0.55 b	9.00 ± 1.87 ab	10.40 ± 1.52 a	9.40 ± 0.89 ab	10.00 ± 0.71 a
Tomate industrielle	Bq1	4.00 ± 0.71 g	4.60 ± 0.55 g	6.20 ± 0.45 cde	5.00 ± 0.71 fg	5.20 ± 0.45 efg	6.40 ± 0.55 cd	5.80 ± 0.84 def	6.20 ± 0.45 cde	8.00 ± 0.71 ab	7.00 ± 0.71 bcd	6.60 ± 0.55 cd	8.80 ± 1.10 a	7.40 ± 0.55 bc
	Bq2	4.40 ± 0.55 g	5.20 ± 0.45 fg	5.80 ± 0.45 ef	6.20 ± 0.45 def	6.00 ± 0.00 def	7.00 ± 0.71 abcd	6.40 ± 0.55 cde	5.80 ± 0.45 ef	7.60 ± 0.89 ab	7.00 ± 0.71 abcd	6.60 ± 0.55 bcde	8.00 ± 0.7 a	7.40 ± 0.55 abc
	Bq3	6.40 ± 1.14 bc	7.00 ± 1.00 bc	7.00 ± 1.73 bc	5.60 ± 0.55 bc	6.80 ± 1.64 bc	5.00 ± 1.41 bc	5.00 ± 1.87 bc	4.60 ± 1.14 c	9.60 ± 1.14 a	7.80 ± 1.64 b	6.40 ± 0.55 bc	7.00 ± 1.22 bc	6.60 ± 1.95 bc

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande ; Bq : Bouquet

Tableau 8.11 : Nombre de fruits par plant

\sqrt{V}^T	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	18.80 ± 0.84 f	22.20 ± 0.84 e	22.40 ± 1.14 e	24.00 ± 1.00 cde	23.20 ± 1.30 de	25.40 ± 1.52 cd	23.40 ± 2.07 de	23.00 ± 1.00 e	26.20 ± 1.30 bc	26.00 ± 2.24 bc	25.80 ± 0.84 bc	29.80 ± 1.87 a	27.80 ± 0.84 ab
R-G	14.80 ± 1.30 e	16.80 ± 0.84 de	19.00 ± 2.35 cd	16.80 ± 0.45 de	18.80 ± 1.41 de	18.40 ± 0.89 d	17.20 ± 2.05 de	16.60 ± 1.14 de	25.20 ± 3.27 a	21.80 ± 2.17 bc	19.60 ± 0.89 cd	23.80 ± 1.30 ab	21.40 ± 2.70 bc

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Tableau 8.12 : Taux d'avortement des fleurs de la tomate /bouquet

		T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
Tomate maraîchère	Bq1	7.22 ± 0.80 a	6.67 ± 0.36 ab	6.22 ± 0.52 ab	4.72 ± 0.33 c	4.44 ± 0.40 c	6.00 ± 0.70 b	4.00 ± 0.35 c	6.22 ± 0.61 ab	3.82 ± 0.63 c	6.00 ± 0.71 b	4.22 ± 0.44 c	3.64 ± 0.83 c	3.82 ± 0.46 c
	Bq2	16.11 ± 1.10 a	11.67 ± 0.98 b	10.89 ± 0.79 b	2.00 ± 0.61 d	8.67 ± 0.74 bc	6.00 ± 1.00 c	6.22 ± 0.44 c	15.55 ± 6.09 a	7.15 ± 1.04 c	8.25 ± 1.03 bc	10.44 ± 0.61 b	10.48 ± 0.80 b	8.62 ± 0.58 bc
	Bq3	22.44 ± 4.83 a	14.39 ± 0.89 b	8.02 ± 0.58 c	11.85 ± 1.34 bc	11.75 ± 1.63 bc	7.89 ± 0.72 c	21.62 ± 2.42 a	22.20 ± 2.35 a	7.99 ± 0.77 c	13.61 ± 2.21 b	14.07 ± 1.82 b	12.93 ± 1.86 b	13.24 ± 3.05 b
Tomate industrielle	Bq1	17.50 ± 1.92 a	3.13 ± 0.32 d	13.75 ± 1.14 b	9.38 ± 0.73 c	9.03 ± 0.71 d	3.13 ± 0.30 d	9.03 ± 0.67 c	3.13 ± 0.76 d	0.00 ± 0.00 e	8.33 ± 0.71 c	3.13 ± 0.49 d	2.78 ± 0.38 d	2.78 ± 0.15 d
	Bq2	2.86 ± 0.78 e	0.00 ± 0.00 f	2.86 ± 0.69 e	8.00 ± 0.35 c	2.50 ± 0.56 e	2.50 ± 0.34 e	8.44 ± 0.52 c	9.80 ± 0.39 b	4.44 ± 0.51 d	10.94 ± 0.94	0.00 ± 0.00 f	10.22 ± 0.50 ab	2.50 ± 0.50 e
	Bq3	4.00 ± 0.61 d	0.00 ± 0.00 f	8.92 ± 0.19 a	6.00 ± 0.61 c	0.00 ± 0.00 f	1.82 ± 0.35 e	4.44 ± 0.40 d	2.00 ± 0.35 e	0.00 ± 0.00 f	4.00 ± 0.35 d	0.00 ± 0.00 f	7.25 ± 0.29 b	5.86 ± 0.15 c

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande ; Bq : Bouquet

Tableau 8.13 : Taux d'avortement des fleurs de la tomate /plant

V/T	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	45.77 ± 5.64 a	32.73 ± 2.14 b	25.13 ± 1.51 d	18.57 ± 2.10 e	24.86 ± 1.66 d	19.89 ± 0.99 e	31.84 ± 2.56 bc	43.97 ± 4.24 a	18.97 ± 0.33 e	27.86 ± 1.81 bcd	28.74 ± 2.15 bcd	27.05 ± 1.20 cd	25.68 ± 2.54 d
	24.35 ± 2.03 ab	3.13 ± 0.32 h	25.53 ± 1.50 a	23.38 ± 0.91 bc	11.53 ± 0.75 f	7.45 ± 0.82 g	21.91 ± 0.71 c	14.93 ± 0.91 e	4.44 ± 0.51 h	23.27 ± 1.37 bc	3.13 ± 0.49 h	20.26 ± 0.79 d	11.14 ± 0.50 f

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Tableau 8.14 : Poids moyen des fruits/ bouquet

		T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
Tomate maraîchère	Bq t1	140.84 ± 0.86 g	161.55 ± 3.16 fg	199.42 ± 16.53 e	160.76 ± 13.71 fg	169.06 ± 16.53 f	217.11 ± 9.19 de	202.16 ± 13.12 e	206.42 ± 7.91 de	283.30 ± 13.09 b	225.85 ± 13.61 cd	218.19 ± 12.63 de	339.55 ± 13.51 a	240.62 ± 13.21 c
	Bqt2	103.33 ± 7.52 f	156.59 ± 14.54 e	229.08 ± 19.78 d	216.15 ± 11.68 d	218.39 ± 8.61 d	260.58 ± 15.57 bc	236.77 ± 13.29 cd	260.58 ± 19.78 bc	276.98 ± 19.40 b	251.33 ± 5.43 b	261.32 ± 19.58 bc	356.49 ± 13.01 a	273.37 ± 16.40 bc
	Bq 3	378.41 ± 27.73 defg	358.55 ± 28.42 fg	363.30 ± 18.77 fg	344.57 ± 38.34 g	407.82 ± 23.05 cdef	419.20 ± 23.15 cde	374.54 ± 15.36 efg	478.76 ± 11.24 a	428.73 ± 33.52 bcd	380.77 ± 9.08 defg	482.30 ± 7.43 a	447.24 ± 42.43 abc	466.86 ± 32.39 ab
Tomate industrielle	Bq 1	135.86 ± 10.38	140.61 ± 12.58	147.03 ± 6.49	150.58 ± 10.43	159.70 ± 9.26	171.83 ± 12.42	159.83 ± 11.84	162.90 ± 10.96	177.89 ± 13.72	173.75 ± 13.58	172.86 ± 14.13	178.23 ± 12.36	174.13 ± 12.50
	Bq2	113.22 ± 10.79	129.25 ± 11.64	149.32 ± 10.27	145.96 ± 9.48	146.42 ± 16.17	166.95 ± 9.51	159.01 ± 11.21	161.57 ± 12.39	190.02 ± 12.73	179.79 ± 10.80	172.81 ± 13.22	197.92 ± 11.78	185.50 ± 14.59
	Bq 3	140.04 ± 10.33 d	144.72 ± 48.35 d	175.45 ± 76.62 cd	225.62 ± 18.89 c	163.87 ± 30.51 cd	185.10 ± 10.43 cd	284.69 ± 4.01 b	167.38 ± 29.12 cd	192.75 ± 39.23 cd	304.23 ± 34.60 b	177.67 ± 11.85 cd	197.02 ± 7.43 cd	384.64 ± 32.45 a

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande ; Bq : Bouquet

Tableau 8.15 : Poids moyen des fruits/ plant

V/T	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	622.58 ± 36.30 g	676.68 ± 32.34 f	791.80 ± 17.54 d	721.49 ± 45.71 e	795.27 ± 16.26 d	896.89 ± 28.35 c	813.48 ± 18.24 d	945.75 ± 14.39 b	989.00 ± 35.67 b	857.94 ± 8.07 c	961.81 ± 15.82 b	1143.36 ± 57.81 a	980.25 ± 41.00 b
R-G	389.12 ± 10.99 f	414.58 ± 62.69 f	471.79 ± 70.70 e	522.15 ± 21.74 de	469.99 ± 34.42 e	523.88 ± 12.98 de	603.52 ± 12.43 c	491.85 ± 29.76 e	560.66 ± 53.50 cd	657.77 ± 36.53 b	523.35 ± 14.42 de	573.16 ± 24.71 cd	744.28 ± 33.13 a

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Tableau 8.16 : Calibre des fruits

Tomate maraîchère	Plant	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43	
	<47mm	77,66	65,77	79,46	79,17	79,31	71,65	69,23	68,70	79,39	73,85	85,27	77,24	69,47	
	[47 -57]	20,21	30,63	19,64	20,83	18,97	24,41	28,21	26,09	17,56	24,62	14,73	22,07	29,01	
	[57 -67]	0,00	1,80	0,00	0,00	1,72	1,57	0,00	4,35	0,76	0,77	0,00	0,00	0,00	
	[67 -77]	2,13	1,80	0,89	0,00	0,00	2,36	0,85	0,87	1,53	0,00	0,00	0,00	1,53	
	> 77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,71	0,00	0,76	0,77	0,00	0,69	0,00
	Somme	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tomate industrielle	Plant	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43	
	<47	81,08	70,24	86,32	75,00	81,11	84,78	77,91	71,08	83,33	92,66	92,86	89,92	76,64	
	[47 -57]	17,57	27,38	13,68	21,43	17,78	15,22	20,93	28,92	16,67	7,34	7,14	10,08	23,36	
	[57 -67]	1,35	2,38	0,00	3,57	1,11	0,00	1,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	[67 -77]	0,00	0,500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	> 77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

T : traitement

Tableau 8.17 : Extrait sec du fruit / bouquet

V/ Bq/T		T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
Tomate maraîchère	Bq 1	4.22 ± 0.01	5.29 ± 0.10	5.46 ± 0.22	4.84 ± 0.03	4.90 ± 0.11	5.01 ± 0.08	5.21 ± 0.23	5.01 ± 0.16	5.06 ± 0.02	5.38 ± 0.31	5.58 ± 0.35	4.83 ± 0.20	5.47 ± 0.25
	Bq 2	4.27 ± 0.02	4.38 ± 0.14	5.73 ± 0.07	4.28 ± 0.13	5.99 ± 0.80	4.89 ± 0.40	5.10 ± 0.48	5.02 ± 0.54	4.34 ± 0.09	4.23 ± 0.10	5.01 ± 0.68	5.50 ± 0.06	5.10 ± 0.12
	Bq 3	5.05 ± 0.39	4.93 ± 0.33	5.45 ± 0.52	5.39 ± 0.59	5.10 ± 0.37	5.12 ± 0.52	5.91 ± 0.40	4.56 ± 0.18	4.65 ± 0.48	5.48 ± 0.05	5.88 ± 0.38	5.68 ± 0.04	4.61 ± 0.14
Tomate industrielle	Bq 1	5.18 ± 0.01	5.81 ± 0.71	5.17 ± 0.36	6.02 ± 0.67	5.85 ± 0.31	7.47 ± 0.53	6.84 ± 0.77	5.18 ± 0.50	5.26 ± 0.52	5.91 ± 0.37	7.33 ± 0.17	5.76 ± 0.71	5.57 ± 0.20
	Bq 2	5.30 ± 0.10	5.17 ± 0.04	4.97 ± 0.43	5.65 ± 0.28	5.89 ± 0.29	4.93 ± 0.26	6.12 ± 0.12	6.27 ± 0.29	6.06 ± 0.20	6.01 ± 0.53	5.75 ± 0.29	5.53 ± 0.36	5.44 ± 0.35
	Bq3	4.82 ± 0.30	4.93 ± 0.29	5.19 ± 0.17	4.91 ± 0.26	5.48 ± 0.18	5.17 ± 0.21	5.83 ± 0.19	6.06 ± 0.49	5.72 ± 0.32	5.17 ± 0.21	5.81 ± 0.25	4.95 ± 0.04	5.06 ± 0.61

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande ; Bq : Bouquet

Tableau 8.18 : Quantité de chlorophylle (a, b et c) en ($\mu\text{g/g}$ MF)

V/Chl/T	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43	
Tomate maraîchère	Chl a	0.736 ± 0.01k	0.766 ± 0.02 k	0.912 ± 0.01 i	0.855 ± 0.003 j	0.946 ± 0.007 h	1.053 ± 0.008 f	0.990 ± 0.02 g	1.078 ± 0.01 ef	1.152 ± 0.001 d	1.106 ± 0.01 e	1.215 ± 0.03 c	1.454 ± 0.01 a	1.313 ± 0.03 b
	Chl b	0.400 ± 0.02 g	0.415 ± 0.01 g	0.444 ± 0.02 g	0.409 ± 0.007 g	0.512 ± 0.01 f	0.548 ± 0.001 f	0.541 ± 0.02 f	0.590 ± 0.01 e	0.636 ± 0.02 d	0.615 ± 0.01 de	0.709 ± 0.008 c	1.113 ± 0.02 a	0.801 ± 0.02 b
	Chl c	4.387 ± 0.04 k	4.644 ± 0.09 j	5.484 ± 0.05 h	5.068 ± 0.08 i	5.495 ± 0.05 h	5.866 ± 0.04 f	5.714 ± 0.08 g	5.937 ± 0.02 f	6.359 ± 0.08 d	6.063 ± 0.04 e	6.633 ± 0.06 c	7.675 ± 0.08 a	6.805 ± 0.09 b
Tomate industrielle	Chl a	0.487 ± 0.01 e	0.530 ± 0.06 e	0.754 ± 0.02 c	0.659 ± 0.03 d	0.783 ± 0.002 c	0.797 ± 0.006 c	0.784 ± 0.005 c	0.818 ± 0.003 c	0.861 ± 0.006 bc	0.767 ± 0.13 c	0.925 ± 0.02 b	1.056 ± 0.05 a	1.001 ± 0.01 a
	Chl b	0.144 ± 0.01 g	0.211 ± 0.02 f	0.275 ± 0.01 e	0.256 ± 0.05 e	0.404 ± 0.02 d	0.438 ± 0.01bc	0.431 ± 0.00cd	0.454 ± 0.01abc	0.476 ± 0.01ab	0.468 ± 0.00abc	0.460 ± 0.02abc	0.474 ± 0.01a	0.467 ± 0.01abc
	Chl c	2.884 ± 0.03 g	3.220 ± 0.11 f	3.650 ± 0.18 e	3.490 ± 0.16 e	3.885 ± 0.02 d	4.032 ± 0.09 cd	3.940 ± 0.01 d	4.152 ± 0.01 cd	4.674 ± 0.13 b	4.257 ± 0.10 c	4.975 ± 0.29 a	5.089 ± 0.14 a	4.919 ± 0.05 a

T : traitement ; Chl : Chlorophylle

Tableau 8.19 : Taux d'acidité dans le jus de tomates (%)

V/T	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	0.64 ± 0.00 ab	0.40 ± 0.04 bc	0.70 ± 0.11 a	0.60 ± 0.03 abc	0.47 ± 0.08 bc	0.62 ± 0.18 ab	0.46 ± 0.08 bc	0.44 ± 0.07 bc	0.40 ± 0.04 bc	0.52 ± 0.12 abc	0.38 ± 0.00 c	0.47 ± 0.13 bc	0.51 ± 0.00 abc
R-G	1.00 ± 0.03 a	0.87 ± 0.16 ab	0.80 ± 0.08 bc	0.56 ± 0.04 de	0.64 ± 0.17 cde	0.70 ± 0.07 bcd	0.66 ± 0.07 cde	0.58 ± 0.00 de	0.55 ± 0.08 de	0.49 ± 0.03 e	0.70 ± 0.00 bcd	0.74 ± 0.08 bcd	0.72 ± 0.03 bcd

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Tableau 8.20 : Flaveur du fruit (Brix / Acidité)

V/H	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	6.72	10.95	6.56	7.09	9.91	7.61	11.32	10.94	11.22	10.16	12.37	11.72	9.80
	± 0.41 c	± 1.02 ab	± 0.31 c	± 0.39 c	± 1.61 abc	± 1.59 bc	± 1.22 ab	± 1.30 ab	± 1.09 ab	± 1.88 abc	± 1.21 a	± 4.01 a	± 0.00 abc
R-G	4.40	5.23	5.81	9.37	7.78	7.01	8.09	8.36	9.14	10.99	6.71	7.31	7.16
	± 0.16 f	± 1.16 ef	± 0.51 def	± 0.71 b	± 1.93 bcd	± 0.98 bcde	± 0.90 bcd	± 0.54 bc	± 1.15 bc	± 1.66 a	± 0.14 cde	± 0.70 bcde	± 0.29 bcde

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Tableau 8. 21 : Couleur des fruits

		T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
Tomate maraîchère	L*	32.90 ± 0.40 cd	32.77 ± 0.52 cd	31.43 ± 0.79 e	31.17 ± 1.26 e	34.96 ± 0.79 ab	33.83 ± 0.88 bc	34.05 ± 0.66 abc	29.72 ± 1.05 f	34.64 ± 0.72 ab	31.61 ± 0.69 de	32.89 ± 0.79 cd	30.82 ± 1.08 e	35.27 ± 1.26 a
	a*	13.38 ± 0.60 b	13.56 ± 0.42 b	13.52 ± 0.51 b	13.38 ± 0.51 b	14.41 ± 0.37 a	13.07 ± 0.43 b	14.58 ± 0.35 a	13.31 ± 0.49 b	14.42 ± 0.26 a	13.58 ± 0.43 b	12.84 ± 0.35 bc	12.38 ± 0.40 c	12.24 ± 0.50 a
	b*	21.98 ± 0.15 b	21.85 ± 0.97 b	21.48 ± 0.91 b	21.29 ± 0.68 b	24.19 ± 0.86 a	22.15 ± 0.92 b	23.67 ± 0.67 a	19.69 ± 1.09 c	23.62 ± 0.81 a	20.67 ± 0.89 bc	21.92 ± 1.50 b	19.92 ± 1.31 c	24.07 ± 1.09 a
	a*/b*	0.60 ± 0.03 c Light red	0.62 ± 0.02 bc Red	0.63 ± 0.02 bc Red	0.63 ± 0.03 bc Red	0.60 ± 0.01 c Light red	0.59 ± 0.01 c Pink	0.62 ± 0.02 bc Red	0.68 ± 0.04 a Red	0.61 ± 0.03 c Red	0.66 ± 0.02 ab Red	0.59 ± 0.03 c Pink	0.62 ± 0.02 bc Red	0.59 ± 0.02 c Pink
Tomate industrielle	L*	37.07 ± 0.90 fg	37.85 ± 1.57 fg	40.01 ± 1.44 cde	36.88 ± 0.80 g	41.78 ± 2.07 abc	38.26 ± 0.58 efg	43.09 ± 1.51 a	38.50 ± 1.33 efg	41.01 ± 1.74 bcd	40.37 ± 0.88 cde	38.59 ± 1.14 efg	39.33 ± 0.93 def	42.37 ± 1.26 ab
	a*	14.45 ± 0.37 def	14.40 ± 0.41 ef	13.15 ± 0.28 g	14.00 ± 0.21 f	17.24 ± 0.60 a	14.38 ± 0.36 ef	15.24 ± 0.44 cd	15.23 ± 0.86 cd	15.10 ± 0.40 cde	15.63 ± 0.33 bc	15.00 ± 0.53 cde	17.09 ± 0.53 a	15.96 ± 0.36 b
	b*	22.22 ± 0.72 f	23.66 ± 1.18 def	23.77 ± 0.92 def	22.48 ± 0.69 ef	25.66 ± 1.85 abc	23.85 ± 0.54 def	26.83 ± 1.25 ab	24.09 ± 0.97 cde	25.19 ± 0.85 bcd	26.42 ± 0.76 ab	24.51 ± 1.25 cd	26.94 ± 0.94 a	26.80 ± 1.39 ab

		0.65 ± 0.03 ab Red	0.61 ± 0.01 acdb Red	0.56 ± 0.02 d Pink	0.62 ± 0.02 abcd Red	0.68 ± 0.06 a Red	0.60 ± 0.00 bcd Light red	0.58 ± 0.03 cd Pink	0.59 ± 0.10 Bcd Pink	0.60 ± 0.02 bcd Light red	0.59 ± 0.01 bcd Pink	0.61 ± 0.02 abcd Red	0.63 ± 0.04 abc Red	0.59 ± 0.02 bcd Pink
--	--	--------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------

L* : Luminosité ; a* : couleur rouge ; b* : couleur jaune ; a*/b* : Indice de maturité.

Tableau 8.22 : Taux de vitamines « C » dans les fruits (mg/100g)

V\T	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	14.36 ± 0.42 h	15.12 ± 0.19 g	15.64 ± 0.42 fg	15.48 ± 0.44 fg	16.10 ± 0.20 f	17.06 ± 0.49 e	16.76 ± 0.30 e	17.30 ± 0.43 de	18.92 ± 0.68 b	17.82 ± 0.37 cd	18.06 ± 0.26 c	20.70 ± 0.62 a	19.24 ± 0.32 b
	12.99 ± 0.16 i	14.85 ± 0.14 h	17.00 ± 0.13 f	15.93 ± 0.12 g	16.66 ± 0.17 f	20.09 ± 0.10 e	18.72 ± 0.15 d	21.12 ± 0.12 e	22.99 ± 0.12 b	21.94 ± 0.15 cd	23.47 ± 0.40 c	26.20 ± 0.69 a	25.36 ± 0.34 a

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

Tableau 8.23 : Protéines contenus dans le fruit de tomate (%)

\sqrt{T}	T0	T11	T12	T13	T21	T22	T23	T31	T32	T33	T41	T42	T43
St-P	10.81	10.99	11.64	12.09	12.54	13.64	12.77	12.15	11.60	15.27	12.96	12.15	12.51
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.29	0.12	0.00	2.42	0.31	0.88	0.00	0.00	0.00	0.89	0.87	0.00	0.33
	c	bc	bc	bc	bc	b	bc	bc	bc	a	bc	bc	bc
R-G	14.12	15.75	18.97	19.79	18.97	23.27	18.06	15.61	20.79	17.16	17.94	21.35	18.65
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	1.34	1.76	0.87	1.45	0.89	3.48	0.15	0.92	0.58	1.30	1.74	0.88	1.20
	e	de	bcd	bc	bcd	a	bcd	de	abc	cde	bcd	ab	bcd

T : traitement ; V : variété ; St-P : Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande

APPENDICE D

TABLEAUX DE L'ANALYSE DE LA VARIANCE DES PARAMETRES ETUDIES

Tableau 8.1 : Hauteur finale des tiges

	Hauteur	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	1092.39	44	24.83				
	Variance facteur (1)	665.45	4	166.36	22.26	0.0000		
	Variance facteur (2)	11.93	2	5.97	0.80	0.4630		
	Variance interaction (1) (2)	190.80	8	23.85	3.19	0.0097		
	Variance résiduelle	224.22	30	7.47			2.73	2.9%
Tomate industrielle	variance totale	1415.12	44	32.16				
	Variance facteur (1)	781.95	4	195.49	17.75	0.0000		
	Variance facteur (2)	51.71	2	25.85	2.35	0.1110		
	variance interaction (1) (2)	251.14	8	31.39	2.85	0.0176		
	Variance résiduelle	330.33	30	11.01			3.32	5.3%

Tableau 8.2 : Distance entre collet et Bouquet 1

	Collet-Bq1	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	291.20	44	6.62				
	Variance facteur (1)	103.42	4	25.86	24.76	0.0000		
	Variance facteur (2)	76.30	2	38.15	36.53	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	80.14	8	10.02	9.59	0.0000		
	Variance résiduelle	31.33	30	1.04			1.02	3.2%
Tomate industrielle	variance totale	342.20	44	7.78				
	Variance facteur (1)	104.40	4	26.10	18.17	0.0000		
	Variance facteur (2)	11.92	2	5.96	4.15	0.0252		
	variance interaction (1) (2)	182.80	8	22.85	15.91	0.0000		
	Variance résiduelle	43.08	30	1.44			1.20	5.1%

Tableau 8.3 : Distance entre Bouquet 1 et Bouquet 2

	Bq1-Bq2	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	66.08	44	1.50				
	Variance facteur (1)	35.30	4	8.83	21.47	0.0000		
	Variance facteur (2)	6.94	2	3.47	8.45	0.0013		
	Variance interaction (1) (2)	11.50	8	1.44	3.50	0.0058		
	Variance résiduelle	12.33	30	0.41			0.64	4.0%
Tomate industrielle	variance totale	139.85	44	3.18				
	Variance facteur (1)	67.43	4	16.86	16.36	0.0000		
	Variance facteur (2)	6.21	2	3.11	3.01	0.0628		
	variance interaction (1) (2)	35.29	8	4.41	4.28	0.0016		
	Variance résiduelle	30.91	30	1.03			1.02	8.2%

Tableau 8.4 : Distance entre Bouquet 2 et Bouquet 3

	Bq2-Bq3	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	79.65	44	1.81				
	Variance facteur (1)	25.17	4	6.29	7.02	0.0004		
	Variance facteur (2)	7.21	2	3.60	4.02	0.0279		
	Variance interaction (1) (2)	20.37	8	2.55	2.84	0.0179		
	Variance résiduelle	26.91	30	0.90			0.95	5.4%
Tomate industrielle	variance totale	235.23	44	5.35				
	Variance facteur (1)	54.96	4	13.74	5.98	0.0012		
	Variance facteur (2)	55.51	2	27.76	12.07	0.0002		
	variance interaction (1) (2)	55.78	8	6.97	3.03	0.0128		
	Variance résiduelle	68.98	30	2.30			1.52	11.6%

Tableau 8.5 : Diamètre des tiges

	Diamètre	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	133.64	44	3.04				
	Variance facteur (1)	50.53	4	12.63	15.36	0.0000		
	Variance facteur (2)	3.38	2	1.69	2.05	0.1439		
	Variance interaction (1) (2)	55.07	8	6.88	8.37	0.0000		
	Variance résiduelle	24.67	30	0.82			0.91	6.2%
Tomate industrielle	Variance totale	123.31	44	2.80				
	Variance facteur (1)	75.98	4	18.99	23.91	0.0000		
	Variance facteur (2)	3.61	2	1.81	2.27	0.1186		
	variance interaction (1) (2)	19.89	8	2.49	3.13	0.0108		
	Variance résiduelle	23.83	30	0.79			0.89	8.2%

Tableau 8.6 : Nombre de feuilles

	Nbr de feuilles	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	176.98	44	4.02				
	Variance facteur (1)	107.64	4	26.91	44.85	0.0000		
	Variance facteur (2)	24.84	2	12.42	20.70	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	26.49	8	3.31	5.52	0.0003		
	Variance résiduelle	18.00	30	0.60			0.77	4.7%
Tomate industrielle	Variance totale	149.08	44	3.39				
	Variance facteur (1)	61.63	4	15.41	10.01	0.0000		
	Variance facteur (2)	3.34	2	1.67	1.09	0.3514		
	variance interaction (1) (2)	37.93	8	4.74	3.08	0.0118		
	Variance résiduelle	46.17	30	1.54			1.24	11.6%

La biomasse fraîche produite

Tableau 8.7 : Poids frais feuilles, tiges et total tomate maraîchère

	Poids frais	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Feuilles	Variance totale	50071.01	44	1137.98				
	Variance facteur (1)	23900.09	4	5975.02	17.27	0.0000		
	Variance facteur (2)	3368.64	2	1684.32	4.87	0.0146		
	Variance interaction (1) (2)	12425.43	8	1553.18	4.49	0.0012		
	Variance résiduelle	10376.84	30	345.89			18.60	6.1%
Tiges	variance totale	6955.49	44	158.08				
	Variance facteur (1)	4311.30	4	1077.83	24.60	0.0000		
	Variance facteur (2)	404.34	2	202.17	4.61	0.0177		
	Variance interaction(1) (2)	925.19	8	115.65	2.64	0.0255		
	Variance résiduelle	1314.65	30	43.82			6.62	5.0%
Total	variance totale	79696.64	44	1811.29				
	Variance facteur (1)	48558.51	4	12139.63	21.62	0.0000		
	Variance facteur (2)	2084.67	2	1042.34	1.86	0.1719		
	variance interaction (1) (2)	12211.05	8	1526.38	2.72	0.0222		
	Variance résiduelle	16842.41	30	561.41			23.69	5.5%

Tableau 8.8 : Poids frais feuilles, tiges et total tomate industrielle

	Poids frais	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Feuilles	Variance totale	34889.6 3	44	792.95				
	Variance facteur (1)	22843.5 8	4	5710.89	27.95	0.0000		
	Variance facteur (2)	1724.79	2	862.39	4.22	0.0238		
	Variance interaction (1) (2)	4191.68	8	523.96	2.56	0.0292		
	Variance résiduelle	6129.58	30	204.32			14.29	5.9%
Tiges	variance totale	4645.50	44	105.58				
	Variance facteur (1)	1413.92	4	353.48	22.97	0.0000		
	Variance facteur (2)	203.72	2	101.86	6.62	0.0043		
	Variance interaction(1) (2)	2566.15	8	320.77	20.84	0.0000		
	Variance résiduelle	461.71	30	15.39			3.92	7.4%
Total	variance totale	49008.0 7	44	1113.82				
	Variance facteur (1)	33171.6 2	4	8292.90	37.83	0.0000		
	Variance facteur (2)	2787.73	2	1393.87	6.36	0.0051		
	Variance interaction (1) (2)	6471.50	8	808.94	3.69	0.0042		
	Variance résiduelle	6577.21	30	219.24			14.81	5.1%

Tableau 8.9 : Poids sec feuilles, tige et total tomate maraîchère.

	Poids sec	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Feuilles	Variance totale	875.84	74	11.84				
	Variance facteur (1)	631.27	4	157.82	10173.25	0.0000		
	Variance facteur (2)	48.67	2	24.33	1568.62	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	194.96	8	24.37	1570.94	0.0000		
	Variance résiduelle	0.93	60	0.02			0.12	0.5%
Tiges	variance totale	1455.31	74	19.67				
	Variance facteur (1)	1094.69	4	273.67	1235.15	0.0000		
	Variance facteur (2)	83.58	2	41.79	188.61	0.0000		
	Variance interaction(1) (2)	263.75	8	32.97	148.79	0.0000		
	Variance résiduelle	13.29	60	0.22			0.47	3.4%
Total	variance totale	4139.05	74	55.93				
	Variance facteur (1)	3294.68	4	823.67	23113.17	0.0000		
	Variance facteur (2)	242.35	2	121.17	3400.25	0.0000		
	variance interaction (1) (2)	599.89	8	74.99	2104.20	0.0000		
	Variance résiduelle	2.14	60	0.04			0.19	0.5%

Tableau 8.10 : Poids sec feuilles, tige et total tomate industrielle

	Poids sec	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Feuilles	Variance totale	1883.20	74	25.45				
	Variance facteur (1)	1669.27	4	407.32	6222.75	0.000		
	Variance facteur (2)	138.03	2	69.02	1029.10	0.000		
	Variance interaction (1) (2)	71.87	8	8.98	133.95	0.000		
	Variance résiduelle	4.02	60	0.07			10.26	1.3%
Tiges	variance totale	481.84	74	3.51				
	Variance facteur (1)	327.03	4	81.76	2279.40	0.000		
	Variance facteur (2)	24.32	2	12.16	339.35	0.000		
	Variance interaction (1) (2)	128.33	8	16.04	447.24	0.000		
	Variance résiduelle	2.15	60	0.04			0.19	2.3%
Total	variance totale	3927.71	74	53.08				
	Variance facteur (1)	3422.48	4	855.62	9329.06	0.000		
	Variance facteur (2)	187.40	2	93.70	1021.64	0.000		
	variance interaction (1) (2)	312.32	8	39.04	425.67	0.000		
	Variance résiduelle	5.50	60	0.09			0.30	1.1%

Tableau 8.11 : Matière sèches feuilles des plants de tomates

	Matière sèches feuilles	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	49.50	74	0.67				
	Variance facteur (1)	12.92	4	3.23	26924.69	0.000		
	Variance facteur (2)	0.32	2	0.16	1314.99	0.000		
	Variance interaction (1) (2)							
	Variance résiduelle	36.25	8	4.53	37771.36	0.000		
	0.01	60	0.00			0.01	0.1%	
Tomate industrielle	Variance totale	56.90	74	0.77				
	Variance facteur (1)	19.89	4	4.97	39271.46	0.000		
	Variance facteur (2)	18.89	2	9.45	74590.37	0.000		
	Variance interaction (1) (2)							
	Variance résiduelle	18.11	8	2.26	17871	0.000		
	0.01	60	0.00			0.01	0.1%	

Tableau 8.12 : Matière sèches tiges des plants de tomates

	Matière sèches tige	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	289.11	74	3.91				
	Variance facteur (1)	132.18	4	33.05	519763.94	0.0000		
	Variance facteur (2)	4.71	2	2.36	37061.52	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)							
	Variance résiduelle	152.21	8	19.03	299265.97	0.0000		
	0.00	60	0.00			0.01	0.1%	
Tomate industrielle	Variance totale	367.17	74	4.96				
	Variance facteur (1)	103.59	4	25.90	139116.02	0.0000		
	Variance facteur (2)	47.85	2	23.93	128530.01	0.0000		
	variance interaction (1) (2)							
	Variance résiduelle	215.71	8	26.96	144844.72	0.0000		
	0.01	60	0.00			0.01	0.1%	

Tableau 8.13 : Nombre de fleurs/ bouquet/ Plant de la tomate maraîchère

	Nbr de fleurs	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Bouquet 1	Variance totale	86.59	74	1.17				
	Variance facteur (1)	47.25	4	11.81	23.95	0.0000		
	Variance facteur (2)	7.23	2	3.61	7.32	0.0016		
	Variance interaction (1) (2)	2.51	8	0.31	0.64	0.7463		
	Variance résiduelle	29.60	60	0.49			0.70	8.2%
Bouquet 2	variance totale	99.79	74	1.35				
	Variance facteur (1)	51.39	4	12.85	29.20	0.0000		
	Variance facteur (2)	11.39	2	5.69	12.94	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	10.61	8	1.33	3.02	0.0066		
	Variance résiduelle	26.40	60	0.44			0.66	7.9%
Bouquet 3	variance totale	464.00	74	6.27				
	Variance facteur (1)	45.73	4	11.43	2.59	0.0448		
	Variance facteur (2)	8.24	2	4.12	0.93	0.4005		
	variance interaction (1) (2)	145.63	8	18.20	4.13	0.0006		
	Variance résiduelle	264.40	60	4.41			2.10	12.6%
Plant	Variance totale	976.75	74	13.20				
	Variance facteur (1)	380.48	4	95.12	14.60	0.0000		
	Variance facteur (2)	62.59	2	31.29	4.80	0.0116		
	Variance interaction (1) (2)	142.88	8	17.86	2.74	0.0120		
	Variance résiduelle	390.80	60	6.51			2.55	7.5%

Tableau 8.14 : Nombre de fleurs / bouquet / Plant de la tomate industrielle :

	Nbr de fleurs	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Bouquet 1	Variance totale	98.67	74	1.33				
	Variance facteur (1)	55.73	4	13.93	26.46	0.0000		
	Variance facteur (2)	8.03	2	4.01	7.62	0.0012		
	Variance interaction (1) (2)	3.31	8	0.41	0.78	0.6189		
	Variance résiduelle	31.60	60	0.53			0.73	10.0%
Bouquet 2	variance totale	58.99	74	0.80				
	Variance facteur (1)	26.59	4	6.65	19.17	0.0000		
	Variance facteur (2)	5.79	2	2.89	8.35	0.0007		
	Variance interaction (1) (2)	5.81	8	0.73	2.10	0.0499		
	Variance résiduelle	20.80	60	0.35			0.59	8.4%
Bouquet 3	variance totale	130.59	74	1.76				
	Variance facteur (1)	8.05	4	2.01	4.72	0.0023		
	Variance facteur (2)	48.35	2	24.17	56.66	0.0000		
	variance interaction (1) (2)	48.59	8	6.07	14.23	0.0000		
	Variance résiduelle	25.60	60	0.43			0.65	7.1%
Plant	Variance totale	460.75	74	6.23				
	Variance facteur (1)	163.68	4	40.92	24.07	0.0000		
	Variance facteur (2)	120.03	2	60.01	35.30	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	75.04	8	9.38	5.52	0.0000		
	Variance résiduelle	102.00	60	1.70			1.30	5.5%

Tableau 8.16 : Nombre de fleurs nouées/ bouquet/ plant (tomate industrielle)

	Nbr de fleurs nouées	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Bouquet 1	Variance totale	117.95	74	1.59				
	Variance facteur (1)	89.55	4	22.39	88.37	0.0000		
	Variance facteur (2)	8.83	2	4.41	17.42	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	4.37	8	0.55	2.16	0.0436		
	Variance résiduelle	15.20	60	0.25			0.50	7.5%
Bouquet 2	variance totale	66.19	74	0.89				
	Variance facteur (1)	37.79	4	9.45	38.30	0.0000		
	Variance facteur (2)	9.15	2	4.57	18.54	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	4.45	8	0.56	2.26	0.0351		
	Variance résiduelle	14.80	60	0.25			0.50	7.4%
Bouquet 3	variance totale	148.75	74	2.01				
	Variance facteur (1)	9.28	4	2.32	2.66	0.0410		
	Variance facteur (2)	48.35	2	24.17	27.68	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	38.72	8	4.84	5.54	0.0000		
	Variance résiduelle	52.40	60	0.87			0.93	11.4%
Plant	Variance totale	535.79	74	7.24				
	Variance facteur (1)	253.25	4	63.31	41.29	0.0000		
	Variance facteur (2)	125.31	2	62.65	40.86	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	65.23	8	8.15	5.32	0.0001		
	Variance résiduelle	92.00	60	1.53			1.24	5.7%

Tableau 8.17 : Nombre de fruits /bouquet / plant de la tomate maraîchère

	Nbr de fruits	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Bouquet 1	Variance totale	188.67	74	2.55				
	Variance facteur (1)	116.40	4	29.10	38.97	0.0000		
	Variance facteur (2)	13.63	2	6.81	9.12	0.0004		
	Variance interaction (1) (2)	13.84	8	1.73	2.32	0.0307		
	Variance résiduelle	44.80	60	0.75			0.86	12.1%
Bouquet 2	Variance totale	318	74	4.31				
	Variance facteur (1)	18.67	4	45.17	33.54	0.0000		
	Variance facteur (2)	31.55	2	15.77	11.71	0.0001		
	variance interaction (1) (2)	25.65	8	3.21	2.38	0.0267		
	Variance résiduelle	80.80	60	1.35			1.16	16.0%
Bouquet 3	Variance totale	114.19	74	1.54				
	Variance facteur (1)	10.05	4	2.51	2.15	0.0842		
	Variance facteur (2)	7.39	2	3.69	3.17	0.0481		
	Variance interaction (1) (2)	26.75	8	3.34	2.87	0.0092		
	Variance résiduelle	70.00	60	1.17			1.08	11.7%
Plant	variance totale	806.99	74	10.91				
	Variance facteur (1)	620.19	4	155.05	89.45	0.0000		
	Variance facteur (2)	43.23	2	21.61	12.47	0.0000		
	variance interaction (1) (2)	39.57	8	4.95	2.85	0.0094		
	Variance résiduelle	104.00	60	1.73			1.32	5.6%

Tableau 8.18 : Nombre de fruits /bouquet / plant de la tomate industrielle

	Nbr de fruits	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Bouquet 1	Variance totale	181.79	74	2.46				
	Variance facteur (1)	123.92	4	30.98	69.36	0.0000		
	Variance facteur (2)	23.55	2	11.77	26.36	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	7.52	8	0.94	2.10	0.0490		
	Variance résiduelle	26.80	60	0.45			0.67	11.2%
Bouquet 2	variance totale	115.39	74	1.56				
	Variance facteur (1)	77.39	4	19.35	59.22	0.0000		
	Variance facteur (2)	12.19	2	6.09	18.65	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	6.21	8	0.78	2.38	0.0269		
	Variance résiduelle	19.60	60	0.33			0.57	9.3%
Bouquet 3	variance totale	214.75	74	2.90				
	Variance facteur (1)	23.15	4	5.79	3.18	0.0195		
	Variance facteur (2)	9.15	2	4.75	2.51	0.0876		
	Variance interaction (1) (2)	73.25	8	9.16	5.03	0.001		
	Variance résiduelle	109.20	60	1.82			1.35	20.7%
Plant	variance totale	910.00	74	12.30				
	Variance facteur (1)	478.13	4	119.53	39.81	0.0000		
	Variance facteur (2)	120.08	2	60.04	20.01	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	131.79	8	16.47	5.49	0.0000		
	Variance résiduelle	180.00	60	3.00			1.73	9.3%

Tableau 8.19 : Taux d'avortement des fleurs de la tomate maraîchère

	Taux d'avortement	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Bouquet 1	Variance totale	154.45	74	2.09				
	Variance facteur (1)	92.27	4	23.07	61.92	0.0000		
	Variance facteur (2)	4.60	2	2.30	6.17	0.0038		
	Variance interaction (1) (2)	35.23	8	4.40	11.82	0.0000		
	Variance résiduelle	22.35	60	0.37			0.61	11.2%
Bouquet 2	variance totale	1464.68	74	19.79				
	Variance facteur (1)	743.01	4	185.75	58.28	0.0000		
	Variance facteur (2)	226.73	2	113.36	35.57	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	303.70	8	37.96	11.91	0.0000		
	Variance résiduelle	191.25	60	3.19			1.79	17.4%
Bouquet 3	Variance totale	2641.20	74	35.69				
	Variance facteur (1)	1085.20	4	271.30	37.31	0.0000		
	Variance facteur (2)	403.34	2	201.67	27.73	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	716.35	8	89.54	12.31	0.0000		
	Variance résiduelle	436.31	60	7.27			2.70	17.8%
Plant	variance totale	7502.44	74	101.38				
	Variance facteur (1)	4406.37	4	1101.59	109.51	0.0000		
	Variance facteur (2)	800.95	2	400.48	39.81	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	1691.57	8	211.45	21.02	0.0000		
	Variance résiduelle	603.55	60	10.06			3.17	10.3%

Tableau 8.20 : Taux d'avortement des fleurs de la tomate industrielle

	Taux d'avortement	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Bouquet 1	Variance totale	2667.64	74	36.05				
	Variance facteur (1)	2027.28	4	506.82	489.15	0.0000		
	Variance facteur (2)	73.93	2	36.96	35.68	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	504.26	8	63.03	60.83	0.0000		
	Variance résiduelle	62.17	60	1.04			1.02	12.7%
Bouquet 2	variance totale	983.14	74	13.29				
	Variance facteur (1)	277.16	4	69.29	212.39	0.0000		
	Variance facteur (2)	155.33	2	77.66	238.06	0.0000		
	variance interaction (1) (2)	531.08	8	66.39	203.49	0.0000		
	Variance résiduelle	19.57	60	0.33			0.57	12.1%
Bouquet 3	variance totale	564.82	74	7.63				
	Variance facteur (1)	111.27	4	27.82	191.81	0.0000		
	Variance facteur (2)	198.77	2	99.39	685.27	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	246.07	8	30.76	212.09	0.0000		
	Variance résiduelle	8.70	60	0.15			0.38	10.9%
Plant	variance totale	5298.32	74	71.60				
	Variance facteur (1)	1505.06	4	376.27	264.97	0.0000		
	Variance facteur (2)	1105.38	2	552.69	389.21	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	2602.68	8	325.34	229.11	0.0000		
	Variance résiduelle	85.20	60	1.42			1.19	7.4%

Tableau 8.21 : Poids frais moyen des fruits /bouquet plant (Tomate maraîchère)

	Poids des fruits	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Bouquet 1	Variance totale	227348.53	74	3072.28				
	Variance facteur (1)	150053.77	4	37513.44	259.00	0.0000		
	Variance facteur (2)	43446.34	2	21723.17	149.98	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	25158.14	8	3144.77	21.71	0.0000		
	Variance résiduelle	8690.28	60	144.84			12.03	5.9%
Bouquet 2	Variance totale	391796.97	74	5294.55				
	Variance facteur (1)	331749.56	4	82937.39	411.90	0.0000		
	Variance facteur (2)	26294.00	2	13147.00	65.29	0.0000		
	variance interaction (1) (2)	21672.22	8	2709.03	13.45	0.0000		
	Variance résiduelle	12081.19	60	201.35			14.19	6.4%
Bouquet 3	Variance totale	177111.80	74	2393.40				
	Variance facteur (1)	100193.29	4	25048.32	34.56	0.0000		
	Variance facteur (2)	12982.11	2	6491.05	8.96	0.0005		
	variance interaction (1) (2)	20447.07	8	2555.88	3.53	0.0022		
	Variance résiduelle	43489.33	60	724.82			26.92	6.5%
Plant	Variance totale	1521137.00	74	20555.91				
	Variance facteur (1)	1259853.88	4	314963.47	351.17	0.0000		
	Variance facteur (2)	131867.38	2	65933.69	73.51	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	75601.75	8	6450.22	10.54	0.0000		
	Variance résiduelle	53814.00	60	896.90			29.95	3.6%

Tableau 8.22 : Poids frais moyen des fruits /bouquet /plant (Tomate industrielle)

	Poids des fruits	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Bouquet 1	Variance totale	26563.96	74	358.97				
	Variance facteur (1)	17087.28	4	4271.82	31.81	0.0000		
	Variance facteur (2)	762.16	2	381.08	2.84	0.0649		
	Variance interaction (1) (2)	657.02	8	82.13	0.61	0.7659		
	Variance résiduelle	8057.50	60	134.29			11.59	7.3%
Bouquet 2	Variance totale	64559.84	74	872.43				
	Variance facteur (1)	50215.95	4	12553.71	88.99	0.0000		
	Variance facteur (2)	4547.43	2	2273.71	16.12	0.0000		
	variance interaction (1) (2)	1331.91	8	166.49	1.18	0.3259		
	Variance résiduelle	8464.55	60	141.08			11.88	7.7%
Bouquet 3	Variance totale	410814.53	74	5551.55				
	Variance facteur (1)	109746.28	4	27436.57	27.86	0.0000		
	Variance facteur (2)	169482.00	2	84741.00	86.04	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	72494.47	8	9061.81	9.20	0.0000		
	Variance résiduelle	59091.78	60	984.86			31.38	15.6%
Plant	Variance totale	815617.44	74	11021.86				
	Variance facteur (1)	464646.63	4	116161.66	95.37	0.0000		
	Variance facteur (2)	201906.31	2	100653.16	82.88	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	75981.25	8	9497.66	7.80	0.0000		
	Variance résiduelle	73083.25	60	1218.05			34.90	6.8%

Tableau 8.23 : Extrait sec du fruit / bouquet /plant de la tomate maraîchère

	Extrait sec	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Bouquet 1	Variance totale	9.77	44	0.22				
	Variance facteur (1)	6.85	4	1.71	53.75	0.0000		
	Variance facteur (2)	0.09	2	0.05	1.46	0.2480		
	Variance interaction (1) (2)	1.88	8	0.23	7.37	0.0000		
	Variance résiduelle	0.96	30	0.03			0.18	3.6%
Bouquet 2	Variance totale	18.41	44	0.42				
	Variance facteur (1)	7.16	4	1.79	14.51	0.0000		
	Variance facteur (2)	1.20	2	0.60	4.86	0.0147		
	Variance interaction (1) (2)	6.34	8	0.79	6.43	0.0001		
	Variance résiduelle	3.70	30	0.12			0.35	7.3%
Bouquet 3	Variance totale	12.19	44	0.28				
	Variance facteur (1)	1.67	4	0.42	2.87	0.0398		
	Variance facteur (2)	0.26	2	0.13	0.89	0.4257		
	Variance interaction (1) (2)	5.89	8	0.74	5.05	0.0005		
	Variance résiduelle	4.37	30	0.15			0.38	7.3%
Plant	Variance totale	43.92	44	1.00				
	Variance facteur (1)	11.49	4	2.87	5.11	0.0030		
	Variance facteur (2)	0.16	2	0.08	0.14	0.8715		
	Variance interaction (1) (2)	15.42	8	1.93	3.43	0.0065		
	Variance résiduelle	16.85	30	0.56			0.75	4.9%

Tableau 8.24 : Extrait sec du fruit/ bouquet /plant de la tomate industrielle

	Extrait sec	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Bouquet 1	Variance totale	31.99	44	0.73				
	Variance facteur (1)	13.80	4	3.45	15.86	0.0000		
	Variance facteur (2)	0.15	2	0.07	0.34	0.7164		
	Variance interaction (1) (2)	11.52	8	1.44	6.62	0.0001		
	Variance résiduelle	6.53	30	0.22			0.47	8.0%
Bouquet 2	Variance totale	10.02	44	0.23				
	Variance facteur (1)	4.22	4	1.05	13.18	0.0000		
	Variance facteur (2)	1.12	2	0.56	6.98	0.0033		
	Variance interaction (1) (2)	2.29	8	0.29	3.57	0.0051		
	Variance résiduelle	2.40	30	0.08			0.28	5.1%
Bouquet 3	Variance totale	10.26	44	0.23				
	Variance facteur (1)	4.19	4	1.05	11.41	0.0000		
	Variance facteur (2)	0.65	2	0.33	3.56	0.0403		
	variance interaction (1) (2)	2.67	8	0.33	3.63	0.047		
	Variance résiduelle	2.75	30	0.09			0.30	5.8%
Plant	Variance totale	74.87	44	1.70				
	Variance facteur (1)	37.40	4	9.35	18.70	0.0000		
	Variance facteur (2)	3.34	2	1.67	3.34	0.0481		
	Variance interaction (1) (2)	19.14	8	2.39	4.78	0.0008		
	Variance résiduelle	15.00	30	0.50			0.71	4.2%

Paramètres technologiques

Tableau 8.25 : Mesure de la chlorophylle (a)

	Chlorophylle 'A'	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	207.58	44	4.72				
	Variance facteur (1)	192.14	4	48.03	1512.08	0.0000		
	Variance facteur (2)	9.63	2	4.82	151.62	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	4.85	8	0.61	19.10	0.0000		
	Variance Résiduelle	0.95	30	0.03			0.18	1.8%
Tomate industrielle	Variance totale	147.72	44	3.36				
	Variance facteur (1)	130.46	4	32.61	171.09	0.0000		
	Variance facteur (2)	5.17	2	2.58	13.56	0.0001		
	Variance interaction (1) (2)	6.38	8	0.80	4.18	0.0019		
	Variance Résiduelle	5.72	30	0.19			0.44	5.8%

Tableau 8.26 : Mesure de la chlorophylle (b)

	Chlorophylle 'B'	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	160.30	44	3.64				
	Variance facteur (1)	131.69	4	32.92	1020.96	0.0000		
	Variance facteur (2)	8.52	2	4.26	132.13	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	19.12	8	2.39	74.10	0.0000		
	Variance Résiduelle	0.97	30	0.03			0.18	3.2%
Tomate industrielle	Variance totale	0.79	44	0.02				
	Variance facteur (1)	0.77	4	0.19	740.13	0.0000		
	Variance facteur (2)	0.01	2	0.00	12.32	0.0001		
	Variance interaction (1) (2)	0.00	8	0.00	2.28	0.0486		
	Variance Résiduelle	0.01	30	0.00			0.02	4.6%

Tableau 8.27 : Mesure de la chlorophylle (c)

	Chlorophylle 'C'	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	40.55	44	0.92				
	Variance facteur (1)	37.02	4	9.25	2442.50	0.0000		
	Variance facteur (2)	2.22	2	1.11	292.85	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	1.20	8	0.15	39.58	0.0000		
	Variance résiduelle	0.11	30	0.00			0.06	1.1%
Tomate industrielle	Variance totale	24.96	44	0.57				
	Variance facteur (1)	23.71	4	5.93	416.96	0.0000		
	Variance facteur (2)	0.47	2	0.23	16.52	0.0000		
	variance interaction (1) (2)	0.36	8	0.04	3.14	0.0107		
	Variance résiduelle	0.43	30	0.01			0.12	3.0%

Tableau 8.28 : Coefficient de forme

	Cf	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	0.34	44	0.01				
	Variance facteur (1)	0.05	4	0.01	3.04	0.0322		
	Variance facteur (2)	0.04	2	0.02	4.42	0.0204		
	Variance interaction (1) (2)	0.11	8	0.01	3.05	0.0124		
	Variance Résiduelle	0.13	30	0.00			0.07	8.2%
Tomate industrielle	Variance totale	0.70	44	0.02				
	Variance facteur (1)	0.17	4	0.04	4.72	0.0046		
	Variance facteur (2)	0.04	2	0.02	2.38	0.1077		
	Variance interaction (1) (2)	0.23	8	0.03	3.23	0.0091		
	Variance résiduelle	0.26	30	0.01			0.09	9.8%

Tableau 8.29 : pH (potentiel hydrogène)

	pH	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	0.80	44	0.02				
	Variance facteur (1)	0.30	4	0.07	14.11	0.0000		
	Variance facteur (2)	0.14	2	0.07	13.03	0.0001		
	Variance interaction (1) (2)	0.20	8	0.03	4.72	0.0008		
	Variance résiduelle	0.16	30	0.01			0.07	1.8%
Tomate industrielle	Variance totale	0.46	44	0.01				
	Variance facteur (1)	0.11	4	0.03	5.45	0.0021		
	Variance facteur (2)	0.11	2	0.06	11.75	0.0002		
	Variance interaction (1) (2)	0.10	8	0.01	2.47	0.0348		
	Variance résiduelle	0.14	30	0.00			0.07	1.7%

Tableau 8. 30 : Acidité titrable

	Acidité Bq1	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	0.66	44	0.01				
	Variance facteur (1)	0.23	4	0.06	8.71	0.0001		
	Variance facteur (2)	0.08	2	0.04	6.32	0.0052		
	Variance interaction (1) (2)	0.15	8	0.02	2.88	0.0167		
	Variance résiduelle	0.20	30	0.01			0.08	15.4%
Tomate industrielle	Variance totale	1.38	44	0.03				
	Variance facteur (1)	1.01	4	0.25	43.19	0.0000		
	Variance facteur (2)	0.06	2	0.03	4.71	0.0164		
	Variance interaction (1) (2)	0.13	8	0.02	2.83	0.0183		
	Variance résiduelle	0.18	30	0.01			0.08	10.4%

Tableau 8.31 : Chlorures

	Cl ⁻	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	23.30	44	0.53				
	Variance facteur (1)	12.97	4	3.24	28.12	0.0000		
	Variance facteur (2)	3.16	2	1.58	13.71	0.0001		
	Variance interaction (1) (2)	3.71	8	0.46	4.02	0.0025		
	Variance résiduelle	3.46	30	0.12			0.34	12.5%
Tomate industrielle	Variance totale	16.83	44	0.38				
	Variance facteur (1)	8.56	4	2.14	21.59	0.0000		
	Variance facteur (2)	3.07	2	1.53	15.48	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	2.22	8	0.28	2.80	0.0192		
	Variance résiduelle	2.97	30	0.10			0.31	11.58

Tableau 8.32 : Brix (%) du bouquet 1

	Brix (%)	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	5.74	44	0.13				
	Variance facteur (1)	2.23	4	0.56	8.89	0.0001		
	Variance facteur (2)	0.41	2	0.21	3.29	0.0501		
	Variance interaction (1) (2)	1.20	8	0.15	2.40	0.0394		
	Variance résiduelle	1.89	30	0.06			0.25	5.5%
Tomate industrielle	Variance totale	6.69	44	0.15				
	Variance facteur (1)	2.97	4	0.74	18.43	0.0000		
	Variance facteur (2)	1.50	2	0.75	18.62	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	1.02	8	0.13	3.17	0.0101		
	Variance résiduelle	1.21	30	0.04			0.20	4.1%

Tableau 8.33 : Brix(%) du bouquet 2

	Brix (%)	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	6.12	59	0.10				
	Variance facteur (1)	2.57	4	064	15.20	0.0000		
	Variance facteur (2)	0.78	2	0.39	9.28	0.0005		
	Variance interaction (1) (2)	0.87	8	0.11	2.57	0.0210		
	Variance résiduelle	1.90	45	0.04			0.21	4.5%
Tomate industrielle	Variance totale	10.34	59	0.18				
	Variance facteur (1)	5.42	4	1.35	54.42	0.0000		
	Variance facteur (2)	1.99	2	0.99	39.96	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	1.81	8	0.23	9.09	0.0000		
	Variance résiduelle	1.12	45	0.02			0.16	3.4%

Tableau 8.34 : Brix (%) du bouquet 3

	Brix (%)	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	15.79	44	0.36				
	Variance facteur (1)	6.39	4	1.60	24.28	0.0000		
	Variance facteur (2)	3.02	2	1.51	22.99	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	4.41	2	0.55	8.37	0.0000		
	Variance résiduelle	1.97	30	0.07			0.26	5.4%
Tomate industrielle	Variance totale	8.36	44	0.19				
	Variance facteur (1)	4.04	4	1.01	16.21	0.0000		
	Variance facteur (2)	1.26	2	0.63	10.13	0.0005		
	Variance interaction (1) (2)	1.20	8	0.15	2.41	0.0382		
	Variance résiduelle	1.87	30	0.06			0.25	5.1%

Tableau 8.35 : Brix du bouquet 4

	Brix (%)	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	10.23	59	0.17				
	Variance facteur (1)	0.90	4	0.23	7.18	0.0002		
	Variance facteur (2)	1.85	2	0.93	29.55	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	6.07	8	0.76	24.21	0.0000		
	Variance résiduelle	1.41	45	0.03			0.18	3.5%
Tomate industrielle	Variance totale	13.28	59	0.23				
	Variance facteur (1)	4.14	4	1.03	9.86	0.0000		
	Variance facteur (2)	2.40	2	1.20	11.45	0.0001		
	Variance interaction (1) (2)	2.02	8	0.25	2.41	0.0296		
	Variance résiduelle	4.72	45	0.10			0.32	6.6%

Tableau 8.36 : Brix / Acidité

	Brix/ Acidité	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	259.74	44	5.90				
	Variance facteur (1)	127.21	4	31.80	14.76	0.0000		
	Variance facteur (2)	16.97	2	8.48	3.94	0.0297		
	Variance interaction (1) (2)	50.93	8	6.37	2.96	0.0146		
	Variance résiduelle	64.63	30	2.15			1.47	15.7%
Tomate industrielle	Variance totale	189.34	44	4.30				
	Variance facteur (1)	120.48	4	30.12	35.75	0.0000		
	Variance facteur (2)	19.68	2	9.84	11.68	0.0002		
	Variance interaction (1) (2)	23.90	8	2.99	3.55	0.0053		
	Variance résiduelle	25.28	30	0.84			0.92	13.0%

Tableau 8.37 : La couleur a* (Rouge)

	Couleur a*	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	47.86	89	0.54				
	Variance facteur (1)	8.19	4	2.05	9.51	0.0000		
	Variance facteur (2)	3.57	2	1.79	8.30	0.0006		
	Variance interaction (1) (2)	19.95	8	2.49	11.59	0.0000		
	Variance résiduelle	16.14	75	0.22			0.46	3.4%
Tomate industrielle	Variance totale	116.56	89	1.31				
	Variance facteur (1)	56.26	4	14.06	68.19	0.0000		
	Variance facteur (2)	2.75	2	1.38	6.67	0.0023		
	Variance interaction (1) (2)	42.08	8	5.26	25.51	0.0000		
	Variance résiduelle	15.47	75	0.21			0.45	3.0%

Tableau 8.38 : La couleur b* (Jaune)

	Couleur B	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	221.25	89	2.49				
	Variance facteur (1)	44.10	4	11.02	13.60	0.0000		
	Variance facteur (2)	4.33	2	2.17	2.67	0.0740		
	Variance interaction (1) (2)	112.01	8	14.00	17.27	0.0000		
	Variance résiduelle	60.81	75	0.81			0.90	4.1%
Tomate industrielle	Variance totale	342	89	3.85				
	Variance facteur (1)	190.46	4	47.62	44.28	0.0000		
	Variance facteur (2)	12.89	2	6.45	6.00	0.0040		
	Variance interaction (1) (2)	58.87	8	7.36	6.84	0.0000		
	Variance résiduelle	80.65	75	1.08			1.04	4.2%

Tableau 8.39 : La couleur L* (Luminosité)

	Couleur L	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	268.49	89	3.02				
	Variance facteur (1)	70.25	4	17.56	25.62	0.0000		
	Variance facteur (2)	2.06	2	1.03	1.50	0.2282		
	Variance interaction (1) (2)	144.78	8	18.10	26.40	0.0000		
	Variance résiduelle	51.41	75	0.69			0.83	2.5%
Tomate industrielle	Variance totale	478.60	89	5.38				
	Variance facteur (1)	183.44	4	45.86	28.49	0.0000		
	Variance facteur (2)	22.51	2	11.25	6.99	0.0018		
	Variance interaction (1) (2)	151.94	8	18.99	11.80	0.0000		
	Variance résiduelle	120.71	75	1.61			1.27	3.2%

Tableau 8.40 : Couleur a*/b*

	a*/b*	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	0.10	89	0.00				
	Variance facteur (1)	0.03	4	0.01	10.61	0.0000		
	Variance facteur (2)	0.00	2	0.00	0.94	0.3957		
	Variance interaction (1) (2)	0.02	8	0.00	3.29	0.0029		
	Variance résiduelle	0.05	75	0.00			0.03	4.2%
Tomate industrielle	Variance totale	0.20	89	0.00				
	Variance facteur (1)	0.04	4	0.01	7.64	0.0000		
	Variance facteur (2)	0.01	2	0.00	2.71	0.0713		
	Variance interaction (1) (2)	0.05	8	0.01	4.14	0.0004		
	Variance résiduelle	0.10	75	0.00			0.04	6.0%

Tableau 8.41 : Taux de vitamine C

	Vitamine C	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	3334.10	74	45.06				
	Variance facteur (1)	3216.29	4	804.07	23996.24	0.000		
	Variance facteur (2)	88.26	2	44.13	1316.98	0.000		
	Variance interaction (1) (2)	27.53	8	3.44	102.71	0.000		
	Variance résiduelle	2.01	60	0.03			0.18	1.0%
Tomate industrielle.	Variance totale	1435.14	74	19.39				
	Variance facteur (1)	1364.04	4	341.01	13837.48	0.000		
	Variance facteur (2)	52.12	2	26.06	1057.46	0.000		
	Variance interaction (1) (2)	17.50	8	2.19	88.79	0.000		
	Variance résiduelle	1.48	60	0.02			0.16	0.80%

Tableau 8.42 : Taux de protéines

	Azote	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	78.99	44	1.80				
	Variance facteur (1)	33.34	4	8.33	14.50	0.0000		
	Variance facteur (2)	583	2	2.92	5.04	0.0126		
	Variance interaction (1) (2)	22.58	8	2.82	4.91	0.0006		
	Variance résiduelle	17.24	30	0.57			0.76	6.2%
Tomate industrielle	Variance totale	390.22	44	8.87				
	Variance facteur (1)	190.28	4	47.57	22.05	0.0000		
	Variance facteur (2)	79.62	2	39.81	18.46	0.0000		
	Variance interaction (1) (2)	55.60	8	6.95	3.22	0.0092		
	Variance résiduelle	64.71	30	2.16			1.47	8.2%

Tableau 8.43 : Taux de cendres

	Cendres	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V.
Tomate maraîchère	Variance totale	61.14	44	1.39				
	Variance facteur (1)	12.91	4	3.23	6.03	0.0012		
	Variance facteur (2)	11.96	2	5.98	11.18	0.0003		
	Variance interaction (1) (2)	20.22	8	2.53	4.73	0.0008		
	Variance résiduelle	16.05	30	0.53			0.73	7.2%
Tomate industrielle	Variance totale	8.12	44	0.18				
	Variance facteur (1)	3.30	4	0.82	9.35	0.0001		
	Variance facteur (2)	0.27	2	0.13	1.53	0.2325		
	Variance interaction (1) (2)	1.90	8	0.24	2.70	0.0230		
	Variance résiduelle	2.65	30	0.09			0.30	3.0%

APPENDICE E

ANALYSES DU SOL ET NORMES D'INTERPRETATIONS (ITAFV)

Tableau 1 : Analyses du sol

ANALYSES	METHODES	NORMES
pH	Rapport : sol/eau 2/5	NF ISO 10390
Calcaire total (%)	Méthode volumétrique au calcimètre de Bernard	NF ISO 10693
Calcaire actif (%)	Méthode Drouineau	AFNOR NF-X 31-130
Conductivité électrique (dS/m)	Extrait aqueux : rapport 1/5	X 31-113
Carbone organique (%)	ANNE : Attaque par excès de dichromate de potassium en milieu sulfurique.	AFNOR X 31- 109
Azote total (mg/kg)	Distillation après minéralisation (Kjeldahl)	AFNOR : X31 - 111
Potassium assimilable (meq/100g du sol)	Extraction avec l'acétate d'ammonium 1N.	NF X 31 - 108
Phosphore assimilable (mg/kg)	OLSEN : extraction avec une solution de bicarbonate de sodium à pH 8.5 dans un rapport 1/20.	NF – ISO 11263

Tableau 2 : pH eau (2/5)

Classe de la réaction du sol	pH eau (2,5)
• Hyper acide	Inférieur à 3,5
• Très acide	3,5-5,0
• Acide	5,0-6,5
• Neutre	6,5-7,5
• Basique	7,5-8,7
• Très basique	Supérieur à 8,7

Tableau 3 : Dosage de la salinité totale CE _(1/5) (ds/m⁻¹)

Classe de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux _(1/5) à 25°C	pH eau (2,5)
• Non salé	Inférieur à 0,6
• Légèrement salé	0,6-1
• Salé	1-2
• Très salé	2-4
• Extrêmement salé	Supérieur à 4

Tableau 4 : Le phosphore assimilable « Méthode Olsen » (mg/kg)

Niveau de fertilité en P ₂ O ₅ assi.Olsen (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)
• Sol pauvre	Inférieur à 22,9
• Sol moyennement pourvu	25,2-71
• Sol riche	71-128,2
• Sol excessivement riche	Supérieur à 128,2

Tableau 5. L'azote total (g/kg)

Niveau de fertilité en azote total	Teneur (g/kg)
• Sol très pauvre	Inférieur à 0,5
• Sol assez bien pourvu	0,5-1,5
• Sol modérément pourvu	1,5-2,5
• Sol riche	2,5-05
• Sol très riche	Supérieur à 05

Tableau 6 : Appréciation de la teneur en K⁺ cmo(+)/kg

Cation	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
K ⁺ cmo(+)/kg	0-0,2	0,2-0,3	0,3-0,7	0,7-2,0	>2
K ⁺ (ppm)	0-78	78-117	117-273	273-780	>780
K ₂ O (ppm)	0-93,6	93,6-140,4	140,4-327,6	327,6-936	>936

Tableau 7 : Relation matière organique et les propriétés physiques du sol

Taux de M.O en % (g/100g)	Taux de C% (g/100g)	Estimation	Interprétation
<0,70	<0,40	Extrêmement faible	Sol sévèrement dégradé, surface du sol dégradée.
0,7-1,00	0,40-0,60	Très faible	Mauvaises conditions structurales, mauvaise stabilité structurale.
1,00-1,70	0,60-1,00	faible	condition structurale pauvre à modérée, mauvaise à modérée stabilité structurale.
1,70-3,00	1,00-1,80	Moyenne	conditions structurales moyennes, stabilité structurale moyenne
3,00-5,15	1,80-3,00	Elevée	Condition structurale bonne, forte stabilité structurale
>5,15	>3,00	Très élevée	Condition structurale bonne, forte stabilité structurale et probablement sol imprunable.

Tableau 8 : Calcaire total (%)

Appréciation du sol en fonction de CaCO ₃ total	% de Calcaire total
• Non calcaire	Inférieur à 01
• Peu calcaire	01-05
• Modérément calcaire	05-25
• Fortement calcaire	25-50
• Très fortement calcaire	50-80
• Excessivement calcaire	Supérieur à 80

Tableau 9 : Calcaire actif (%)

Appréciation du sol en fonction de CaCO ₃ actif	% de Calcaire actif
• Pas chlorosant	Inférieur à 05
• Légèrement chlorosant	05-07
• Chlorosant	07-12
• Très chlorosant	12-20
• Extrêmement chlorosant	Supérieur à 20

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Chaux, C. L. et Foury, C. L., "Cultures légumières et maraîchères. Tome III : légumineuses potagères, légumes fruits", Tec et Doc Lavoisier, Paris, (1994), 563 p.
2. Renaud, V., "Tous les légumes courants, rares ou méconnus cultivables sous nos climats", Ulmer, Paris, (2003), 183 p.
3. Blamey, M. et Grey-Wilson, C.A., « La flore d'Europe occidentale », Flammarion, Paris, (2003), 246 p.
4. Massot, C., "Analyse des variations de la teneur en vitamine C dans le fruit de tomate et rôle de l'environnement lumineux ", Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, (2010), 229 p.
5. De Broglie, L.A. et Gueroult, D., "Tomates d'hier et d'aujourd'hui ", Hoëbeke, Paris, (2005), 143 p.
6. FAO (Food and Agriculture Organisation), "L'actualité agricole en Méditerranée ", CIHEAM, (2008). 33 p.
7. M.A.D.R/D.S.A.S.I. (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural/Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Informaton), Document interne, non publié, Alger, (2010).
8. Baci, L., "La vulgarisation de la culture de la tomate industrielle dans la région d'Annaba. Une réussite ? ". In Bédrani, S. (comp.), Elloumi, M. (comp.), Zagdouni, L. (comp.). "La vulgarisation agricole au Maghreb : théorie et pratique". CIHEAM, Paris, (1993), 183 p.
9. Lo Feudo, G., Macchione, B., Naccara, A., Sindona, G. and Tagarelli, A., "The volatile fraction profiling of fresh tomatoes and triple concentrate tomato pastes as parameter for the determination of geographical origin", Food Research International, Vol. 15, n°3, (April 2011), 781-788.
10. Wilcox, J.K., Catignani, G.L. and Lanzarus, C., "Tomatoes and cardiovascularhealth, Critical Reviews in Food Science and Nutrition", Vol. 43, n° 1, (2003), 1-18.
11. Helyes, L.I, Dimény, J., Pék, Z. and Lugasi, A., "Effect of maturity stage on content, color and quality of tomato (*Lycopersicon lycopersicum* (L.) Karsten) fruit ", International Journal of Horticultural Science, Vol.12, n°1, (2006), 41-44.

12. Causse, M.M. Buret, P., Baldet, C. and Rothan, B.A., "Etude de l'influence des déterminants variétaux et des conditions de production et de commercialisation sur la qualité organoleptique de la tomate", I.N.R.A., Avignon, (2001), 39 p.
13. M.A.D.R. (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural), Document interne, non publié, Alger, (2012), 42 p.
14. Beckett, R.P. and Van staden, J., «The effect of seaweed concentrate on the yield of nutrient stressed wheat», Botanica Marina, Vol. 33, n° 2 (1990), 147-52.
15. Maria Victorial Rani, S. and Revathy, D., "A study on the utilization of seaweeds in the remediation of heavy metal toxicity ", Journal of Basic and Applied Biology, Vol. 3, n° 34, (2009), 16-21.
16. Dhargalkar, V.K. and Pereira, N., "Seaweed promising plant of the millennium ", Science and Culture. Vol. 71, n° 3-4, (March-April 2005), 60-66.
17. Renaud, V., "Les tomates qui ont du goût ", Eugen Ulmer, Paris, (2006), 96 p.
18. Hobson, G.E. and Grierson, D., "Tomato" In "Biochemistry of Fruit Ripening ", Seymour, G., Taylor, J. and Tucker, A., Chapman & Hall, London, (1993), 405-442.
19. Pitrat, M. and Coord, F., " Histoires de légumes. La tomate", INRA, Paris, (2003), 267- 277.
20. Naïka, Sh., Van Lidt De Jeude, J., De Gauffan, M., Hilmi, M. and VanDam, B., "La culture de tomates : Production, transformation et commercialisation", Agrodok 17, 5^{ème} éd. Pays bas, (2005),104 p.
21. Kolev, N., "Les cultures maraîchères en Algérie", Tomel. Légumes fruits. Ministère de L'Agriculture et des Réformes Agricoles, (1976), 52 p.
22. Dorais, M., Papadopoulos, A.P. and Gosselin A., "Greenhouse Tomato Fruit Quality", Horticultural Reviews, Vol. 26, (2001), 239-319.
23. Degioanni, B., "La tomate", Hatier, Paris, (1997), 96 p.
24. Rick, C.M., "La tomate", Pour la Science, Vol.12, (1978), 76-86.
25. Mikanowski, L. et Mikanowski, P., "Tomate", Hachette, Paris (1999), 192 p.
26. Latigui, A., " Effets des différents niveaux de fertilisation potassique de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée ", Thèse de Magister, INA., El-Harrach, (1984).

27. Gould, W.A., "Tomato production, processing and technology", 3rd edition, CTI Publications, Baltimore, (1992) 535 p.
28. Yamagushi, M., "World vegetables. Principles, Production and Nutritive values", Westport, USA, (1983), 831 p.
29. Gallais, A. et Bannerot, H., " Amélioration des espèces végétales cultivées: objectifs et critères de sélection ", INRA, Paris, (1992), 377-391
30. Atherton, J.C. and Rudich J., "The tomato crop. A scientific basis for improvement", Vol. 2, Chapman and Hall, New York, (1986), 647 p.
31. Alghag Dow, M.M., "Caractérisation fonctionnelle de la GDP-D-mannose-3',5'-épimérase et galactono-1,4-lactone déshydrogénase, enzymes de la voie de biosynthèse de la vitamine C chez la Tomate ", Thèse Bordeaux1, (2006), 209 p.
32. Blancard, D., Laterrot, H., Marchoux, G. et Candresse, T., " Les maladies de la tomate", Quae Inra, Paris,(2009), 690 p.
33. Gilbert, L., "Etude de la biosynthèse de l'ascorbate et des métabolismes associés chez la tomate " Doctorat, Univ Bordeaux 2, Option : Biologie végétale, (Décembre 2009), 236 p.
34. FAO/OMS (Food and Agriculture Organisation/Organisation Mondiale de la Santé), " Aliments issus de l'agriculture biologique, troisième édition, Directives concernant la production, la transformation, l'étiquetage et la commercialisation des aliments issus de l'agriculture biologique ", (2007), GL 32-1999,Codex Alimentarius.
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1385f/a1385f00.pdf>.
35. IPNI (International Plant Names Index), (2005), w.w.w.ipni.org>search- tips
36. Spooner, D.M., Peralta, I.E. and Knapp, S., "Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes [*Solanum* L. section *Lycopersicon* (Mill.) ", Wettst.], Taxon, Vol. 54, n°1 (February 2005), 43-61.
37. Abbayes, H., Chadefaud, M., Ferre, Y., Feldmann, J., Gaussen, H., Grasse, P., Leredde, M., Ozenda, P. et Prevot, A., "Botanique Anatomie-Cycles évolutifs systématique", Masson et Cie, Vol. 8, (1963), 52-65.
38. Judd, W.S., Cambell, C.S., Kellogg, E.A. et Stevens, P., "Botanique Systématique Une Perspective Phylogénétique", De Boeck Université, Paris, (2002), 54-6.
39. Grasselly, D., Navez, B. et Letard, M., " Tomate : Pour un produit de qualité", CTIFL, Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, Paris, (2000), 222 p.

40. Publishers, B., "Ressources végétales de l'Afrique tropicale Tome2 : Légumes", Mann-Gelsenkircher-Buer, (2004), 124 p.
41. Polese, M., "La culture de tomate", Artemis, (2007), 95 p.
42. Jaimes Miranda, F., "La régulation transcriptionnelle dépendant de l'éthylène. Caractérisation fonctionnelle d'un cofacteur transcriptionnel du type MBF1 et d'un facteur de transcription de la famille des ERF chez la tomate" Thèse de doctorat. Ecole doctorale des sciences agronomiques, Toulouse, (Janvier 2006), 167 p.
43. Tanksley, S.D., Ganai, M.W., Prince, J.P., de Vicente, M.C., Bonierbale, M.W., Broun, P., Fulton, T.M., Giovannoni, J.J., Grandillo, S. and Martin, G.B., "High density molecular linkage maps of the tomato and potato genomes", The Genetics Society of America, Vol.132, (December 1992), 1141-1160.
44. Etienne, C., Rothan, C., Bouzayen, M. and Causse, M., "La génomique en Biologie Végétale", INRA., (2003).
45. Bird, C.R., Smith, J.S. Ray, J.A., Moureau, P., Bevan, M.W., Bird, A.S., Hughes, S., Morris, P.C., Grierson, D. and Schuch, W., "The tomato polygalacturonase gene and ripening-specific expression in transgenic plant", Plant Molecular Biology, Vol.11, n° 5 (September 1988), 651- 662.
46. Menda, N., Semel, Y., Peled, D., Eshed, Y. and Zamir, D., "In Silico screening of asaturated mutation library of tomato", Plant Journal, Vol. 38, n°5 (June 2004), 861-872.
47. Eshed, Y. and Zamir, D., "A genomic library of *Lycopersicon pennellii* in *L. esculentum*", Euphytica, Vol. 79, n°3 (January 1994), 175 179.
48. Meissner, R., Jacobson, Y., Melamed, S., Levyatuv, S., Shalev, G., Ashri, A., Elkind, Y. and Levy, A., "A new model system of tomato genetics", Plant Journal, Vol.12, n°6, (1997), 1465- 1472.
49. IPGRI (International Plant Genetic Ressource Institute)," Descripteurs de la tomate (*Lypersicon spp.*) ", (*Wikipedia*. 24 nov. Wikimedia Foundation, (2009), Inc.[http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier: Formes de tomates.svg](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Formes_de_tomates.svg).
50. Atherton, J.G. and Harris, G.P., "Flowering" In: Rudish, A., "The tomato crop", Chapman and Hall, London, (1986), 167-194.
51. Snoussi, S.A., " Etude de base sur la tomate en Algérie" Rapport de mission, FAO, (2010), 53 p.
52. I.T.C.M.I. (Institut Technique des cultures maraîchères et industrielles),"Guide pratique de la culture de tomate", ITCMI. Staouali, Alger, (2010), 1-9.

53. Lenne, P. and Branthome, F.X., "Analyse de la filière transformation de la tomate" : Rapport de synthèse. Ministère de la PME et de l'artisanat, Alger, (2006), 59 p.
54. FAOSTAT (Faostat statistical database. Food and Agriculture Organization of United Nations), (2013), <http://faostat.fao.org/faostat>.
55. DSASI (Direction des Statistiques Agricoles et système d'information), Document interne, non publié, (2014).
56. Bouzid, A. et Bedrani, S., " La performance économique de la filière tomate industrielle en Algérie ", Les cahiers du CREAD n°103, (1993), 85 -105.
57. Boukella, M., "Les industries agro-alimentaires en Algérie : politiques, structures et performances depuis l'indépendance". Cahiers Options Méditerranéennes, Vol 19, Montpellier, France, (1996).
58. Gillaspay, G., Ben-David, H. and Grisseem, W., " Fruits: a developmental perspective ", The Plant Cell, Vol. 5, n° 10 (October 1993), 1439-1451.
59. Giovannoni, J., "Molecular Biology of Fruit Maturation and Ripening ", Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology, Vol. 52, (June 2001), 725-749.
60. Cheniclet, C., Rong, W.Y., Causse, M., Frangne, N., Bolling, L., Carde, J.P. and Renaudin, J.P., "Cell expansion and endoreduplication show a large genetic variability in pericarp and contribute strongly to tomato fruit growth". Plant Physiology, Vol. 139, n° 4 (December 2005), 1984-1994.
61. Alexander, L. and Grierson, D., "Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening", Journal of Experimental Botany, Vol. 53, n° 377, (October 2002), 2039-2055
62. Watada, A.E., Norris, K.H., Worthington, J.T. and Massie, D.R., "Estimation of Chlorophyll and Carotenoid Contents whole Tomato by Light Absorbance Technique", Journal of Food Science, Vol. 41, n° 2, (March 1976), 329-332.
63. Salunkhe, D.K., Bolin, H.R. and Reddy, N.R., "Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables", CRC Press, Cleveland, (1974), 323 p.
64. Davies, J.N., and Hobson, G.E., "The constituents of tomato fruit the influence of environment, nutrition, and genotype", Critical Reviews in Food Science and Nutrition, Vol. 15, n° 3, (1981), 205-280.
65. Munne-Bosch, S., "Alpha-tocopherol: a multifaceted molecule in plants", Vitamins and hormones, Vol. 76, (2007), 375-392.

66. Gross, J., "Pigments in vegetables, chlorophylls and Carotenoids", Van Nostrand Reynold, New York, (1991), 351p.
67. Moco, S., Capagnoglu, E., Ticunov, Y., Bino, R.J., Boyacioglu, D., Hall, R.D., Vervoort, J. and De Vos, R.C.H., " Tissue specialization at the metabolite level is perceived during the development of tomato fruit", *Journal of Experimental Botany*, Vol. 58, n° 15-16, (December 2007), 4131-4146.
68. Friedman, M., "Tomato glycoalkaloids: role in the plant and in the diet", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 50, n° 21 (September 2002), 5751-5780.
69. Agarwal, S. and Rao, A.V., "Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases", *Canadian Medical Association*, Vol. 163, n°6, (September 2000), 739-744.
70. Ahuja, K.D., Kunde, D. and Ball, M.J., "Effects of olive oil and tomato lycopene combination on heart disease risk factors", *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 12, (2003),1-1.
71. Hodge, A.M., English, D.R., McCredie, M.R., Severi, G., Boyle, P., Hopper, J.L. and Giles, G.G., "Foods, nutrients and prostate cancer", *Cancer Causes and Control*, Vol.15, n° 1, (February 2004), 11-20.
72. Levy, J. and Sharoni, Y., "The functions of tomato lycopene and its role in human health", *The Journal of the American Botanical Council*, n°. 62, (2004), 49-56.
73. Le Marchand, L., Hankin, J.H., Carter, F.S., Essling, C., Luffey, D., Franke, A.A. and Wilkens, L.R., "A pilot study on the use of plasma Carotenoid and Ascorbic Acid as Markers of compliance to high fruit and vegetable dietary intervention", *Cancer Epidémiology, Biomarkers and Prevention*, Vol. 3, n° , 3, (April 1994), 251-245.
74. Steptoe, A., Perkins-Poras, L., Mc Kay, C., Rink, E., Hilton, S. and Cappuccio, F.P., "Behavioural counselling to increase consumption of fruit and vegetables in low income adults: randomized trial", *The BMJ*, Vol. 326, n° 7394, (April 2003), 855-858.
75. Gardès-Albert, M., Bonnefont-Rousselot, D., Abedinzadeh, Z. et Jore, D., "Espèces réactives de l'oxygène. Comment l'oxygène peut-il devenir toxique? L'actualité chimique, (Novembre-Décembre 2003), 91-96.
76. Bhuvanewari, V. and Nagini, S., "Lycopene: A review of its potential as an Anticancer Agent", *Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents*, Vol. 5, n° 6, (November 2005), 627-635.

77. Berrino, F. and Villarini, A., "Fruits and vegetables and cancer. Improving the health-promoting properties of fruit and vegetable", CRC press, Vol. 4, (2008), 75-95.
76. Tonucci, L.H., Holden, J.M., Beecher, G.R., Khachik, F., Davis, C.S. and Mulokzi, G., "Carotenoid content of thermally processed tomato-based food products". Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 43, n° 3 (March 1995), 579-586.
77. Boumendjel, M.E. et Boutebba, A., "Effet des traitements thermiques sur la qualité biochimique, technologique et nutritionnelle des tomates en conserve". Science et Technologie, Vol. 20, (2003), 51-55.
78. Lai, A., Santangelo, E., Soressi, G.P. and Fantoni, R., "Analysis of the Main Secondary Metabolites Produced in Tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) Epicarp Tissue During Fruit Ripening Using Fluorescence Techniques". Postharvest Biology and Technology, Vol. 43, n° 3, (2007), 335-342.
79. Frusciante, L., Carli, P., Ercolano, M.R., Pernice, R., Di Matteo, A., Fogliano, V. and Pellegrini, N., "Antioxidant nutritional quality of tomato". Molecular Nutrition Food Research 51, n° 5, (May 2007), 609-617.
80. Markovic, K., Hruskar, M. and Vahcic, N., "Lycopene content of tomato products and their contribution to the lycopene intake of Croatians", Nutrition Research, Vol. 26, n° 11, (November 2006), 556- 560.
81. Conn, P.F., Schalch, W. and Truscott, T.G., "The singlet oxygen and carotenoid interaction", Annual Academic Science, Vol. 31, n° 691, (1993), 10-19.
82. Stahl, W., "Lycopene: Bioavailability and biological properties. In: Role and control of antioxidants in the tomato processing industry, Second bulletin on the advancement of research", A European Commission Concerted Action Programme FAIR CT (1999), 97-3233, 2 p.
83. Stahl, W. and Sies, H., "Lycopene: a biologically important carotenoid for humans? ", Archives of Biochemistry and Biophysics, Vol. 336, n° 1, (December 1996), 1-9.
84. Rao, A.V. and Agarwal, S., "Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic diseases", Nutrition Research, Vol.19, n°2, (February 1999), 305-323.
85. Rao, A.V. and Rao, L.G., "Carotenoids and Human Health". Pharmacological Research, Vol. 55, n° 3, (March 2007), 207-216.
86. Hazewindus, M., Haenen, G.R.M.M., Weseler, A.R. and Bast, A., "The anti-inflammatory effect of lycopene complements the antioxidant action of ascorbic acid and α - tocopherol", Food Chemistry, Vol.132, n°2, (May 2012), 954-958.

87. Grolier, P., Bartholin, G., Broers, L., Caris-veyrat, C., Dadomo, M., Di Lucca, G., Dumas, Y., Meddens, F., Sandei, L. and Schuch, W., "Les anti-oxydants de la tomate et leur biosynthèse". In: "Les anti-oxydants de la tomate et ses dérivés et leur bienfaits pour la santé ". Le livre blanc de la tomate, Action concertée de la Commission Européenne, FAIR CT, 97-3233, (2000), 3 p.
88. Gerber, M., "A role for tomatoes and lycopene in the protection from chronic degeneratives diseases? The result of epidemiological studies". In: "Role and control of antioxidants in the tomato processing industry", Second bulletin on the advancement of research. A European Commission Concerted Action Programme FAIR CT 97. 3233. (1999), 6p.
89. Pourcel, L., Routaboul, J.M., Cheynier, V., Lepiniec, L. and Debeaujon, I., "Flavonoid oxidation in plants: from biochemical properties to physiological functions", Trends Plant Science, Vol. 12, n° 1, (January 2007), 29-36.
90. Ranc, N., "Analyse du polymorphisme moléculaire de gènes de composantes de la qualité des fruits dans les ressources génétiques sauvages et cultivées de tomate ; recherche d'associations gènes/QTL", Thèse de doctorat en Agronomie, Ecole Doctorale SIBAGHE, Montpellier, France, (Janvier 2010), 275 p.
91. Hervé, Y., "La qualité des produits végétaux : possibilités et limites d'intervention du sélectionneur", Le Sélectionneur Français, Vol. 48, (1997), 3-14.
92. AFNOR (Association Française de Normalisation), ISO (Organisation Internationale de Normalisation), (8402) ,1984.
93. Kaluzny-Pinon, L., Letard, M. et Zambujo, C., "La tomate se concentre sur le gout", Culture Légumière, Vol. 61, (2001), 25-31.
94. Guichard, S., "Flux hydriques, croissance et qualité du fruit de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en conditions estivales sous serre", Université Aix Marseille III, (1999),118 p.
95. Shiffers, B., Samb, B. et Knops, J., "Manuel 1: Principes d'hygiène et Management de la qualité sanitaire et phytosanitaire". Comité de liaison Europe -Afrique- Caraïbes et Pacifique, (COLEACP-PIP), Bruxelles, (2011), 345 p.
96. Clinton, S.K., "Lycopene: chemistry, biology, and implications for human health and disease", Nutrition Reviews, Vol. 56, n° 2, (February 1998), 35–51.
97. Baros, C., "Tomates baromètre 2007 : Evolution de l'image, de l'achat et de la consommation", CTIFL. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, Paris, (2008).

98. Moco, S., Bino, R.J., Vorst, O., Verhoeven, H.A., De Groot, J., Van Beek, T. A., Vervoort, J. and DeVos, C.H.R., "A liquid chromatography-mass spectrometry-based metabolomedatabase for tomato", *Plant Physiology*, Vol. 141, n° 4, (August 2006), 1205-1218.
99. Guil-Guerrero, J.L. and Reboloso-Fuentes, M.M., "Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties", *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol. 22, n° 2, (March 2009), 123-129.
100. ANSES/CIQUAL, (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, environnement et du travail / Centre Informatique sur la qualité des Aliments) (2013) [w.w.w.anses.fr](http://www.anses.fr).
101. Stevens, M.A., Kader, A.A., Albright, Holton, M. and Algazi, M., "Genotypic variation for flavor and composition in fresh market tomatoes" *Journal American of Society Horticultural Science*, Vol. 102, (1977) 680-689.
102. Petro-Turza, M., "Flavor of tomato and tomato products" *Food Reviews International*, Vol. 2, n° 3, (1987), 309-351.
103. Ursem, R., Tikunov, Y., Bovy, A., Van Berloo, R. and Van Eeuwijk, F., "A correlation network approach to metabolic data analysis for tomato fruits", *Euphytica*, Vol. 161, (May 2008), 181-193.
104. Harker, F.R., Redgwell, R.J., Hallett, I.C. and Murray, SH., "Texture of fresh fruit", *Journal of Horticultural Reviews*, Vol. 20, (1997), 121-224.
105. Barrett, D.M., Garcia, E. and Wayne, J.E., "Textural modification of processing tomatoes", *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol. 38, n° 3, (1998), 17-258.
106. Duffé, Ph., "Caractérisation de QTL liés à la qualité de la tomate par recherche de colocalisations avec des gènes de fonction connue". Mémoire de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, Sciences de la Vie et de la Terre. France, (Septembre 2003), 43 p.
107. Boutou, O., De l'HACCP à l'ISO 22000 "Management de la sécurité des aliments", 2e édition, AFNOR Editions, La Plaine Saint-Denis, (2008), 332 p.
108. Claybon, K.T. and Barringer, S.A., "Consumer Acceptability of Color in Processed Tomato Products by African-American, Latino and Prototypical Consumers" *Journal of Food Quality*, Vol. 25, n°6, (December 2002), 487-498.
109. Francis, F.J., "Quality as Influenced by Color", *Food Quality and Preference* Vol. 6, n° 3, (1995), 149-155.

110. Philouze, J., "Fermeté et durée de conservation des fruits de tomate : point de vue du sélectionneur", *Revue Horticole*, Vol. 364, (1995), 50-54.
111. Causse, M., Buret, M., Robini, K. and Verschave, P., "Inheritance of nutritional and sensory quality traits in fresh market tomato and relation to consumer preferences", *Journal of Food Science*, Vol. 68, n° 7, (September 2003), 2342-2350.
112. Stevens, R., Buret, M., Garchery, C., Carretero, Y. and Causse, M., "Technique for rapid, small-scale analysis of vitamin C levels in fruit and application to a tomato mutant collection", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 54, n° 17, (July 2006), 6159-6165.
113. Arias, R., Lee, T.C., Logendra, L. and Janes, H., "Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 48, n° 5 (April 2000), 1697-1702.
114. Garcia, E. and Barrett, D.M. "Evaluation of Processing Tomatoes from Two Consecutive Growing Seasons: Quality Attributes, Peelability and Yield", *Journal of Food Processing and Preservation*, Vol. 30, n°1, (February 2006), 20-36.
115. George, B., Kaur, C., Khurdiya, D.S. and Kapoor, H.C., "Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype", *Food Chemistry*, Vol. 84, n° 1 (January 2004), 45-51.
116. Buta, J.G. and Spaulding, D.W., "Endogenous levels of phenolics in tomato fruit during growth and maturation", *Journal of Plant Growth Regulation*, Vol. 16, n°1, (March 1997), 43-46.
117. Dumas, Y., Dadomo, M., Di Lucca, G. and Grolier, P., "Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 83, n° 5, (April 2003), 369-382.
118. Macheix, J.J., Fleurinet, A. and Billot, J., "Phenolic compounds in fruit processing", In: "Fruit Phenolics", Center of Research of Cancers Press, (1990), 295-342.
119. Gautier, H., Diakou-Verdin, V., Benard, C., Pfeiffer, F., Reich, M., Buret, M., Bourgaud, F., Poëssel, J. L., Caris-Veyrat, C. and Génard, M., "How does tomato quality (sugar, acid and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature and irradiance?", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 56, n° 4, (February 2008), 1241-1250.
120. Brandt, K., Giannini, A. and Lercari, B., "Photomorphogenic responses to UV radiation III: a comparative study of UVB effects on anthocyanin and flavonoid accumulation in wild type and *aurea* mutant of tomato

(*Lycopersicon esculentum* Mill.) ", Photochemistry and Photobiology, Vol. 62, n° 6 (December 1995), 1081-1087

121. Wilkens, R.T., Spoerke, J.M. and Stamp, N.E., "Differential responses of growth and two soluble phenolics of tomato to resource availability", Ecology, Vol. 77, n° 1, (January 1996), 247-258.
122. Raffo, A., La Malfa, G., Fogliano, V., Maiani, G. and Quaglia, G., "Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. "Naomi F1)", Journal of Food Composition and Analysis, Vol. 19, n° 1, (February 2006), 11-19.
123. Saliba-Colombani, V., " Qualité organoleptique de la tomate : cartographie de QTL des composantes physiques, chimiques et sensorielles ", Thèse de doctorat en *Sciences de la vie*. Université Paris VI, Paris, France, (2000), 146 p.
124. Ho L.C., Zamski, E. and Schaffer, A.A., "Photoassimilate Distribution in Plants and Crops", Marcel Dekker, Inc, (1996), 709-728.
125. Rivero, R.M., Ruiz, J.M., Garcia, P.C., Lopez-Lefebvre, L.R., Sanchez, E. and Romero, L., "Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compound in tomato and watermelon plants", Plant Science, Vol. 160, n° 2, (January 2001), 315-321.
126. Rivero, R.M., Ruiz, J.M. and Romero, L., "Can grafting in tomato plants strengthen resistance to thermal stress? ", Journal of the Science of Food and Agriculture, Vol. 83, n° 13, (October 2003), 1315-1319.
127. Stamatakis, A., Papadantonakis, N., Lydakis-Simantiris, N., Kefalas, P. and Savvas, D., "Effects of silicon and salinity on fruit yield and quality of tomato grown hydroponically", Acta Horticulturae, Vol. 609, (2003), 141-145.
128. Caris-Veyrat, C., Amiot, M.J., Tyssandier, V., Grasselly, D., Buret, M., Mikolajczak, M., Guillard, J.C., Bouteloup-Demange, C. and Borel, P., "Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant microconstituent content of tomatoes and derived purees; consequences on antioxidant plasma status in humans", Journal of agricultural of Food Chemistry, Vol. 52, (2004), 6503-6509.
129. Flores, P., Navarro, J.M. and Carvajal, M., "Tomato yield and quality as affected by nitrogen source and salinity", Agronomie, Vol. 23, n° 3, (2003), 249-56.
130. Auclair, L., Zee, J.A., Karam, A. et Rochat, E., "Valeur nutritive, qualité organoleptique et productivité des tomates de serre en fonction de leur mode de production : biologique - conventionnel - hydroponique", Science des Aliments, Vol. 15, (1995), 511- 528.

131. Buret, M., et Duprat, F., "Etude de la qualité de la tomate. Approche méthodologique et influence des systèmes de culture", in "Les cultures hors sol", INRA, Paris, (1985), 361-387.
132. Baldwin, E.A., Nisperos- Carriedo, M.O. and Moshonas, M.G., "Quantitative analysis of flavor and other volatiles and for certain constituents of two tomato cultivars during ripening", Journal of the American Society for the Horticultural Science, Vol. 116, n° 2, (March 1991), 265-269.
133. Picha, D.H., "Effect of harvest maturity on the final fruit composition of cherry and large fruited tomato cultivars", Journal of the American Society for the Horticultural Science, Vol. 111, (1986), 723-727.
134. Bui, HT., "Déshydratation osmotique de la tomate : étude de la rétention des antioxydants et modélisation du procédé". Thèse de doctorat. Département des sciences des aliments et de nutrition, faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec, (2009), 206 p.
135. Buttery, R.G., Teranishi, R. and Ling, L.C., "Fresh tomato aroma volatiles: a quantitative study", Journal of agricultural and Food Chemistry, Vol. 35, n° 4, (July 1987), 540-544.
136. Weichmann, J., "The effect of controled-atmosphere storage on the sensory and nutritionnal quality of fruits and vegetables", Horticultural Reviews, Vol. 8, (1986), 101-127.
137. Slimestad, R. and Verheul, M.J., "Content of chalconaringenin and chlorogenic acid in cherry tomatoes is strongly reduced during postharvest ripening", Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 53, n° 18, (August 2005), 7251-7256.
138. Sahlin, E., Savage, G.P. and Lister, C.E., "Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing", Journal of Food Composition and Analysis, Vol. 17, n° 5, (October 2004), 635-647.
139. Tanksley, S.D. and Nelson, J.C., "Advanced backcross QTL analysis: a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTLs from unadapted germplasm into elite breeding lines", Theoretical and Applied Genetics, Vol. 92, n° 2, (February 1996), 191-203.
140. Hospital, F., and Charcosset, A., "Marker assisted introgression of quantitative trait loci", Genetics, Vol. 147, n° 3 (November 1997), 1469-1485.
141. Navez, B., Letard, M., Grasselly, D. et Jost, M., "Les critères de la qualité de la tomate", Infos Ctifl Vol.155, (1999), 41-47.
142. Fagbohoun, O. et Kiki, D., "Aperçu sur les principales variétés de tomate locales cultivées dans le sud du Bénin", Bulletin de la recherche agronomique du Bénin, n°24, (Mars1999), 10-21 INRAB, Cotonou, République du Bénin.

143. SIM. (Société industrielle Agro-alimentaire) Comm. Pers., Blida, (2014).
144. Golouviev, V.N. et Chibane, M., "Traitement par membrane de pulpe de tomate", Ind. Alim. agric., Vol.10 (1988), 929-932.
145. Noomhorm, A. and Tansakul, A., "Effect of Pulper-Finisher Operation on Quality of Tomato Juice and Tomato Puree", Journal of Food Process Engineering, Vol. 15, n°4 (October 1992), 229-239.
146. Shi, J. and Le Maguer, M., "Analogical cellular structure changes in solid-Liquid contacting operations", Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie Vol.35, n° 5, (August 2002), 444-451.
147. Toor, R.K. and Savage, G.P., "Antioxidant Activity in Different Fractions of Tomatoes", Food Research International, Vol. 38, n°5, (June 2005), 487-494.
148. Slimestad, R., Fossen, T. and Verheul, M.J., "The Flavonoids of Tomatoes", Journal of Agriculture and Food Chemistry, Vol. 56, n°7, (March 2008), 2436-2441.
149. FAO (Food and Agriculture Organisation of United States), (2007), www.fao.org.
150. Casas, E., Faraldi, M. and Bildstein, M., Handbook on bioactive compounds from tomato processing residues, (2006), www.bioactive-net.com 44 p.
151. Amalou, D., Ait Ammour, M., Ahishakiye, B.M. et Ammouche, A., "Valorisation des sous produits de conserve: cas des graines de tomates", The 4th International Conference of the African Association of Agricultural Economists, Hammamet, Tunisia, (September 2013), 22-25.
152. Ventura, M.R., Pieltain, M.C. and Castanon, J.I.R., "Evaluation of tomato crop- product as feed for goats", Animal Feed Science and Technology, Vol. 154, n° 3-4 (November 2009), 271-275.
153. Giannelos, P.N., Sxizas, S., Lois, E., Zannikos, F. and Anastopoulos, G., "Physical, chemical and fuel related properties of tomato seed oil for evaluating its direct use in diesel engines", Industrial Crops and Products, Vol. 22, n°3 (November 2005), 193–199.
154. Prévost, Ph., "Les bases de l'agriculture", TEC et DOC, Lavoisier, Paris, (1999), 172 p.
155. Richard, H., "Environnement et agriculture. Synthèse agricole", Paris, (1990), 27 p.

156. Zaoui, B., 2010. "Tomate raisonnement de la fertilisation", Agriculture au Maghreb, n° 47, 140 p.
157. Sivasangari Ramya, S., Nagaraj, S. and Vijayanand, N., "Biofertilizing efficiency of brown and green algae on growth, biochemical and yield parameters of *cyamopsis tetragonolaba* (L.) taub", Recent Research in Science and Technology, Vol. 2, n°5, (January 2010), 45-52.
158. Chapman, V.J., "Seaweed and their uses", The Camelot press Ltd. Methuen and Co.Ltd. London and Southampton, (1950), 63 p.
159. Thirumaran, G., Arumugam, M., Arumugam, R. and Anantharaman, P., "Effect of Seaweed Liquid Fertilizer on Growth and Pigment Concentration of *Cyamopsis tetragonolaba* (L) Taub", American-Eurasian Journal of Agronomy Vol. 2, n° 2, (2009), 50-56.
160. Khan, W., Rayirath, U.P. and Subramanian, S., "Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development", Journal of Plant Growth Regulation, Vol. 28, n°4, (December 2009), 386-399.
161. Li, B.Y., Zhou, D.M., Cang, L., Zhang, H.L., Fan, X.H. and Qin, S.W., "Soil micronutrient availability to crops as affected by long-term in-organic and organic fertilizer applications", Soil and Tillage Research, Vol. 96, n°1-2 (October 2007), 166-173.
162. Chojnacka, K., Saeid, A., Witkowska, Z. and Tuhy, L., "Biologically Active Compounds in Seaweed Extracts - the Prospects for the Application", The Open Conference Proceedings Journal, (Suppl 1-M4), Vol. 3, (2012), 20-28.
163. Mohanty, D., Adhikary, S.P. and Chattopadhyay, G.N., "Seaweed liquid fertilizer (slf) and its role in agriculture productivity", The Ecoscan. International quarterly journal of environmental sciences, Special issue, Vol III: (2013), 147-155.
164. Nwosu, F., Morris, J., Lund, V.A., Stewart, D., Ross, H.A. and McDougall, G.J., "Anti-proliferative and potential anti-diabetic effects of phenolic-rich extracts from edible marine alga", Food Chemistry, Vol. 126, n°3 (June 2011), 1006-1012.
165. Rathore, S.S., Chaudhary, D.R., Boricha, G.N. and Ghosh, A., "Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed condition", South African Journal of Botany, Vol. 75, n° 2, (April 2009), 351-355.
166. Immanuel, R. and Subramanian, S.K., "Effect of fresh extract and seaweed liquid fertilizers on some cereals and millets", Seaweed Research Utiln, Vol. 21, (1999), 91-94.

167. Anantharaj, M. and Venkatesalu, V., "Studies on the effect of seaweed extracts on *Dolichos biflorus*", *Seaweed Research Utiln*, Vol. 24, (2002), 129-137.
168. Spinelli, F., Fiori, G., Noferini, M., Sprocatti, M. and Costa, G., " Perspectives on the use of a seaweed extract to moderate the negative effects of alternate bearing in apple and strawberry", *Journal of Horticultural Science Biotnol*, Special issue, (2010), 131-137.
169. Kumari, R., Kaur, I. and Bhatanagar, A., "Effect of aqueous extract of *Sargassum johnstonii* Setchell and Gardner on the growth, yield and quality of *Lycopersicon esculentum* Mill.", *Journal of Applied Phycology*, Vol. 23, n° 3, (June 2011), 623-633.
170. Pise, N.M. and Sabale, A.B., "Effect of seaweed concentrates on the growth and biochemical constituents of *Trigonella foenumgraecum* L.", *Journal of Phytology*, Vol. 2, (2010), 50-56.
171. Thirumalthangam, R., Maria Victorial Rani, S. and Peter Marian, M., "Effect of seaweed liquid fertilizer on the growth and biochemical constituents of *Cyamopsis tetragonoloba* [h.] Taub", *Seaweed Research and Utilisation*, Vol. 25, (2003), 99-104.
172. Jayaraman, J., Jeff, N. and Zamir, P., "Commercial extract from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* reduces fungal diseases in greenhouse cucumber", *Journal of Applied Phycology*, Vol. 23, n°3 (June 2011), 353-361.
173. Kumar, V. and Mohan, V.R., "SLF application on recovery of drought stressed black gram", *Seaweed Research Utiln*, Vol. 22, (2000), 89-91.
174. Kumar, V. and Mohan, V.R., "Effect of seaweed liquid fertilizer on drought stressed Ragi", *Seaweed Research Utiln.*, Vol. 22, (2003), 89-91.
175. Karthikaidevi, G., Manivannan, K., Thirumaran, G., Anantharaman, P. and Balasubaramanian, T., «Antibacterial activity of some selected seaweeds from Pudumadam coastal region", *Global Journal of Pharmacology*, Vol. 3, n° 1 (2009), 107-112.
176. Faten, M.A.E. and Emad, A.S., "Antioxidant activity of extract and semi-purified fractions of marine red macroalga, *Gracilaria verrucosa*", *Australian journal of Basic and Applied Sciences*, Vol. 3, (2009), 3179-3185.
177. FAO/OMS (Food and Agriculture Organisation/Organisation Mondiale de la Santé), "Améliorer l'efficacité et la transparence dans les systèmes de sécurité sanitaire des aliments" – Partager l'expérience, Actes du forum, Forum mondial FAO/OMS des responsables de la sécurité des aliments, Marrakech (Maroc), (28-30 janvier 2002).

178. Hamza, O., "Sécurité sanitaire des aliments, commerce et développement : approche par l'Economie Industrielle", Thèse de doctorat en Sciences Economiques. Univ. Panthéon-Assas, Ecole doctorale de Sciences économiques et de gestion, Sciences de l'information et de la communication, (2012), 251p.
179. FAO/OMS (Food and Agriculture Organisation/Organisation Mondiale de la Santé), Des actions concrètes de promotion de la sécurité sanitaire des aliments, conférence régionale FAO/OMS pour l'Afrique, Harare (Zimbabwe), rapport final, (3-6 octobre 2005).
180. Louanchi, M., "Projet MATE-PNUE/FEM.D. Développement du Cadre Nationale de Biosécurité en Algérie (5^{ème} rapport) ", Programme des Nations Unies pour l'Environnement-Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, (2005), 39 p.
181. Vierling, E., "Aliments et boissons : Technologies et aspects réglementaires", Doin, (1998), 188p.
182. Willis Geoffrey, A., "Résidus de produits phytosanitaires dans les denrées alimentaires", Phytoma. La défense de culture, n° 446, (Janvier 1993).
183. Cluzeau, S., Paternelle, C. et Vandenbogaerde, N., Index phytosanitaire, Acta Association de Coordination Technique Agricole, France, (1999).
184. ID El Mouden, O., "Quantification des résidus de pesticide sur la tomate et le poivron et l'étude de la dégradation de difenoconazole sous l'effet de photo-oxydants atmosphériques à l'interface solide /gaz", Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir. Université de Reims Champagne-Ardenne, (2010), 160 p.
185. Armand, R., Guide pour le calcul prévisionnel des quantités des résidus des pesticides apportées par l'alimentation, dépôt légal, D/253715, (1999).
186. Cluzeau, S., Paternelle, M.C. et Lhoutellier, C., Index phytosanitaire, Association de coordination Technique Agricole, ACTA, Paris, (2000), 644 p.
187. Derache, R., "Toxicologie et sécurité des aliments Techniques et documentation ", - Lavoisier, Apria, Paris, (1986), 281-298.
188. Kok, C., Codex Alimentaires., Vol. XIII, 2ème Ed.FAO/OMS, (1998).
189. Mamy, L., "Comparaison des impacts environnementaux des herbicides à large spectre et des herbicides sélectifs : Caractérisation de leur devenir

dans le sol et modélisation", Thèse de Doctorat de l'institut National Agronomique, Paris (Octobre 2004), 333p.

190. Aubertot, J.N., Barbier, J.M., Carpentier, A., Gril, J.J., Guichard, L., Lucas, P., Savary, S., Savini, I. et Voltz, M., "Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux". Rapport d'Expertise scientifique collective, INRA et Cemagref, France, (2005).
191. Tahir, M.U., Naik, S.I., Rehman, S. and Shahzad, M., "A Quantitative Analysis for the Toxic Pesticide Residues in Marketed Fruits and Vegetable in Lahore, Pakistan", Biomedica, Vol. 25, (July-December 2009), 171-174.
192. Bempah, C.K., Donkor, A., Yeboah, P.O., Dubey, B. and Osei-Fosu, P., " A Preliminary Assessment of Consumer's Exposure to Organochlorine Pesticides in Fruits and Vegetables and the Potential Health Risk in Accra Metropolis, Ghana", Food Chemistry, Vol. 128, n° 4, (2011), 1058-65.
193. Younes, M., and Galal-Gorchev, H., "Pesticides in Drinking Water- A Case Study", Food and Chemical Toxicology, Vol. 38, n° 1, (April 2000), 87-90.
194. Agyekum, A.A., Ayernor, G.S., Saalia, F.K. and Bediako-Amoa, B. "Translocation of Pesticide Residues in Tomato, Mango and Pineapple Fruits", Journal of Food Science and Engineering, Vol. 5, (2015), 142-149.
195. Francis, M., "Cooper enzymes in isolated plants", Plant physiol. Vol. 24, n° 1949, (1970), 1-15.
196. Norme Française NF V 05-406 - concernant les produit dérivés des fruits et légumes : détermination du pH.
197. Norme Algérienne NA 691 / Norme Française NF V 05-101 - concernant les produits dérivés des fruits et légumes : détermination de la teneur en acidité titrable (H+) (ions inorganiques) /- concernant les produit dérivés des fruits et légumes : détermination de l'acidité titrable.
198. CACQE n° 08.96.13 : méthode d'analyse Produits dérivés des légumes : détermination de la teneur en chlorures.
199. Norme Algérienne NA 5669 - concernant les produits dérivés des fruits et légumes : détermination du résidu sec.
200. Norme CEE, 1764 / 86 et ISO 2173 - concernant les produits dérivés des fruits et légumes : détermination du résidu sec réfractométrique.
201. Kader, A.A., Stevens, M.A., Albright-Holten, M.A. and Algazi, M., "Effect of fruit ripeness when picked on flavor and composition in fresh market tomatoes", Journal of the American Society for Horticultural Science, Vol. 102, n° (November 1977), 724-731.

202. Calvo, M.M., Garcia, M.L. and Selgas, M.D., "Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel", *Meat Science*, Vol. 80, n°2 (October 2008), 167-172.
203. Prodan, V. et Stanislave, I., "Legumicultura", Enciclopedie, Bucarest, (1978), 375p.
204. Norme Française NF V 03-050 - concernant les produits agricoles alimentaires : Directives générales pour le dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode de Kjeldahl.
205. AFNOR (Association française de Normalisation), Recueil des normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes, jus de fruits, AFNOR, (1982), 325 p.
206. Baša Česnik, H. and Gregorčič, A., "Validation of the Method for the Determination of Dithiocarbamates and Thiuram Disulphide on Apple, Lettuce, Potato, Strawberry and Tomato Matrix ", *Acta Chimica Slovenica*, Vol. 53, (January 2006), 100–104.
207. BSi (British Standard), Foods of plant origine – determination of pesticides residus using GC-MS and/or LC-MS/MS following acetonitrile extraction/partitioning and clean-up by dispersive SPE-QuEChERS- method, European method Standard : BS EN 15662, (November 2008), 84 p.
208. Ryorath, P., Narayanan, JM., Farid, A., Khan, W. and Hankis, S., "Rapid bioassays to evaluate the plants growth promoting activity of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol using a model plant, *Arabidopsis thaliana* (L.) ", *Journal of Applied Phycology*, Vol. 20, n° 4 (August 2008), 423- 429.
209. Crouch, I.J. and Staden, V.J., "Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products", *Plant Growth Regulators*, Vol. 13, n° 1 (May 1993), 21-29.
210. Farouk, S.K.M., Ghoneem, K.M. and Ali, A.A., "Induction and expression of systematic resistance to downy mildew disease in cucumber plant by elicitors", *Egyptian Journal of Phytopathology*, Vol. 36, n°1-2, (2008), 95-111.
211. Zodape, S.T., Gupta, A., Bhandari, S.C., Rawat, U.S., Chaudary, D.R., Eswaran, K., and Chikara, J., "Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ". *Journal of Scientific and Industrial Research*, Vol. 70, n°3 (March 2011), 215-219.
212. Gupta, U.C., Kening, W.U. and Liang, S., "Micronutrients in soils, crops and livestock ", *Earth Science Frontiers*, Vol. 15, n°5 (September 2008), 110-125.
213. Sivasangari Ramya, S., Nagaraj, S. and Vijayanand, N., "Biofertilizer efficiency of brown and green algae on the growth biochemical and yield

parameters of *Cyamopsis tetragonolaba* L. ", Recent Research in Science and Technology, Vol. 2, n°5, (2010), 45-52.

214. Liu, Z. and Lijun, L., "Effects of Plant growth regulators and saccharide on in vitro plant and tuberous root regeneration of Cassava ", Journal of Plant Growth Regulation, Vol. 30, n°1, (March 2011), 11-19.
215. Jayaraj, J., Wan, A., Rahman, M. and Punja, Z.K., "Seaweed extract reduces foliar fungal diseases on carrot ", Crop Protection, Vol. 27, n°10 (October 2008), 1360-1366.
216. Stephenson, W.A., "Seaweeds in agriculture and horticulture", Rateaver, Peruma Valley 3rd edition, California, (1974), 241p.
217. Wacquand, C., Musard, M. et Zwang, H., "Préparation des plants de tomate pour la production sous serres et abris ", In : " La tomate ". Journées d'information, Invuflec, Alger, (1974), 79-101.
218. Turcotte, G., "Les faits marquants dans les serres, bulletin d'information ", n°10, Paris, (2008), 43p.
219. Farouk, S., Youssef, S.A. and Ali, A.A., " Exploitation of Biostimulants and Vitamins as an Alternative Strategy to Control Early Blight of Tomato Plants ", Asian Journal of Plant Science, Vol. 1, n°1, (2012), 36-43.
220. Crouch, I.J. and Van Staden, J., "Effect of seaweed concentrate on the establishment and yield of greenhouse tomato plants" Journal of Applied Phycology, Vol. 4, n°4, (December 1992), 291- 296.
221. Saravanan, S., Thamburai, S., Veeraragavatnatnam, D. and Subbiah, A., " Effect of seaweed extract and chromequat on growth and fruit yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)", Indian Journal of Agricultural Research, Vol. 37, n°2, (2003), 79-87.
222. Zodape, S.T., Kawarhe, V.J., Patolia, J.S. and Warade, A.D., " Effect of liquid seaweed fertilizer on yield and quality of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) Seaweed ", Journal of Scientific and Industrial Research, Vol. 67, n° 12, (December 2008), 1115-1117.
223. Crouch, I.J. Beckett, R.P., and Van Staden, J., "Effect of seaweed concentrate on the growth and mineral nutrition of nutrient stressed lettuce", Journal of Applied Phycology, Vol. 2, n°3, (September 1990), 269- 272.
224. Gosselin, A., Chalifour, F-P., Trudel, M.J. et Gendron, G., "Influence de la température du substrat et de la fertilisation azotée sur la croissance, le développement, la teneur en azote et l'activité de la nitrate réductase chez la tomate", Canadian Journal of Plant Science, Vol. 64, n° 1, (Janvier, 1984), 181-191.
225. Booth, E., "Manurial value of seaweeds", Botanica Marina, Vol. 8, n°1, (1965), 138- 143.

226. MacKinnon, S.A., Craft, C.A., Hiltz, D. and Ugarte, R. "Improved methods of analysis for betaines in *Ascophyllum nodosum* and its commercial seaweed extracts", *Journal of Applied Phycology*, Vol. 22, n°4, (August 2010), 489-494.
227. Rama Rao, K., "Effect of aqueous seaweed extract on *Ziziphus mauritiana* Lam." , *Journal Indian Botanical Society*, Vol. 71, (1991), 19-21.
228. Abetz, P., "Seaweed extracts: Have they a place in Australian agriculture or horticulture? ", *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, Vol. 46, n° 1, (1980), 23-29.
229. Ferreira, M.I., and Lourens, A.F., "The efficacy of liquid seaweed extract on the yield of Canola plants", *South African Journal of Plant and Soil*, Vol. 19, n° 3, (2002), 159-161.
230. Whapham, C.A., Blunden, G., Jenkins, T. and Wankins, S.D., "Significance of betanines in the increased chlorophyll content of plants treated with seaweed extract", *Journal of Applied Phycology*, Vol. 5, (April 1993), 231-234.
231. Blunden, G., Jenkins, T. and Liu, Y.W., "Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract", *Journal of Applied Phycology*, Vol. 8, n° 6, (November 1997), 535-543.
232. Kader, A.A., Morris, L.L., Stevens, M.A. and Albright-Holton, M., "Composition and flavour quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures", *Journal of American Society for Horticultural Science*, Vol. 103, n°1,(1978), 6-13.
233. Monti, L.M., "The breeding of tomatoes for peeling", *Acta Horticulturae*, Vol. 100, (December 1980), 341-349.
234. Majid, R., "Genome Mapping and Molecular Breeding of Tomato", *International Journal of Plant Genomics*, Vol. 2007, (2007), 52 p.
235. Verkhivker, I.A. et Galkina, S.N., *Technologie de transformation de tomates*, guide technique, Oujda, Kiev, (1993), 4-8.
236. Fan-Ungue, A.F., Flaumenbaum, B.L. et Izotov, A.N., "Technologie de conservation des fruits et légumes", *Pich. Prom.* (3ème éd), Moscou, (1969), 239-241.
237. Merton, R. and Hubbard, M., "Statistical quality control for the food industry", (1988), 113 p.
238. Dossou, J., Soulé, I. et Montcho, M., "Evaluation des caractéristiques physico-chimiques et sensorielles de la purée de tomate locale produite à petite échelle au Bénin", *Tropicicultura*, Vol. 25, n° 2, (2007), 119-125.

239. Lamb, F.C., "Tomato products ", National Cannery Association; Bulletin Washington CC Vol. 27, (1977), 2 p.
240. Sherman, L., Marsh, G.L., Tombropoulos, D., Buhlert, J.E., and Heil, J.R., " Evaluation of tomato condition in bin of processing tomatoes harvested at different levels of ripeness", Journal of Food Processing and Preservation, Vol. 1, n° 1, (January 1977), 55-68.
241. Adsule, P.G., Dan, A. and Tikoo, S.K., "Inherent acidity of some tomato varieties in relation to their shape", Journal of Food Science and Technology, Vol.16, (1979), 262 p.
242. Boumendjel, M., Houhamdi, M., Samar, M.F., Sabeg, H., Boutebba, A. and Soltane, M., "Effet des traitements thermiques d'appertisation sur la qualité biochimique, nutritionnelle et technologique du simple, double et triple concentré de tomate". Sciences et Technologie C-, n° 36, (December 2012), 51-59.
243. Meneton, P., "Le chlorure de sodium dans l'alimentation : un problème de santé publique non résolu", NAFAS science, Vol. 5, (2001), 19 p.
244. Fleurence, J. et Guéant, J.L., "Les algues : une nouvelle source de protéines". Biofutur, Vol. 1999, n°191, (July 1999), 32-36.
245. Kuda, T. and Ikemori, T., "Minerals, polysaccharides and antioxidant properties of aqueous solutions obtained from macroalgal beach-casts in the Noto Peninsula, Ishikawa, Japan", Food Chemistry, Vol.112, n° 3, (February 2009), 575-581.
246. Chojnacka, K., Saeid, A., Witkowska, Z. and Tuhy, Ł., "Biologically Active Compounds in Seaweed Extracts - the Prospects for the Application", The Open Conference Proceedings Journal, Vol. 3, (Suppl 1-M4) (2012), 20-28.
247. Johnsi Christobel, G., "Effect of seaweed (*Sargassum wightii* L.) on the germination and growth of green gram (*Phaseolus aureus* L.) ", Journal of Basic and Applied Biology, Vol. 2, n° 1, (2008), 105-108.
248. Luthria, D.L., Mukhopadhyay, S. and Krizek, D., "Content of total phenolics and phenolic acids in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits as influenced by cultivar and solar UV radiation", Journal of Food Composition and Analysis, Vol. 19, n° 8, (December 2006), 771-777.
249. Li, Y.X., Wijesekara, I., Li, Y. and Kima, S.K., "Phlorotannins as bioactive agents from brown algae", Process Biochemistry, Vol. 46, n° 12, (December 2011), 2219-2224.
250. Prudent, M., "Analyse des variations de poids et de teneurs en sucres du fruit de tomate par une approche intégrative combinant des études écophysiologique, génétique et moléculaire". Thèse de doctorat. Spécialité

Sciences Agronomiques. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, (2009), 222 p.

251. Cuerrero, M.G., Vega, J.M. and Losada, M., "The assimilation in relation to yield". In: "Nitrate Assimilation of Plants", Hewitt, E.J. and Cutting, C.V., Academic press, London, (1981), 591-611.
252. Blanc, D., "The influence of cultural practices on the quality of production in protected cultivation with special references to tomato production". Acta Horticulturae, Vol. 191, (1985), 85- 98.
253. Namestnikov, A.F., "Qualité de conserves", Pich. Prom., Moscou, (1973), 133-162 p.
254. Verxhivker, I.A., et Galkina, S. N., "Technologie de transformation de tomates : guide technique", Ourojaï, Kiev, (1993), 4-8.
255. Tucker, G.A. "Introduction". In: Seymour, G., Taylor, J. and Tucker, G., "Biochemistry of Fruit Ripening", London: Chapman and Hall, (1993), 1-51.
256. Mitchell, J. and Hill, S., "The use of antioxidants to control polysaccharide molecular weight loss", Food News. University of Nottingham, (1991), 29 p.
257. Giovanucci, E., "Intakes of carotenoids and retinol in relationship to risk to prostate cancer", Journal of the National Cancer Institute, Vol. 87, (1999), 1767-1776.
258. Fraser, P.D., Truesdale, M.R., Bird, C.R., Schuch, W. and Bramley, P.M. "Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development", Plant Physiology, Vol.105, n° 1, (May 1994), 405-413.
259. Radzevičius, A., Karklelienė, R., Viškelis, P., Bobinas, Č., Bobinaitė, R. and Sakalauskienė S., "Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit quality and physiological parameters at different ripening stages of Lithuanian cultivars ", Agronomy Research, Vol. 7, Special issue II, (2009), 712-718.
260. Lopez Camelo, A. F. et Gomez, P. A. "Comparison of color indexes for tomato ripening", Horticultura Brasileira, Vol. 22, n° 3, (July/September 2004), 534–37.
261. Choi, K., Lee, G., Han, Y.J. and Bunn, J.M., "Tomato maturity evaluation using color image analysis", Transactions of the ASAE", Vol. 38, n°1, (1995), 171-176.
262. Raffo, A., Leonardi, C., Fogliano, V., Ambrosino, P., Salucci, M., Gennaro Bugianesi, R., Giuffrida, F. and Quaglia, G., "Nutritional value of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1) harvested at different ripening stages", Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 50, n°22, (September 2002), 6550-6556.

263. Batu, A., "Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes", *Journal of Food Engineering*, Vol. 61, n° 3, (February 2004), 471-475.
264. Andrés, F., López Camelo, A.F. and Gómez, P. A., " Comparison of color indexes for tomato ripening ", *Horticultura Brasileira*, Vol. 22, n°3, (July/September 2004), 534- 537.
265. USDA (United States Standards for Grade of Fresh Tomatoes), US, Department of Agriculture, Mktg., Serv., Washington DC, (1976), 10 p.
266. Tijsskens, L.M.M. and Evelo, R.G., "Modeling colour of tomatoes during postharvest storage", *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 4, n° 1-2, (April 1994), 85-98,
267. Farkas, J., " Tomato", (Paradicsom) In "Handbook of vegetable growers". Balázs S., Mezôgazda Kiadó, Budapest, (1994), 195-226.
268. Thai, C.N., Shewfelt, R.L. and Garner, J.C., "Tomato color changes under constant and variable storage temperatures: empirical models", *The American Society of Agricultural and Biological Engineers*, Vol. 33, n° 2, (1990), 607-614,
269. Brandt, S., Pek, Z., Barna, E., Lugasi, A. and Heyles, L., "Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 86, n° 4 (March 2006), 568-572.
270. Lancaster, J.E., Lister, C.E., Reay, P.F. and Triggs, C.M., "Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables", *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Vol. 122, n° 4 (July 1997), 594-598.
271. Boubidi, F. and Boutebba, A., "Effects of heat treatments on quality parameters and the natural antioxidants of triple concentrated tomato paste", *Annals Food Science and Technology*, (afst), Vol. 14, n° 1, (2013), 5-12.
272. Wokes, F. and Organ, J.G., "Oxidizing enzymes and vitamin C in tomatoes", *Biochemical Journal*, Vol. 37, n° 2, (July 1943), 259-265.
273. Khemnar, A.S. and Chaugule, B.B., "Enhanced vitamine C level in *Trigonella foenum-graecum* L. treated with liquid seaweed extract", In *National Symposium Seaweeds of India: Biodiversity and Biotechnology* (Central Salt and Marine Chemicals Research Institute Bhav Nagar), 2-14 September 2000.
274. Selin, K.R.A., Effie, A. and Babu, S., "Studies on the effect of seaweed and seagrass liquid fertilizers on the fruit length and weight of *Abelmoschus*

- esculentus* L.var.hybrid-10", Seaweed Research Utiln, Vol. 29, (2007), 101-103.
275. Aguilera-Morales, M., Casas-Valdez, M., Carrillo-Dominguez, S., Gonzalez-Acosta, B. and Perez-Gil, F., "Chemical composition and microbiological assays of marine algae *Enteromorpha* spp. as a potential food source", Journal of Food Composition and Analysis, Vol. 18, n° 1, (February 2005), 79-88.
276. Gurusaravanan, P., Pandiyarajan, V., and Jayabalan, N., " Effect of seaweed liquid fertilizer on growth and biochemical constituents of *Cicer arietinum* L. ", Journal of Basic and Applied Biology, Vol. 5, n° 1-2, (2011), 301-306.
277. Kumar, M., Kumari, P. and Trivedi, N., "Minerals, PUFAs and antioxidant properties of some tropical seaweeds from Saurashtra coast of India", Journal of Applied Phycology, Vol. 23, n° 5 (October 2011), 797-810.
278. Morsy, A. R. and EL- Hefny D.E., "Residues Assessment of Captan, Spirodiclofen and Thiophanate Methyl in Apple Fruits under the Field Conditions Middle" East Journal of Agriculture Research, Vol. 6, n°, (January-March 2017), 135-142.
279. EFSA (European Food Safety Authority), Annual report on pesticide residues according to article 32 of regulation (EC) n° 396/2005, EFSA Journal, Vol. 8, n°6: (2010), 1646 p.
300. Becart, A. "Impacts sur la santé des résidus de pesticides dans l'alimentation". Thèse de doctorat, Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de Lille, France, (Juin 2012), 88 p.
301. Khak, M.T., Khajehian, A., Khajheian, M.M., Esmaeili, M., Ansarifard, A., Ebrahimi, A. and Nakhaii, K., "Determining the Residual Cypermethrin, Permethrin, Indoxacarb and Mancozeb in Tomato Produced in Bushehr Province Farms". International Journal of Medical Research and Health Sciences, Vol. 5, n° 5, (2016), 210-217.
302. E.U., (The European Union of maximum residue limits for pesticides), (2016). <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eupesticidesdatabase/public/?event=active substance>.
303. Kaye, E., Nyombi, A., Mutambuze, I.L., Muwesa, R., "Mancozeb Residue on Tomatoes in Central Uganda", Journal of Health and Pollution, Vol. 5, n°. 8 (June 2015), 1-6.

304. Rani, R., Vineet, K., Sharma, V.S., Rattan, G. S., Balwinder, S.R., and Sharma, N., " Dissipation of Residues of Mancozeb and Metalaxyl in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.)", Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, Vol. 90, n°2, (February 2013), 248–251.
305. Mandal, S., Das, S. and Bhattacharyya, A., "Dissipation Study of Thiophanate Methyl Residue in/on Grapes (*Vitis vinifera* L.) in India", Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, Vol. 84, n° 5, (May 2010), 592-595.
306. Jabr, H.S., Alamdar, A., Mohammad, A., Ahad, K., Shabir, Z., Ahmed, H., Ali S. M., Sani, S. G. A. S., Bokhari, H., Gallagher, K.D., Ahmad, I. and Eqani, S. A.M.A.S. "Pesticide residues in fruits and vegetables from Pakistan: a review of the occurrence and associated human health risks ", Environmental Science and Pollution Research, Vol. 21, n° 23, (December 2014), 13367-13393.
307. JORA n°35, Arrêté interministériel relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires, Journal Officiel de la République Algérienne, (24 janvier 1998), 7-25.