

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



L'effet d'un biofertilisant à base d'algues marines sur la qualité et le rendement d'une culture de tomate industrielle cultivée sous serre

Faculté: Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

Département: Sciences Agronomiques

Spécialité: Gestion qualitative des production agricoles

Soutenu le : 27/ 06/2016

Présenté par :

Nom : LOUALICHE Prénom : Hassiba.

Nom : FERRAH Prénom : Razika

Devant le Jury composé de :

Président : MOKABLI .I

Grade Pr.

Etablissement UDB Khemis Miliana

Promotrice : M^{me} ABIDI. L

Grade M.A.A

Etablissement UDB Khemis Miliana

Examineurs :

1 : M^{me} DJEBROUNE A.

Grade M.A.B

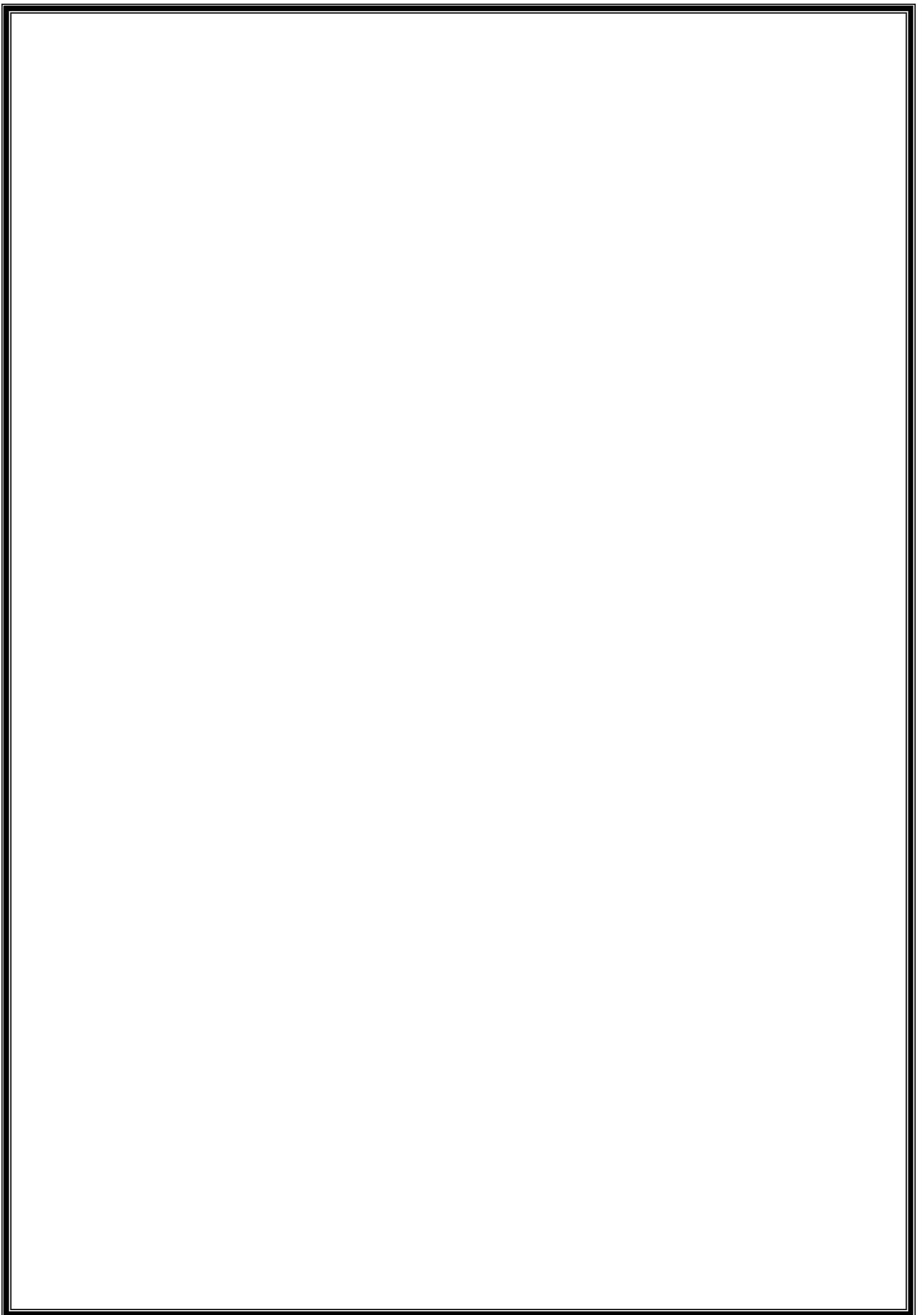
Etablissement UDB Khemis Miliana

2 : M^r ABDERRAHMANE O.

Grade M.A.B

Etablissement UDB Khemis Miliana

Année universitaire : 2015/2016



Remerciements

A ALLAH

Le tout puissant, le miséricordieux, qui nous a donné la force, la volonté et le courage pour surmonter les épreuves que nous avons rencontrées tout le long de la réalisation de ce mémoire.

Nous adressons tout d'abord nos plus sincères remerciements à **M^{me} Abidi Lila**, pour nous avoir fait l'honneur de diriger ce travail. Qu'elle trouve dans ce mémoire le témoignage de notre sincère reconnaissance et de notre profond respect pour la confiance et le soutien permanent, ainsi que pour ses compétences scientifiques et pédagogiques qui nous ont permis de mener à bien ce mémoire.

Nous remercions **M^r Mokabli Aissa**, pour l'honneur qu'il nous a fait en présidant notre jury.

Nous remercions Monsieur **Abd Elrrahmen Omar**, d'avoir accepté d'être examinateur de ce mémoire.

Nous remercions également très sincèrement **M^{me} Djebroune Aouicha**, pour l'intérêt qu'elle a bien voulu porter à ce travail et d'avoir accepté d'en être l'examinatrice.

Nous remercions **M^r Khalkouli Mokhtar**, pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant d'être membre de jury de ce mémoire et pour nous avoir orienté toute la durée de travail.

Nous exprimons nos sincères remerciements à **M^r Hamidi Djamel et M^r Kouache Ben Moussa** à nous avoir facilité le travail et créer les conditions favorables à la réalisation ce travail, et de nous avoir toujours encouragées à aller de l'avant.

Nous exprimons nos sincères remerciements à **M^r Haddad Benalia**, pour ses conseils et ses encouragements tout le long de notre période expérimentale.

Nous souhaitons exprimer nos amitiés à Amina, Hibat Errahmane, pour nous avoir écoutées délirer pendant des heures sur nos travaux.

Aucun remerciement ne saurait rendre justice à nos parents pour leurs encouragements affectueux et leurs sacrifices pendant toutes ces années.





Dédicaces

Nous dédions ce travail...

A nos parents

Pour leur soutien et leurs encouragements, et pour nous avoir appris toutes les vertus de l'effort nécessaire à la réussite, et pour leur présence de tous les instants.

A tous les membres de notre famille

Veillez trouver dans ce modeste travail l'expression de notre affection.

A nos amies

Qui nous ont soutenues au quotidien pendant nos années d'études et pour les beaux moments passés ensemble.

A tous nos enseignants

Plus particulièrement à M^{me} Abidi Lila, pour sa sympathie, son aide, et son soutien moral surtout pendant les derniers jours.

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

A tous ceux qui nous ont fourni leur soutien et leur réconfort.

A tous ceux qui, par un mot, nous ont donné la force de continuer.

*A toutes celles et à tous ceux qui nous tiennent à cœur et qui ont quitté cette vie,
Que leur âme soit en paix.*

Hassiba/Razika

Résumé :

Le but principal de cette expérimentation est de tester l'effet d'un bio fertilisant liquide à base d'algues marines, sur la qualité et le rendement d'une variété de tomate industrielle « Chibli », cultivée sous serre. Pour cela, une dose complète et demi dose du biofertilisant, ont été administrés à la tomate, sous forme foliaire et racinaire et ont été comparés à un témoin. Le meilleur traitement obtenu pour la majorité des paramètres étudiés est celui de l'application racinaire à la dose de 100%, pour les paramètres de qualité et de rendement. Cependant, le traitement le plus performant, pour le paramètre biométrique est celui de l'application foliaire à la dose de 50%. Ainsi, la meilleure valeur du Brix est de 5.93 %, celle du rendement 166.25g et pour la hauteur 70.50 cm.

Mots-clés : Tomate industrielle, biofertilisant, qualité, rendement.

Summary:

The main purpose of this experiment is to test the effect of a liquid organic fertilizer seaweed based on the quality and the yield, on a variety of industrial tomato "Chibli", cultivated under greenhouse. For this, a complete dose and half dose of biofertilizer, were administered to tomato, under foliar, root form, and were compared with a witness (control). The best treatment obtained for the majority of the studied parameters is the one of the root application in the dose of 100 %, for the parameters of quality and yield.

However, the most efficient treatment for the biometric parameter is the foliar application at a dose of 50%. Thus, the best value of the Brix is of 5.93%, and that of the yield is of 166.25g and for the height is of 70.50 cm

Keywords: Industrial tomato, biofertilizer , quality, yield.

الملخص

الهدف الرئيسي من تجربتنا هو دراسة تأثير السماد الطبيعي ذو أصل نباتي بقاعدة الطحالب البحرية على المر دودية والنوعية لصنف من الطماطم الصناعية (شيبلي) مزروعة داخل البيت البلاستيكي ولهذا نقوم بإجراء اختبارات تجريبية حيث نقوم بإضافة هذا السماد العضوي بجرعتين مختلفتين (50% و100%) و بطريقتين (ورقية و جذرية) مقارنة مع شاهد. أفضل نتيجة سجلت للجرعة 100٪ على مستوى الجذور بالنسبة لكل المعايير المدروسة باستثناء المعيار البيومترى هو العلاج على مستوى الأوراق بجرعة 50٪ أكثر فعالية وأيضاً أفضل قيمة لنسبة السكر وصلت إلى 5.93٪، وكذلك قيمة المر دودية 166.25 غ، ووصل طول النبتة إلى 70.50 سم.

كلمات البحث: الطماطم الصناعية-السماد الطبيعي-الجودة-المر دودية.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Production de tomate industrielle en Algérie (2010-2014)

Tableau 2 : Production de tomate industrielle dans la wilaya d'Ain Defla (2010-2014)

Tableau 3 : Les compositions chimiques d'un fruit de tomate

Tableau 4 : Températures des phases de développement d'un pied de tomate.

Tableau 5 : Composition chimique du substrat

Tableau 6 : Composition physique (Granulométrie)

Tableau 7 : Couleur et épaisseur de la peau des fruits.

Tableau 8 : Test gustatif du fruit .

Liste de figures

- Figure 1** : Production de la tomate industrielle en Algérie
- Figure 2** : Production de tomate industrielle en la wilaya d'AIN DEFLA (2010-2014)
- Figure 3** : Tomate industrielle variété « Chibli »
- Figure 4** : Lieu de l'expérimentation (Google Earth)
- Figure 5** : La serre expérimentale
- Figure 6** : Thermomètre
- Figures 7 et 8** : Symptômes du choc thermique .
- Figure 9** : Modèle du pot
- Figure 10** : pré -germination dans les boîtes de Pétri
- Figure 11** : Plantules de tomate Industrielle dans les alvéoles
- Figure 12** : Le biofertilisant ALGASMAR
- Figure 13** : Schéma du dispositif expérimental
- Figure 14** : Dispositif expérimental
- Figure 15 et 16** : Application foliaire au stade végétatif.
- Figures 17 et 18** : Application racinaire au stade végétatif.
- Figure 19** : Traitements au stade floraison.
- Figure 20** : Traitements au stade nouaison
- Figure 21** : Traitements au stade grossissement des fruits.
- Figure 22** : Ebourgeonnage des plants de tomate.
- Figure 23** : Tuteurage des plants de tomate industrielle « Chibli »
- Figure 24** : Etêtage des plants de tomate industrielle « Chibli »
- Figure 25** : Présentation du produit phytosanitaire
- Figures 26 et 27** : Fruits de tomate industrielle « Chibli »
- Figure 28** : Réfractomètre.
- Figure 29** : pH-metre
- Figure 30** : Hauteur finale de plants (cm).
- Figure 31** : Nombre de fleurs des bouquets 1 et 2
- Figure 32** : Nombre de fleur par plant
- Figure 33** : Nombre de fruits des bouquets 1 et 2
- Figure 34** : Nombre de fruits par plant
- Figure 35** : Taux d'avortement des bouquets 1 et 2
- Figure 36** : Taux d'avortement par plant.

Figure 37 : Poids moyen des bouquets 1 et 2

Figure 38 : Poids moyen par plant.

Figure 39 : Brix.

Figure 40 : pH.

Figure 41 : Coefficient de forme des fruits

Liste des abréviations

C° : degré Celsius

CV : coefficient de variance

CE : conductivité électrique

F : foliaire

D.D.L : degrés de liberté

DSA : direction de service Agricole

E.T : écart type

Ha : hectare

P : plant

Ph : potentiel hydrogéné

Prob : probabilité

Qx : quintaux

R : racinaire

SCE : somme des carrés des écarts

T : traitement

Bqt : bouquet

Table des matières

Résumé

Liste des tableaux.

Liste des figures.

Liste des abréviations.

Introduction générale.....1

Chapitre I : Données bibliographiques

I.1. Historique et origine de la tomate.....	3
I.2. Production de la tomate industrielle.....	3
I.2.1. En Algérie	3
I.2.2. Dans la willaya d' Ain Defla.....	4
I.3. Importance de la tomate.....	5
I.3.1.Importance médicinale de la tomate.....	5
I.3.2. Valeurs nutritionnelles des fruits de tomate.....	5
I.4. Classification de la tomate.....	6
I.4.1. Classification botanique	7
I.4.2. Classification génétique.....	7
I.4.3. Classification véritable selon le mode de croissance.....	7
I. 5. Description morphologie de la plante.....	8
I.6. Les exigences écologiques de la tomate.....	9
I.6.1. Les exigences climatiques	9
I.6.2. Les exigences édaphiques.....	10
I.6.3. Les exigences hydriques.....	11
I.6.4. Les exigences nutritionnelles.....	11
I.7. Les techniques culturales.....	11
I.7.1.L'assolement et rotation.....	11
I.7.2. Préparation du sol.....	11
I.7.3. Production de plants.....	11
I.7.4. Les travaux d'entretien.....	11
I.8. Les fertilisants.....	12
I.8.1. Définition de la fertilisation.....	13

I.8.2. Inconvénients des fertilisants chimiques.....	14
I.8.3. Avantages des fertilisants naturels	14
I. 8.3. 1. Qu'est-ce qu'un biofertilisant ?.....	15
I. 8.3. 2. Importance des algues marines	15
I. 8.3. 4. Effets des algues marines sur les cultures.....	15

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1. Matériel et methode.....	16
II.1.1. Objectif de l'expérimentation.....	16
II.1.2. Matériel végétal.....	16
II.1.3. Conditions expérimentales.....	16
II.1.3.1. Lieu de l'expérience.....	16
II.1.3.2. Données climatiques.....	17
II.1.3.3. Données pédologiques	18.
II.1.3.3.1. Analyse du substrat.....	19
II.1.3.3.2. Substrat utilisé.....	20
II.1.4. Containers utilisés.....	20
II.1.5. Pré germination et repiquage.....	20
II.1.5.1. Pré germination.....	20
II.1.5.2. Le repiquage.....	21
II.1.6. Le produit utilisé.....	21
II.1.6.1. Composition du bio fertilisant « ALGASMAR ».....	21
II.1.6.2. Caractéristiques du biofertilisant.....	22
II.1.7. Dispositif expérimental.....	22
II.1.7.1. Application des traitements.....	23
II.1.7.2. Stades d'application des traitements.....	23
II.1.7.3. Fréquence des applications.....	23
II.1.8. Travaux d'entretien.....	25

II.1.8.1. L'effeuillage.....	25
II.1.8.2. L'ébourgeonnage.....	25
II.1.8.3. Le désherbage.....	26
II.1.8.4. Le tuteurage.....	26
II.1.8.5. L'étêtage.....	26
II.1.9. La protection cultures.....	27
II.1.10. La récolte.....	27
II.2. Paramètres étudiés	28
II. 2.1. Paramètres biométriques.....	28
II.2.1.1. Hauteur finale des plants (cm).....	28
II.2.2. Paramètres de production.....	28
II.2.2.1. Nombre de fleurs par bouquet et par plant.....	28
II.2.2.2. Taux d'avortement des fleurs par bouquet et par plant(%).....	28
II.2.2.3. Poids moyen des fruits par traitement (g).....	28
II.2.3. Paramètres de qualité des fruits de tomate.....	28
II.2.3.1. Brix(%).....	28
II.2.3.2. Le pH.....	28
II.2.3.3. Le coefficient de forme.....	29
II.1.3.4. Aspect externe du fruit (couleur, épaisseur).....	30
II.2.3.5. Le test gustatif du fruit.....	30
II.2.3.7 Analyses statistiques.....	30

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1. Paramètre biométriques.....	31
III.1.1. Hauteur finale des plants (cm).....	31
III.1.2. Paramètres de production.....	31

III.1.2.1. Nombre de fleurs par bouquets floraux.....	32
III.1.2.2 .Nombre de fleurs par plant.....	33
III.1.2.3. Nombre de fruits par bouquet.....	32
III. 1.2.4. Nombre de fruits par plant.....	34
III.1.2.5. Taux d'avortement par bouquet floraux (%).....	35
III.1.2.6. Taux d'avortement par plant (%).....	36
III.1.2.7. Poids moyen des fruits par bouquet (g).....	36
III.1.2.8. Rendement par plant(g).....	37
III.1.3. Paramètre de qualité.....	38
III.1.3.1. Le Brix (%).....	38
III.1.3.2. Le pH (potentiel hydrogène).....	39
III.1.3.3 Le coefficient de forme.....	39
III.1.3.4. Aspect externe du fruit (couleur, épaisseur).....	40
III.1.3.5. : Le test gustatif du fruit.....	41

Conclusion générale

Références bibliographiques

Annexe

Introduction générale :

La tomate *Solanum lycopersicum* L. est une plante de la famille des solanacées. Originaires du nord-ouest de l'Amérique du sud, largement cultivées pour leurs fruits de formes et de couleurs variées (CHAUX, 1994 ; RENAUD, 2001 ; BLAMEY, 2003 ; TOMODORI, 2007). Cette dernière occupe la troisième espèce cultivée au monde, après la pomme de terre et la patate douce, et le deuxième légume le plus consommé (DE BROGLIE ET GUEROULT, 2005).

La tomate est une excellente source de beaucoup de nutriments et de métabolites secondaires (BOUTH, 1965), importants pour la santé humaine (potassium, flavonoïdes, antioxydants (carotènes et lycopène) qui sont liés à la réduction des risques de nombreuses maladies comme le cancer de la prostate et les maladies du cœur (WILCOX et al., 2002). Elle est également peu calorique, ce qui fait d'elle un aliment diététique de choix, très apprécié par les consommateurs. Cette dernière est consommée sous toutes ses formes en frais ou sous forme de produits transformés (tomates conservées, tomates séchées, sauces, kitch up, jus de tomates) (PHILOUZE et HEDDE, 1995).

La tomate industrielle destinée à la transformation tient particulièrement une place importante dans les industries alimentaires algériennes. Les surfaces consacrées à cette culture ont également augmenté. Elles sont passées de 2000 hectares en 1960, pour arriver à 18591 hectares en 2012 (MADR, 2012) et arriver à 19679 hectares en 2014 (DSA, 2016). Ce légume (fruit) représente donc un enjeu économique important soumis à une forte concurrence.

La fertilisation est l'élément de base de l'agriculture moderne, elle assure les besoins nutritionnels des plants qui agissent sur le rendement du point de vue quantitatif et qualitatif. Toutefois, la forte utilisation des engrais chimiques est néfaste pour l'environnement et pour la santé humaine. Ces risques placent la fertilisation parmi les pratiques agronomiques qui posent actuellement le plus de problèmes, surtout pour les cultures maraîchères qui ont des exigences nutritionnelles très importantes. C'est pourquoi, l'utilisation des fumures organiques qui est une des méthodes pratiquée traditionnellement et renouvelée actuellement. D'autant plus, qu'il a été mondialement démontré de nos jours que les fertilisants naturels sont plus efficaces que les fertilisants chimiques (BOKIL et al., 1993).

La question traditionnellement posée par les producteurs est de savoir, comment répondre aux exigences du consommateur qui s'intéresse de plus en plus aux produits biologiques, et en

même temps, atteindre des rendements élevés sans avoir recours aux engrais minéraux **(KENNY et HANAFI, 2001)**.

Afin d'apporter une réponse à cette question, et dans la perspective de contribuer à une agriculture respectueuse de l'environnement, notre choix s'est porté sur l'étude de l'effet d'un biofertilisant d'origine végétale sur la culture d'une variété de tomate industrielle « Chibli », cultivée sous serre.

I.1. Historique et origine de la tomate :

La tomate (*Solanum lycopersicum*L.) est originaire des Andes d'Amérique du Sud, dans une zone allant du sud de la Colombie au nord du Chili et de la côte Pacifique, aux contreforts des Andes (Equateur, Pérou). Elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe au XVIème siècle par les Espagnols avant même la pomme de terre et le tabac (SHANKARA et al., 2005). Le genre *Lycopersicon* comprend neuf espèces, dont une seule ; *Lycopersicon esculentum* sous sa forme sauvage cerasiforme pourrait être directement à l'origine des autres variétés, a émigré vers le Sud de l'Amérique du Nord (CHAUX et FOURY, 1994). Au départ, les européens l'exploitèrent pour un usage purement ornemental et évitèrent sa consommation, à cause des liens de parenté botanique très étroits avec certaines espèces végétales connues comme plantes vénéneuses en l'occurrence, *Hyocinus niger*, *Lycopersiconatropa* (KOLEV, 1976). En effet, elle a été longtemps considérée comme une plante toxique, au même titre que sa cousine « la mortelle Belladone ». Ce n'est que vers les années 1920-1930 qu'elle commença à être largement commercialisée (MENARD, 2009).

La tomate dont l'appartenance à la famille des solanacées avait été reconnue par les botanistes a été classée par Linné en 1753, comme *Solanum lycopersucon*. D'autres botanistes lui ont attribué différents noms : *Solanum lycopersucun*, *Solanum esculentum*, *Lycopersucon licopersicum* et c'est finalement, *lycopersucon esculentum* attribué par Philippe Miller en 1754, qui a été retenue (MUNROE et SMALL, 1997)

I.2. Production de la tomate industrielle :

I.2.1. En Algérie :

La tomate industrielle constitue la culture la plus importante dans l'économie agricole des régions d'Annaba, El Tarf, Skikda et Guelma (INPV, 2014).

Tableau 1 : Production de tomate industrielle en Algérie (2010-2014)

	2010	2011	2012	2013	2014
Production(Qx)	7619420	7058640	8523870	9082675	10930475
Superficie (ha)	17387	18382	18591	16778	19679
Rendement (Qx/ha)	438.2	384	458.5	541.3	555.4

Source : DSA, Ain defla(2016)

Les données du tableau 4, montrent une augmentation de la superficie et de la production due à la consommation élevée de ce légume-fruit, de l'année 2010 à 2014 où les valeurs sont aux alentours de 19679 ha, avec une production moyenne 10930475Qx. Cette augmentation de la production n'est pas uniquement liée à l'augmentation de la superficie mais aussi à l'amélioration des techniques culturales et à l'utilisation des variétés hybrides à haut rendement.

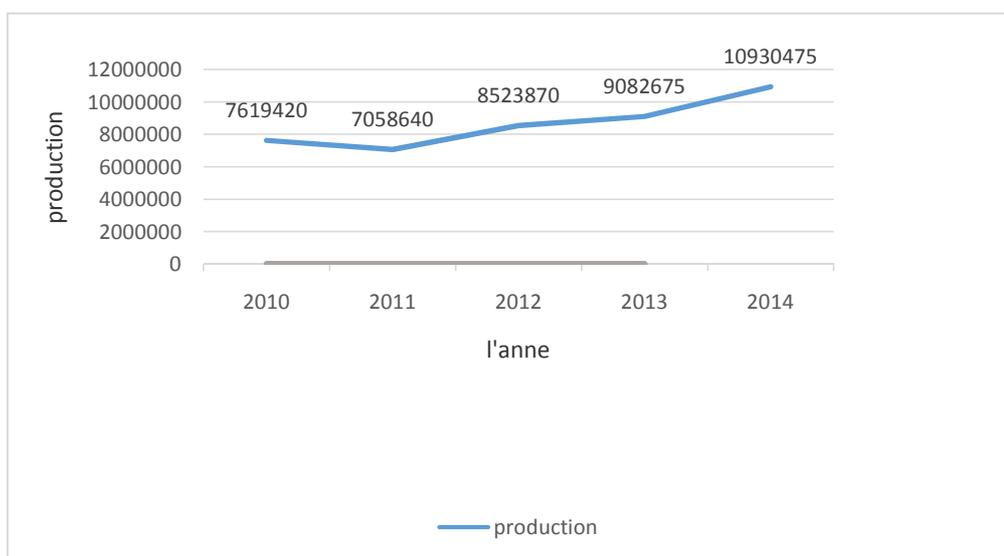


Figure 2 : Production de la tomate industrielle en Algérie

I.2.2. Dans la willaya d'Ain Defla :

Tableau 02 : Production de tomate industrielle dans la wilaya d'Ain Defla.

Tomate industrielle	2010	2011	2012	2013	2014
Production(Qx)	48	47	70	105	124
Superficie (ha)	24050	25575	52500	80000	101270
Rendement (Qx/ha)	501.042	544.149	750	761.905	816.7

Source : DSA, Ain defla(2016)

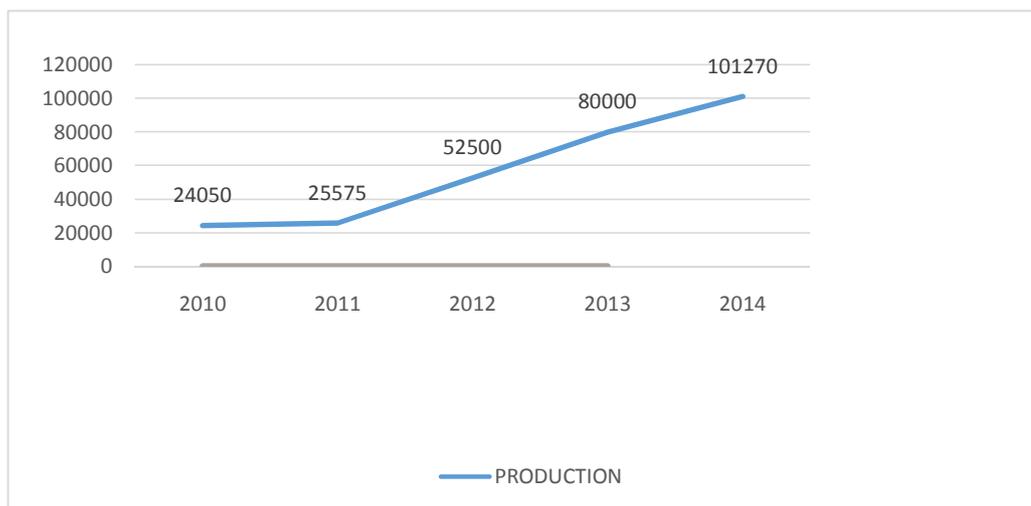


Figure 2 : Production de tomate industrielle dans la wilaya d'AIN DEFLA (2010-2014)

La figure 2, montre une faible production de tomate industrielle durant l'année 2010-2011. En plus des faibles superficies consacrées à la tomate industrielle, le manque d'irrigation est le principal facteur lié à ce bas rendement. Après l'année 2011, l'amélioration du rendement est remarquable. Il atteint 101270 Qx au cours l'année 2014. Cette évolution est principalement due à l'augmentation des superficies, à la mécanisation ainsi qu'au bon choix des variétés cultivées.

I. 3. Importance de la tomate

I.3.1. Importance médicinale de la tomate :

Le rôle médicinal de la tomate est connu depuis bien longtemps chez les Incas en Amérique de sud, où ils utilisent la feuille fraîche du plant de tomate comme antibiotique (**PHILOUZE and HEDDE, 1995**). Plusieurs études prospectives et épidémiologiques ont démontré qu'une consommation élevée de fruits et de légumes diminuait le risque des maladies cardiovasculaires, de certains cancers et d'autres maladies chroniques (**BAZZANO et SERDULA, 2003**).

I.3.2. Valeurs nutritionnelles des fruits de tomate

La tomate tient une place importante dans l'alimentation humaine, elle est consommée soit crue, soit cuite, ou comme un produit transformé tels que jus de fruits, sauces, Ketchup et de conserves. Dans les dernières décennies, la consommation de tomate a été associée à la prévention de plusieurs maladies comme le cancer ou les maladies cardiovasculaires (**SHARONI et LEVI, 2006 ; WILCOX et al. 2003**). La composition biochimique, des fruits

de tomate fraîche dépend de plusieurs facteurs à savoir : la variété, l'état de maturation la lumière, la température, la saison, le sol, l'irrigation et les pratiques culturales (SALUNKHE et al.,1974). Contrairement à la plupart des fruits, la tomate est un aliment très peu énergétique. Elle n'apporte qu'environ 22 calories/100g à l'état cru et 26 calories /100g à l'état cuit .Elle présente une bonne composition nutritionnelle avec 95% d'eau et 5% de matière sèche composée de 50% de sucres (fructose et glucose), 25% d'acides organiques (acides citriques et maliques),8% de minéraux,2% d'acides aminés, de caroténoïde et autres métabolites secondaires (DAVIES et HOBSON 1981).

Tableau 3 : Les compositions chimiques d'un fruit de tomate

Fruit Composition	Tomate rouge, mûre, cru moyenne, 6,5 cm diamètre/125 g	Jus de tomate, conserve, ½ tasse (125 ml)/130 g	Tomate rouge, mûre, entière, en conserve, 1 tasse (250 ml)/ 255 g
Calories	22	94	43
Protéines	1,1 g	1,0 g	2,0 g
Glucides	4,8	5,4 g	10,1 g
Lipides	0,3 g	0,1 g	0,3 g
Fibres alimentaires	1,5 g	0,9 g	2,0 g
Charge glycémique : Faible pour le jus de tomate Pouvoir antioxydant : Faible pour la tomate crue, Modéré pour la tomate cuite			

Source : Santé Canada. Fichier canadien sur les éléments nutritifs(2010)

I.4. Classification de la tomate :

I.4.1. Classification botanique :

La tomate est une plante annuelle, herbacée appartenant à la classification suivante :

Classe : Magnoliopsida.

Sous-classe : Asteridae.

Ordre : Solanales.

Famille: Solanaceae.

Genre : *Solanum*.

Nom : *Solanum lycopersicum* Mill

(IPNI, 2005)

I.4.2. Classification génétique :

La tomate cultivée est une espèce diploïde avec $2n = 24$ chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants mono génétiques dont certains sont très importants pour la sélection (**BLANCARD *et al.*, 2009**).

La structure de la fleur de la tomate assure une cleistogamie (antogamie stricte), mais elle peut se comporter comme une plante allogame, on peut avoir jusqu'à 47% de fécondation croisée dans la nature (**PUBLISHERS, 2004**). Ces deux types de fécondation divisent la tomate en deux variétés qui sont :

I.4.2.1. Variétés fixées :

Il existe plus de cinq cents variétés fixées (conserver les qualités parentales). Leurs fruits sont plus ou moins réguliers, sont sensibles aux maladies, mais donnent en général des fruits d'excellente qualité gustative (**POLESE, 2007**)

I.4.2.2. Variétés hybrides :

Les variétés hybrides sont plus nombreuses. Elles sont relativement récentes, puis qu'elles n'existent que depuis 1960 (**POLESE, 2007**).

I.4.3. Classification véritable selon le mode de croissance :

Il existe de très nombreuses variétés de tomate cultivées. La sélection faite par les hommes a privilégié les plantes à gros fruits. On distingue cependant, plusieurs catégories de tomates qui sont classées selon leurs caractères botaniques, morphologiques et selon le mode de croissance de la plante (la formation des feuilles, inflorescences et bourgeons), qui déterminent l'aspect et le port que revête le plant. Ainsi, la plupart des variétés ont un port dit indéterminé, à l'opposé des autres dites à port déterminé et des variétés buissonnantes (**SHANKARA *et al.*, 2005**).

I.4.3.1. Variété à croissance indéterminée :

Ces variétés sont plus nombreuses. Elles continuent à pousser et à produire des bouquets floraux, tant que les conditions sont favorables. Comme leur développement est exubérant leur tige doit être attachée à un tuteur, sous peine de s'affaisser au sol, il est également nécessaire de les tailler et de les ébourgeonner régulièrement. Elles ont une production plus échelonnée et plus étalée. Elles sont plus productives en général que les tomates à port déterminé (**POLOSE, 2007**).

I.4.3.2. Variété à croissance déterminée :

Dans ce groupe et selon la variété, la tige émet 2 à 6 bouquets floraux, puis la croissance s'arrête naturellement. Elle est caractérisée par l'absence de la dominance apicale. Ce type variété est destiné à l'industrie agro-alimentaire sous le nom de variété industrielle (LAUMONIER, 1979).

I.4.3.3. Variété buissonnante :

Ces variétés distinguent par des tiges épaisses, solides et avec des inflorescences serrées. Les tomates buissonnantes ressemblent aux tomates à croissance déterminée .ces variétés ne sont pas cultivées en Algérie (ANONYME ,2007).

I.5. Description morphologique de la plante :

I.5.1. Le système racinaire :

La tomate possède une forte racine pivotante qui pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus. La racine principale produit une haute densité de racines latérales et adventices (SHANKARA et al., 2005).

I.5.2.La tige :

La tige pousse jusqu'à une longueur de 2à 4m. Elles est fortement poilue et glandulaire (SHANKARA et al., 2005). Selon (KOLEVE ,1976) la tige est herbacée au début, puis se lignifie en vieillissant, elle est épaisse et ramifiée, portant des feuilles composées et alternées et des fleurs réunies en bouquet.

I.5.3. La feuille :

Les feuilles sont composées de 5 à7 folioles principales, longues de 10à 25 Cm et d'un certain nombre de petites folioles intercalaires ovales, un peu dentées sur les bords grisâtres à la face inférieure. Elles sont souvent repliées en forme de cuillères. Ces feuilles sont alternées sur la tige (RAEMAEKERS, 2001).

I.5.4. La fleur :

Les fleurs, sont petites, jaunes, en forme d'étoile, elles sont groupées sur un même pédoncule en bouquet lâche de trois à huit fleurs. Ces bouquets apparaissent en général régulièrement sur la tige chaque fois que la plante a émis trois feuilles. L'ovaire de la tomate est supère (situé au-dessus du calice) et comporte le plus souvent deux loges ou carpelles mais certaines variétés peuvent en comporter trois ou cinq (JEAN-MARIE, 2007).

I.5.5. Le fruit :

Le fruit est une baie plus ou moins grosse, de formes variables (sphérique, oblongue, et de couleurs variées (blanches, roses, rouges, jaunes, oranges, verts, noirs), selon les variétés (RENARDE, 2003)

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 (GRASSELLY *et al*, 2000)

I.5.6. Les graines :

Elles sont en forme de rein ou de poire, poilues, beiges, de 3 à 5 mm de long et de 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen. Le poids de mille grains est en moyenne de 3 g (SHANKARA *et al*, 2005). Le cycle de la graine à la graine, est variable selon les variétés et les conditions de culture, il est en moyenne de 3.5 à 4 mois (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et 7 à 9 semaines de la fleur au fruit) (GALLAIS et BANNEROT, 1992).

I.6. Les exigences écologiques de la tomate :

I.6.1. Les exigences climatiques :

I.6.1.1. La température :

Tableau 4 : Températures des phases de développement d'un pied de tomate.

Stade de développement	Température de l'air (C ⁰)			Température du sol
	min	optimale	max	
Germinations des graines	11	16-29	34	25
Croissance des semis	18	21-24	32	15-20
Floraison	13	17-22	25	15-20
Mise à fruit	18	20-24	30	20-25
Véraison	10	20-24	30	20-25

Shankara *et al.*, (2005)

I.6.1.2. La lumière :

La tomate n'est pas sensible au photopériodisme, mais elle est exigeante en énergie lumineuse. La longueur de l'obscurité est essentielle pour le contrôle de la croissance et le développement de la plante. Un faible rayonnement lumineux réduit le nombre de fleurs par bouquet et affecte la fécondation (**CIRAD et GRET, 2002**).

I.6.1.3. Eau et humidité :

La plante est très sensible à l'hygrométrie, elle ne tolère pas les sols engorgés ni l'humidité élevée (plus de 80%). Une hygrométrie relativement ambiante de 60% à 65% est la meilleure pour la fécondation. En effet, lorsque l'humidité est trop élevée, le pollen est difficilement libéré. Par ailleurs, le développement des maladies cryptogamiques est fortement lié à des fortes humidités accompagnées de la chaleur (**LAUMONIER, 1979**). Il est essentiel de prévoir un apport d'eau suffisant pendant la fructification. Le stress causé par une carence d'eau et les longues périodes arides fait tomber les bourgeons et les fleurs et provoque le fendillement des fruits (**MUNRO et SMALL, 1998**).

I.6.2. Les exigences édaphiques

I.6.2.1 Sol :

Le sol de la tomate doit être de qualité : profond, bien aéré et drainant. La teneur en matière organique du sol doit être assez élevée (2-3%) pour obtenir de bons rendements (**SKIREDJ, 2007**).

La tomate industrielle s'adapte à une large gamme de sols, toutefois, les sols limono-sableux ou limoneux profonds, non asphyxiant et à pH compris entre 6 et 7 exprimeront les meilleures potentialités de récolte. Les sols sablo-argileux drainant sont les plus conseillés pour une alimentation minérale et hydrique régulière (**YVES, 2006**).

I.6.2.2. pH :

La tomate tolère modérément un large intervalle de valeurs du pH, mais, pousse le mieux dans des sols où la valeur du pH varie entre 5.5 et 6.8 (**SHANKARA et al, 2005**).

I.6.2.3. Salinité :

La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis à vis de la salinité. Cependant, la baisse du rendement peut atteindre 25 % à une salinité de l'ordre de 4 g/l (**GRISSA, 2010**).

I.6.3. Les exigences hydriques :

C'est un facteur important du rendement et de la qualité, notamment, du calibre. Les erreurs sont beaucoup moins bien «encaissées » par le plant sous abri qu'en plein air. Les besoins sont surtout importants à partir de la floraison du 2^{ème} bouquet (**CHAUX et FOURY, 1994**). Les besoins hydriques de la tomate varient en fonction de stade de développement, de la saison de culture, du mode de conduite et de la variété cultivée (**MOUHOUCHE, 1983**).

I.6.4. Les exigences nutritionnelles :

Selon **CHAUX (1972)**, la tomate se classe parmi les espèces exigeantes en éléments fertilisants. D'après **MUSARD (1990)**, la production en rendement et en qualité d'une culture de tomate est fortement influencée par son alimentation en eau et éléments minéraux.

I.7. Les techniques culturales :

I.7.1. L'assolement et rotation :

D'après **SOLTNER, (2000)**, dans de bonnes terres recevant normalement du fumier, la tomate vient en tête de rotation, alors qu'au niveau des terres pauvres en humus, il est conseillé de la cultiver après la luzerne ou autre prairies.

I.7.2. Préparation du sol :

Selon **SI BENNASSEUR, (2011)**, la tomate exige un sol bien ameubli en profondeur. Il est recommandé de procéder à un labour et sous-solage en cas de présence d'une couche imperméable, mais aussi pour faciliter le drainage des eaux.

I.7.3. Production de plants :

I.7.3.1. Le semis :

D'après **CHIBANE(1999)**, la période de semis de la tomate sous-serre débute vers mi-juillet pour les précoces et s'étale jusqu'à fin septembre pour les tardives et les extra tardives. Les semis doivent se faire en plateaux alvéolés. Les besoins par hectare sont de 70 à 80 g de semences et 40 à 50 sacs de 80 Kg de tourbe.

I.7.3.2. La plantation :

La distance de plantation est de 1 m à 1.30 m fois 0.25 m à 0.30 m pour la culture plein champ, et varie de 0.8 m fois 0.3 m pour les cultures sous abris (**JACOB et JANSER, 1976**). Les densités de plantation doivent varier en fonction de la qualité de terrain, et de la méthode de conduite des plantes. Ainsi, pour les plants conduits à un bras, on peut envisager une

plantation plus dense sur le rang, par contre pour les plants conduits à deux bras seront plus espacés (LAUMONNIER, 1979).

I.7.3.3. La fertilisation

La tomate est une culture gourmande, qui nécessite azote, acide phosphorique et potassium (JEAN-MARIE, 2007). Les engrais de couverture doivent être fractionnés et appliqués en fertirrigation. Les doses doivent être déterminées en fonction des conditions pédoclimatiques et le stade phénologiques de la plante (CHIBANE, 1999).

I.7.3.4. L'irrigation

Dans de bonnes conditions, un arrosage par semaine devrait suffir. Il faut environ 20 mm d'eau par semaine lorsque le temps est frais, mais environ 70 mm pendant les périodes arides. L'apport en eau joue un rôle majeur pour obtenir une maturité uniforme et pour éviter la pourriture apicale, une maladie physiologie associée à un approvisionnement en eau irrégulier et la carence en calcium dans les fruits en voie de grossissement (SHANKARA et al., 2005).

I.7.4. Les travaux d'entretien :

I.7.4.1. Le palissage :

En mode palissé, la tige croit autour d'une ficelle suspendue à un fil de fer tendu horizontalement au-dessus du rang sur les supports de culture (SHANKARA et al., 2005).

I.7.4.2. La taille :

Il est importante de la taille de tomate, surtout pour les variétés qui forment un buisson dense et lumière ainsi que la circulation de l'air (SHANKARA et al., 2005).

I.7.4.3. L'effeuillage

L'opération consiste à enlever toutes les feuilles âgées, jaunâtres, ou apparemment malades sur toute la hauteur de la tige. C'est une opération nécessaire pour une culture de tomate sous -serre (CHIBANE, 1999).

I.7.4.4. L'ébourgeonnage :

La culture de tomate est conduite en un seul bras. Donc, il faut procéder à supprimer tous les bourgeons axillaires à un stade précoce. Un ébourgeonnage tardif peut engendrer un affaiblissement des plants. Il faut procéder à un badigeonnage de la tige au niveau des bourgeons enlevés car les blessures des tiges peuvent éventuellement constituer une porte

d'entrée aux maladies (CHIBANE, 1999).

I.7.4.5. L'étêtage :

Cette opération consiste à pincer la tige principale au niveau désiré. Elle doit se faire deux à trois feuilles après le dernier bouquet, afin de permettre un grossissement normal des fruits des bouquets supérieurs (CHIBANE, 1999).

I.7.4.6. L'élimination des mauvaises herbes :

Les mauvaises herbes font la concurrence aux pieds des tomates à l'égard de la lumière, de l'eau et des éléments nutritifs. Parfois elles abritent des organismes qui provoquent des maladies de la tomate, tels que le virus de l'enroulement chlorotique des feuilles de la tomate (TYLCV), et elles réduisent le rendement. Une gestion efficace des mauvaises herbes commence par un labourage profond, la pratique de la rotation des cultures et la pratique des cultures de couverture compétitives, la pratique du paillage favorise la suppression des mauvaises herbes, le désherbage manuel est une méthode effective pour lutter contre les mauvaises herbes qui poussent entre les plantes d'une ligne de pieds de tomate (SHANKARA *et al.*, 2005).

I.8. Les fertilisants

I.8.1. Définition de la fertilisation

La fertilisation est l'ensemble des techniques agronomiques permettant d'amener un sol à son niveau de production optimale et de l'y maintenir. Ces techniques de fertilisation concernent l'amélioration ou le maintien des caractéristiques physiques, chimiques et microbiologie du sol en se basant sur le travail du sol, l'amendement de la fumure et l'irrigation (ZUANG, 1982)

I.8.2. Inconvénients des fertilisants chimiques :

Les fertilisants chimiques ou minéraux n'améliorent pas la structure du sol mais ils enrichissent le sol en y apportant des éléments nutritifs. Ils sont relativement coûteux, et ont un effet néfaste non seulement pour la santé humaine mais aussi pour les microorganismes du sol, puisque sa fertilité se dégrade graduellement, son acidité augmente, il devient toxique à cause de l'accumulation des éléments chimiques qui déséquilibrent sa structure. (SIVASANGARI *et al.*, 2010).

1. 8.3. Avantages des fertilisants naturels :

1.8.3.1. Qu'est-ce qu'un biofertilisant ?

En agriculture un biofertilisant ou fertilisant organique est un biostimulant de la croissance et du rendement d'une plante, lorsqu'il appliqué en petite quantité, durant tout le cycle de la culture (MOHANTY *et al.*, 2013).

1.8.3.2. Importance des algues marines

Les algues sont les végétaux terrestres les plus anciens dont on dénombre plus de 25'000 variétés (PEREZ, R. *et al.*, (1992). Elles sont récoltées dans les milieux aquatiques d'eau douce ou saline et se classent en différentes catégories selon leurs pigments (algues brunes, rouges et vertes (DEMOULAIN et LEYMERGIE, 2009). Leur importance réside dans leurs apports en différents composés tels que les vitamines, antioxydants (caroténoïdes, les flavonoïdes) ; (GISEL, 2008). Leurs teneurs en protéines entre 8 et 35% du poids sec selon l'espèce, en font des sources intéressantes car elles rivalisent avec celles des céréales complètes ou de certaines légumineuses comme le soja, qui contient 25% de protéines sur poids sec. Les algues sont aussi riches en magnésium, en phosphore et en calcium et autres minéraux. Ces derniers représentent jusqu'à 34% de la matière sèche. Les plus présents sont le potassium comme dans tous les végétaux (de 1 à 11%), le sodium (de 2 à 6%) ainsi que le chlore (de 3 à 9%) reflétant le milieu marin ambiant (FLEURANCE et GUEANT, 1999). Les algues contiennent toutes du sélénium, du zinc, du cuivre qui renforcent les défenses immunitaires. Elles sont aussi une source naturelle et importante de fibres avec une teneur moyenne de 35 à 40 % du poids sec et dont plus de la moitié sont solubles. (LAHAYE et KAEFFER, 1997).

1. 8.3. 3. Intérêt des algues marines dans l'agriculture :

L'utilisation des extraits d'algues marines comme fertilisant pour les productions des cultures est une tradition ancienne dans les régions littorales du monde entier (THIRUMARAN *et al.* , 2009)

De nos jours, il a été prouvé dans le monde entier, que les fertilisants naturels sont plus efficaces que les fertilisants chimiques (BOKIL *et al.*, 1993). En effet, les fertilisants à base d'extraits d'algues marines contiennent des carbohydrates et d'autres matières organiques qui améliorent la fertilité du sol et sa capacité de rétention (CROUCH, and VAN STADEN, 1993). Selon (BOOTH, 1965), les fertilisants liquides à base d'algues marines sont riches en

macro et micro éléments, vitamines, substances organiques comme les acides aminés et régulateurs de croissance comme les auxines et gibbérellines (NELSON *et al.*, 1984).

1.8.3.4. Effets des algues marines sur les cultures

Les effets de l'application des algues marines sur la croissance des végétaux sont connus empiriquement depuis les débuts de leur application sur les champs. Des études récentes sur les effets des extraits algaux sur les cultures, montrent une meilleure germination, floraison et fructification (ROUSSOS *et al.*, 2009). L'extrait d'algues marines est l'un des composés anti-stress efficace qui est un biostimulant utilisé en tant que conditionneur de sol pour améliorer la croissance des plantes (HURTADO *et al.*, 2009). Plusieurs études ont révélé les avantages des extraits d'algues sur les plantes tels-que l'amélioration de la performance des cultures et le rendement ainsi que l'amélioration de la résistance aux stress biotiques et abiotiques (NORRIE et KEATHLEY, 2006 ; EYRAS *et al.*, 2008).

II.1. Matériel et méthodes

II.1.1. Objectif de l'expérimentation

L'objectif de notre expérimentation consiste à étudier l'effet d'un biofertilisant liquide à base d'algues marines (Algasmer), sur le rendement et la qualité d'une variété de tomate industrielle hybride Chibli, cultivée sous serre.

II.1.2. Matériel végétal :

Le matériel végétal est constitué d'une variété hybride cultivée en Algérie : la tomate industrielle (*Solanum lycopersicum L.*), variété Chibli, originaire de Chine (société productrice : Sygenta). Les semences ont une faculté germinative de 98%. Ces dernières ont été mises dans des pots de capacité 7L remplis de terre et de tourbe à différents mélanges.



Figure 3 : Tomate industrielle variété Chibli

II.1.3. Conditions expérimentales :

II.1.3.1. Lieu de l'expérience :

L'essai a été mené à l'université « Djilali Bounaâma » de Khemis Miliana, wilaya de Aïn Defla, dans une serre en plastique de superficie de 12m² disposée selon l'orientation Nord-sud. L'aération a été assurée par des fenêtres, placées latéralement de part et d'autres de la serre. Du fil de pêche a été également placé au niveau des fenêtres et de la porte afin d'éviter l'entrée des insectes nuisibles à la culture.



Figure 4 : Lieu de l'expérimentation (Google Earth)



Figure 5 : La serre d'expérimentale (originale, 2016)

II.1.3.2. Données climatiques :

L'évolution de la température interne de la serre a été contrôlée par un thermomètre installé au centre de la serre (**Figure 6**).



Figure 6 : Thermometre(originale, 2016)

Tableau 5 : Moyennes des températures par décade en (°C) durant le cycle de la culture.

Dates	08 :30h	12 :00h	16 :30
Du (01-01-2016) au (10-01-2016)			
(10-01- 2016) - (20-01-2016)	11	25	26
(20-01-2016) - (30 -01-2016)	14	22.5	24
(30-01-2016)- (01-02-2016)	14.5	19	24
(01-02-2016)-(10-02-2016)	16	19.7	24.8
(10-02-2016)- (20 -02-2016)	13.3	17.9	14.5
(20-02-2016)-(29-02-2016)	13.6	20.8	24.8
(29-02-2016)- (10 03-2016)	13.5	25.5	30
(10-03-2016) (20-03-2016)	15.1	26.2	30.8
(20-03-2016)- (30-03-2016)	19.6	36.6	26.1
(30-03-2016)-(10-04-2016)	20	27	27.4
(10-04-2016)-(20-04-2016)	21.5	29	26.3
(20-04-2016)-(30-04-2016)	16.2	27	25.5
(01-05-2016)-(10-05-2016)	21.2	31.1	29.9
(10-05-2016)-(20-05-2016)	22.2	30.2	33.1
(20-05-2016)-(30-05-2016)	25.3	37.1	31.6
(30-06-2016)-(10-06-2016)	26.2	37	36

On remarque au début de la culture au moment du repiquage que la température s'adapte aux besoins de la tomate, mais vers la mi- février, les aléas climatiques ont été défavorables à la croissance et au développement de notre culture sous serre. Nous avons constaté que les changements brusques de températures (choc thermique), ont eu des séquelles sur la tomate si bien que, les basses températures ont provoqué vers la mi-mars, l'apparition d'une couleur violacée au niveau des tiges (**figure 7**) et les fortes températures ont causé un enroulement des feuilles qui a été irréversible (**figure 8**). Cependant, aux stades de la floraison et du grossissement des fruits, les températures sont devenues plus favorables (31°C) pour la culture de tomate industrielle.



Figures 7 et 8 : Symptômes du choc thermique (originale, 2016)

II.1.3.3. Données pédologiques :

II.1.3.3.1. Analyse du substrat :

Les analyses du sol ont été réalisées, à l'universitaire de Khemis Milliana « Djilali Bounaâma », au laboratoire de chimie. Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Composition chimique du substrat

Conductivité électrique (mmhos /cm)	pH	Humus %	Calcaire Total %	Calcaire Actif %	Humidité disponible %
5.3	7.02	63.46	24	/	/

Tableau 7 : Composition physique (Granulométrie)

Les composants granulométriques	Argile	Limon fin	limon gros	Sable fin	Sable gros
Portions en%	10	25	46.1	18.2	7

Selon le triangle de textural de HENIN, le sol est limono-Argileux. Le substrat présente un pH faiblement alcalin, légèrement calcaire et non salin car sa conductivité électrique est assez faible, en comparaison avec le taux d'argile et la matière organique. Les paramètres édaphiques sont donc favorables à la culture de la tomate.

II.1.3.3.2. Substrat utilisé :

Le substrat utilisé dans notre expérimentation est un mélange ; (2/3) de terre provenant d'une parcelle de l'Université de Khemis Miliana.) + (1/3) de tourbe noire, d'origine allemande, au nom commercial NATURAHUM. Cette dernière a été ajoutée à la terre car elle jouit d'une excellente capacité de rétention en eau et assure l'alimentation hydrique et minérale des plantes. Au fond de chaque pot, nous avons mis 25g de gravier de 3-8 mm de diamètre pour assurer un meilleur drainage.

II.1.4. Containers utilisés :

Les conteneurs utilisés sont des pots en plastique de couleur marron, ayant une capacité de 7L. Ces derniers ont été placés sur des briques afin de mieux contrôler le drainage.



Figure 9 : Modèle du pot (originale, 2016)

II.1.5. Pré germination et repiquage :

II.1.5.1. Pré germination :

Le pré germination a été réalisé le 01-12-2015. Les graines ont été mises dans des boîtes de Pétri contenant du papier buvard imbibé d'eau à raison de 40 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%.



Figure 10 : Pré-germination dans les boîtes de Pétri (originale, 2016)

II.1.5.2. Le repiquage :

Le repiquage des germes de tomate dans les alvéoles a eu lieu le 08-12-2015. Après 47 jours de pépinière, le repiquage des plants de tomate a été réalisé à la date du 25-01-2016. Les jeunes plants, ont été transplantés au stade 3-4 feuilles dans des pots en plastique, le 04.01.201 puis placés sous serre. Ces derniers ont été arrosés avec l'eau tiède du robinet pour favoriser la reprise des jeunes plantules



Figure 11: Plantules de tomate industrielle dans les alvéoles (originale, 2016)

II.1.6. Le produit utilisé :

Il s'agit d'un fertilisant naturel, fabriqué en Algérie (Staouali).

II.1.6.1. Composition du bio fertilisant « ALGASMAR » :

Mélange d'extrait d'algues, d'acides aminés d'enzymes collagènes et d'urée : Acides aminés libres 10 % ; Matières végétales totales 10% ; Azote total 11.5% ; Azote ammoniacale 0.01 % ; Azote nitrique 0.06 % ; Azote uréique 7.13 % ; Azote protéique 1.5 % ; Azote organique 1.5 % ; Azote amimique 1.3 %.



Figure 12 : Le biofertilisant ALGASMAR (originale,2016)

II.1.6.2. Caractéristiques du biofertilisant :

Le biofertilisant « Algasmar » est un produit liquide, d'origine végétale à base d'algues marines et d'acide aminés provenant de gluten de maïs, active la croissance et favorise les processus de floraison, de fécondation et de grossissement des fruits. Il améliore le calibre des fruits, il accélère le rétablissement des cultures en état de stress.

II.1.7. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental réalisé est un plan en randomisation totale à deux facteurs essentiels. L'affectation des quatre traitements et du témoin a été faite d'une manière aléatoire (**Figure 14**), selon la table des permutations des nombres de 1 à 10. Le nombre de répétitions par traitement est de six observations, ce qui totalise un nombre total de 30 plants.

Figure 13 : Schéma du dispositif expérimental

← Traitements				Répétitions
T3 :50%R	T2 :100%F	T1 :50%F	T4 :100%R	T0
P1	P1	P1	P1	P1
P2	P2	P2	P2	P2
P3	P3	P3	P3	P3
P4	P4	P4	P4	P4
P5	P5	P5	P5	P5
P6	P6	P6	P6	P6
L1	L2	L3	L4	L5



Figure 14 : Dispositif expérimental (originale, 2016)

II.1.7.1. Application des traitements :

Les plants de tomate ont été traités au biofertilisant « Algasmar » selon deux modes d'application : foliaire et racinaire et à deux concentrations différentes (doses 50% et 100%).

T0 : (témoin) : substrat (2/3 de terre + 1/3 de la tourbe) sans fertilisant.

T1 : Substrat + dose de 1,5ml de bio fertilisant / l d'eau, soit 50% en application foliaire.

T2 : Substrat + dose de 3ml de bio fertilisant / l d'eau, soit 100% en application foliaire.

T3 : Substrat+ dose de 1,5ml de bio fertilisant / l d'eau soit 50% en application racinaire.

T4 : Substrat + dose de 3ml de bio fertilisant / l d'eau, soit 100% en application racinaire.

II.1.7.2. Stades d'application des traitements :

Les plants de tomate industrielle « Chibli », ont été traités à différents stades du développement de la culture. .

- Stade végétatif 4/8 feuilles :
- Pleine floraison : (42 jours après transplantation).
- Pleine nouaison : (89jours après la transplantation).

Grossissement des fruits :(113 jours après transplantation).

II.1.7.3. Fréquence des applications :

- Au stade végétatif : une application a été effectuée.
 - une fois à la date du 17 Février 2016



Figures 15 et 16 : Application foliaire au stade végétatif (originale,2016)



Figures 17 et 18 : Application racinaire au stade végétatif (originale, 2016)

- Au stade floraison : le traitement a été appliqué 2 fois :
 - au début floraison : le 28-02-2016
 - en pleine floraison : le 09-03-2016



Figure 19 : Traitement au stade floraison (originale, 2016)

- Au stade nouaison : le traitement a été appliqué 2 fois :
 - au début de nouaison : le 04-04-2016.
 - au pleine nouaison : le 26-04-2016.



Figure 20 : Traitement au stade nouaison (originale, 2016)

- Au stade grossissement : une application a été effectuée.
 - une fois à la date du 10 Mai 2016



Figure 21 : Traitement au stade grossissement des fruits (originale, 2016)

II.1.8. Travaux d'entretien :

II.1.8.1. L'effeuillage :

L'élimination des feuilles basales âgées de la tomate a été effectuée pendant tout le cycle du développement de la culture dans le but de diminuer le risque des maladies et aussi pour l'aération des plantes.

II.1.8.2. L'ébourgeonnage :

Cette opération consiste à éliminer manuellement tous les bourgeons axillaires et les autres gourmands afin d'éviter la compétition vis-à-vis de la nutrition et la lumière(**Figure22**).



Figure 22 : Ebourgeonnage des plants de tomate (originale, 2016)

II.1.8.3. Le désherbage :

Le désherbage est effectué manuellement en arrachant les mauvaises herbes qui poussent autour des pieds de tomate. Concernant les adventices croissant dans les passages des serres.

II.1.8.4. Le tuteurage :

Le principe est d'installer un fil au niveau de la tige (tuteurs) pour garder les plants de tomate dressés. (Figure23)



Figure 23 : Tuteurage des plants de tomate industrielle (Chibli)

II.1.8.5. L'étêtage :

C'est le pincement de la tige principale au stade 4 à 5 bouquets. Cette opération se fait tout en laissant 2 feuilles au-dessus du dernier bouquet. Son but est d'arrêter la croissance de la plante pour permettre un grossissement normal des fruits.



Figure 24 : Etêtage des plants de tomate industrielle (Chibli) (originale, 2016)

II.1 .9. La protection cultures :

Vu que la tomate , est un plant sensible au maladies, un traitement phytosanitaire préventif le fongicide/insecticide (Propicol-70)a été appliqué à la dose 2g pour 1000ml (**figure 25**).



Figure 25 : Présentation du produit phytosanitaire (originale, 2016)

II.1.10. La récolte :

La Récolte de la tomate se fait de façon échelonnée. La première récolte a été effectuée le 05 mai 2016 (environ 113 jours après repiquage), puis ont suivi les autres récoltes jusqu'au dernier fruit. Les fruits récoltés ont été directement mis dans des sacs en plastique étiquetés pour d'éventuelles analyses au laboratoire de biochimie de l'université de Khemis Miliana.



Figures 26 et 27: Fruits de tomate industrielle (Chibli) (originale ,2016)

II.2. Paramètres étudiés :

II. 2.1. Paramètres biométriques :

II.2.1.1. Hauteur finale des plants (cm) :

Les hauteurs finales ont été prises à l'aide d'un mètre-ruban après étêtage des plants de tomate.

II.2.2. Paramètres de production :

II.2.2.1. Nombre de fleurs par bouquet et par plant :

Le dénombrement des fleurs des deux bouquets est effectué tous les 3 à 4 jours et cela jusqu'à la fin de la floraison.

II.2.2.2. Nombre de fruits par bouquet et par plant :

Les fruits récoltés par bouquets sont comptés séparément, la somme des fruits des deux bouquets donne le nombre des fruits par plant.

II.2.2.3. Taux d'avortement des fleurs par bouquet et par plant :

Ce taux est exprimé en pourcentage de fleurs totales :

$$\text{Taux d'avortement (\%)} = \frac{\text{Nbre total de fleurs} - \text{Nbre total de fleurs nouées}}{\text{Nombre total de fleurs}} \times 100$$

II.2.2.4. Poids moyen des fruits par traitement :

Dès que les fruits atteignent le stade de maturité, ils sont pesés séparément par traitement et cela pour chaque bouquet

II.2.3. Paramètres de qualité des fruits de tomate :

II.2.3.1. Brix :

La détermination de ce paramètre est réalisée à l'aide d'un réfractomètre. Le principe de cette opération est basé sur la mise d'une gouttelette de jus de tomate dans l'appareil et passer à la lecture directe au réfractomètre.



Figure 28 : Réfractomètre (originale, 2016)

II.2.3.2. pH :

Cette opération consiste à faire une lecture directe en posant l'électrode du pH-mètre dans du jus de tomate.



Figure 29 : PH-mètre (originale, 2016)

II.2.3.3. Le coefficient de forme :

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 [5] (in **ABIDI et al. 2016**), selon des normes standards :

$Cf. = H/D$ [5] où H= hauteur du fruit ; D= 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 : 1 forme allongée

II.2.3.4. Aspect externe de la peau

II.2.3.4.1. Couleur du fruit

La couleur du fruit étant basé sur des observations visuelles subjectives, sa détermination s'est faite à partir d'un échantillon d'environ 10 personnes.

II.2.3.4. 2. Epaisseur de la peau

L'épaisseur et le pelage de la peau ont été évalués selon le toucher. Ces caractéristiques ont été étudiés pour l'usage pratique du consommateur.

II.2.3.5. Le test gustatif du fruit :

Ce paramètre étant subjectif, le goût de la tomate chibli a été déterminé à partir de l'appréciation de 10 consommateurs sur un échantillon de 20 fruits .

II.3. Analyses statistiques :

Les résultats obtenus ont été soumis à une analyse de la variance à l'aide du logiciel STATITCF. Les moyennes sont comparées selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5%.

III.1. Les paramètres étudiés :

III.1.1. Paramètres biométriques :

III.1.1.1. Hauteur finale des plants (cm) :

Les résultats obtenus pour le paramètre «Hauteur finale des plants (cm)» pour l'ensemble des traitements étudiés (Annexe A, tableau 1), sont illustrés par la figure 30.

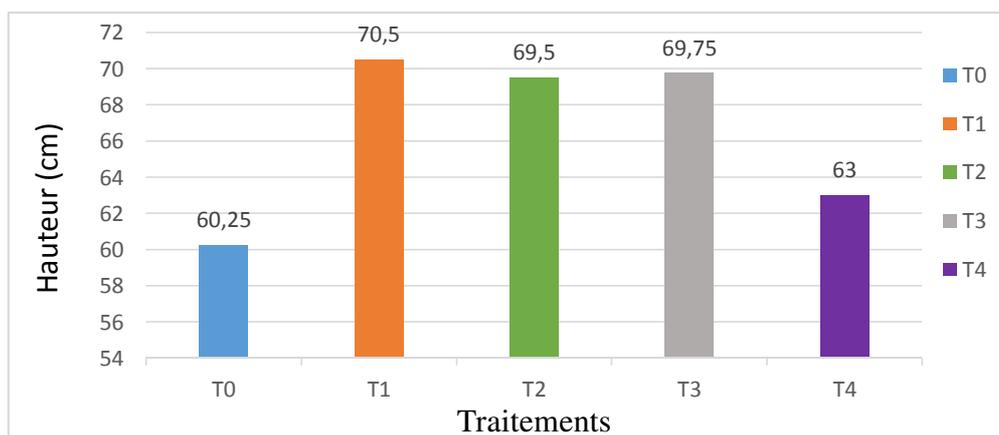


Figure 30 : Hauteur finale des plants (cm)

L'analyse de la variance de l'interaction dose-application (Annexe B, tableau 1), montre qu'il existe un effet hautement significatif ($P= 0.0399$) entre les différents traitements du paramètre mesuré.

Le test de **NEWMAN et KEULS**, indique la présence de deux groupes homogènes et détermine les meilleures hauteurs sont représentées par les traitements T1 de l'application foliaire et T3 de l'application racinaire à la même dose de 50%, avec des valeurs respectives de (70.50 cm) et (69.50 cm). Cependant, les plus faibles hauteurs sont celles du T0 (témoin), suivies du traitement T4 correspondant à l'application racinaire de la dose 100%. Ces résultats prouvent que le biofertilisant a un effet positif sur la hauteur des plants de tomate. Ceci s'expliquerait par la richesse des algues marines en vitamines, aminoacides, micronutriments et hormones de croissance (cytokines et gibbérellines), (**BOOTH, 1965**), qui auraient accéléré la croissance des plants de la tomate industrielle.

III.1.2. Paramètres de production :

III.1.2.1. Nombre de fleurs par bouquets floraux :

Les résultats relatifs au nombre de fleurs des bouquets 1 et 2, pour l'ensemble des traitements étudiés (Annexe A, tableau 2), sont illustrés par la figure 31.

Tableau 2 : Nombre de fleurs des deux bouquets floraux.

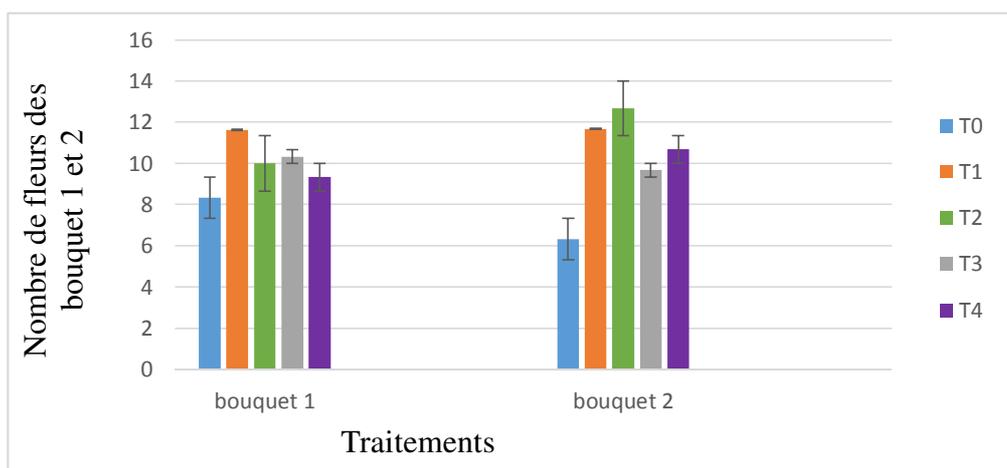


Figure 31 : Nombre de fleurs des bouquets 1 et 2

L'analyse de la variance (Annexe B, tableaux 2 et 3), révèle une différence hautement significative $P (0.009)$ entre les traitements des deux bouquets floraux, pour un risque d'erreur de 1^{ère} espèce $\alpha = 0.05\%$.

Le test de Newman-Keuls, indique l'existence de trois groupes homogènes pour le bouquet 1 et quatre groupes homogènes pour le bouquet 2. Les résultats obtenus montrent que dans le cas des deux bouquets, le nombre de fleurs est plus élevé que celui du témoin. En ce qui concerne le premier bouquet, le nombre de fleurs le plus élevé a été obtenu chez T1 avec la valeur de 11.62 et pour le deuxième bouquet, la meilleure valeur a été obtenue chez T2 (12.67). Ces résultats sont la conséquence de l'effet positif du biofertilisant sur le nombre de fleurs des bouquets floraux.

III.1.2.2. Nombre de fleurs par plant :

Les résultats obtenus pour le paramètre « Nombre de fleurs par plant », pour l'ensemble des traitements étudiés sont représentés (Annexe A, tableau 3) et illustrés par la figure 32.

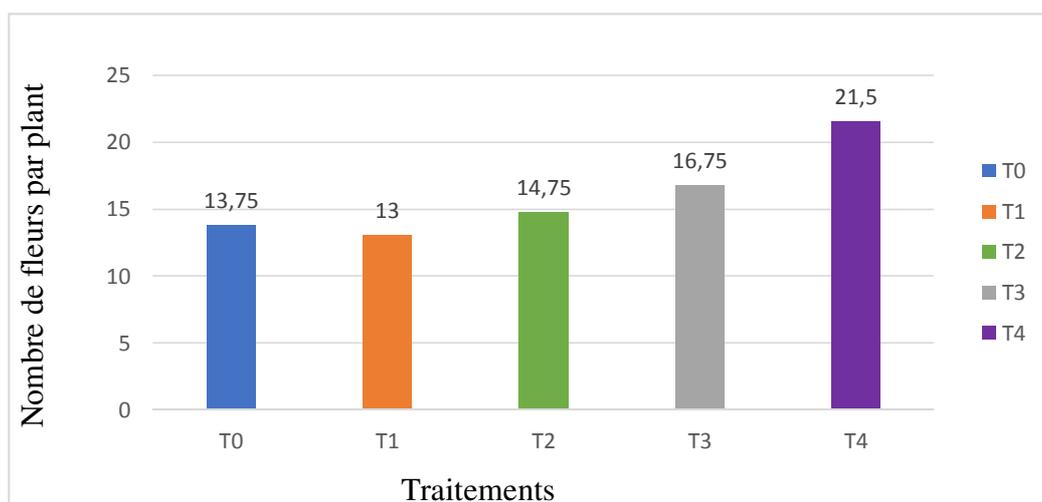


Figure 32 : Nombre de fleurs par plant

L'analyse de variance (Annexe B, tableau 4), des traitements de l'interaction (mode-application), révèle une différence significative pour le paramètre étudié.

Le test se Newman-Keuls au seuil de 5%, indique l'existence deux groupes homogènes. Les résultats oscillent entre 13 et 21,5 avec une moyenne générale de 15,58. Les meilleurs résultats sont obtenus avec les deux applications racinaires T4 et T3 aux doses de 100 % et 50%. En revanche, le nombre de fleurs de T1 est sensiblement proche du témoin. Mis à part le T1, il semblerait que le biofertilisant a amélioré la floraison de tous les plants de tomate.

III.1.2.3. Nombre de fruits par bouquet

Les résultats obtenus pour ce paramètre (Annexe A, tableau 4), sont illustrés dans la figure 33.

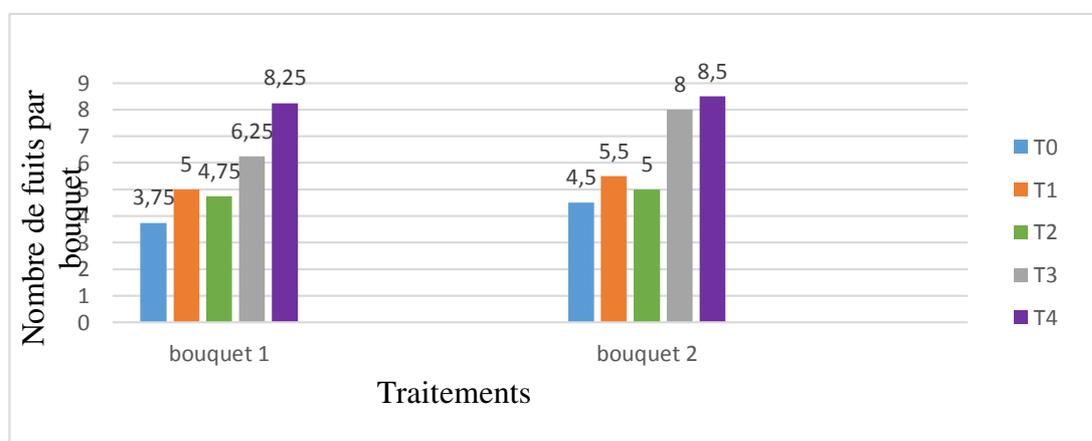


Figure 33 : Nombre de fruits par bouquet

L'analyse de la variance (Annexe B, tableaux 5 et 6) montre qu'il existe une différence significative de l'interaction dose-mode d'application sur le paramètre mesuré.

Le test de Newman-Keuls au seuil $\alpha = 5\%$, fait ressortir trois groupes homogènes pour le bouquet 1 et deux groupes homogènes pour le bouquet 2. Les meilleurs résultats sont ceux des traitements T4 et T3, et ce pour les deux bouquets. Le témoin présente le plus faible nombre de fruits, par conséquent, ceci prouve bien que le biofertilisant a agi positivement sur le nombre de fruits.

III. 1.2.4. Nombre de fruits par plant

Les résultats obtenus pour le nombre de fruits par plant (Annexe A, tableau 5) sont illustrés dans la figure 34.

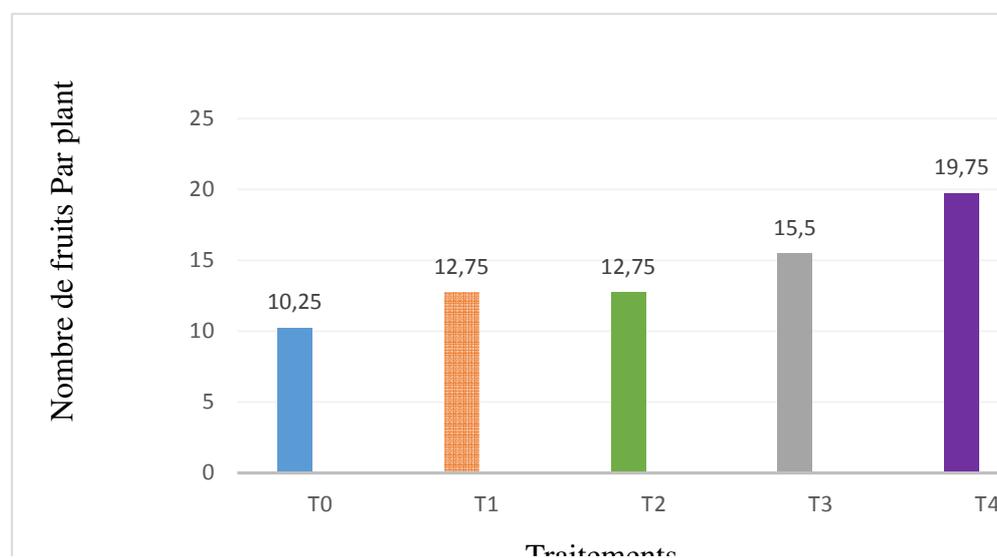


Figure 34 : Nombre de fruits par plant

L'analyse de variance (Annexe B, Tableau 7), montre qu'il existe une différence significative ($P = 0.02$) entre les différents traitements étudiés, pour un risque d'erreur de 1^{ère} espèce $\alpha = 0.05\%$.

Le test de Newman-Keuls, classe les meilleures moyennes et indique l'existence de trois groupes homogènes. Les meilleures moyennes du nombre de fruits sont représentées par les traitements T4 et T3, avec des valeurs respectives de (21.5) et (16.75) et une moyenne générale de 13.54. Le témoin présente le plus faible nombre de fruits. Ces résultats témoignent de l'efficacité du fertilisant végétal sur ce paramètre. Certes, la richesse des algues marines en éléments minéraux, en acides aminés et hormones de croissance (cytokinines,

gibbérélines) (THIRUMARAN *et al.*,2009), aurait favorisé l'augmentation du nombre de fruits de la tomate industrielle .

III.1.2.5. Taux d'avortement par bouquet floraux :

Les résultats obtenus pour le paramètre « Taux d'avortement par bouquets floraux » (Annexe A, le tableau 6), sont illustrés par la figure 35.

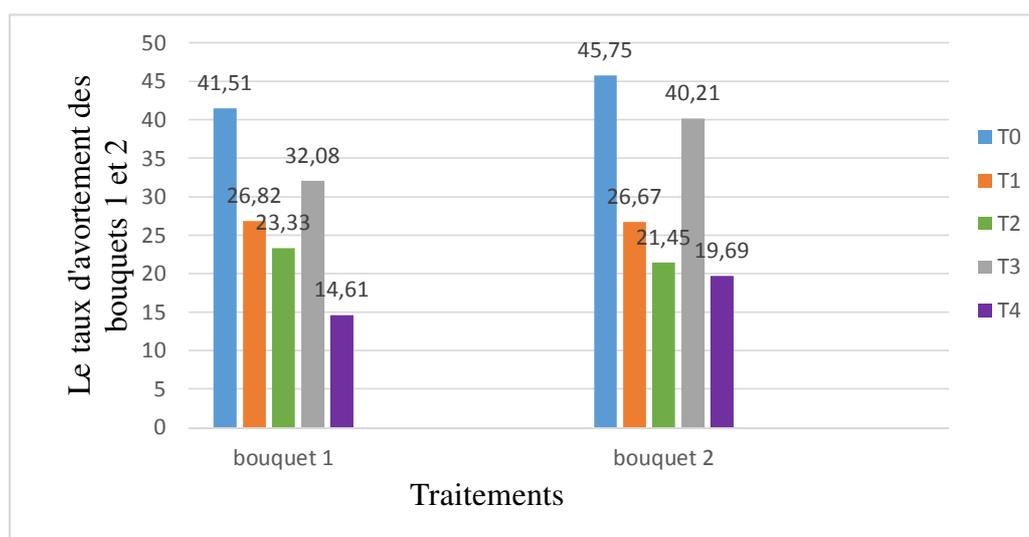


Figure 35 : Taux d'avortement des bouquets 1 et 2

L'analyse de la variance (Annexe B, tableaux 8 et 9), montre une différence significative entre les traitements appliqués à la tomate Chibli.

Le test de Newman-Keuls au seuil $\alpha = 5\%$, indique l'existence de quatre groupes homogènes pour le bouquet 1 et de deux groupes homogènes pour le bouquet 2. Les valeurs enregistrées sur les histogrammes des bouquets 1 et 2, montrent que l'ensemble des traitements appliqués à la tomate industrielle, sont satisfaisants par rapport au témoin. Cependant, le biofertilisant a répondu plus favorablement avec le traitement de l'application racinaire à la dose de 50%.

III.1.2.6. Taux d'avortement par plant :

Les résultats obtenus pour le taux d'avortement par plant (Annexe A, tableau 7), sont illustrés par la figure 36.

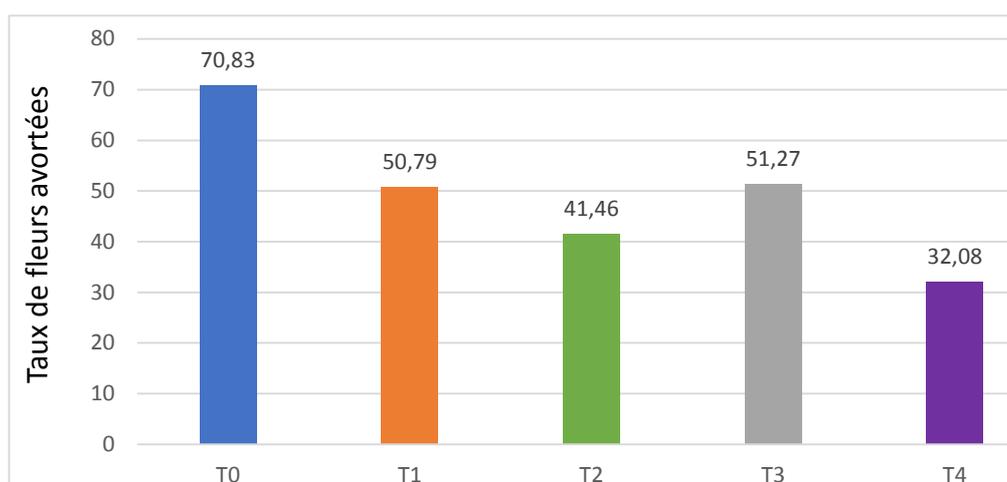


Figure 36 : Taux d'avortement par plant

Pour ce paramètre « Taux d'avortement par plant », l'analyse de la variance (Annexe B, Tableau 10), met en évidence différence significative ($P = 0.0322$) entre les quatre traitements appliqués.

Le test de Newman-Keuls au seuil $\alpha=5\%$, détermine l'existence de trois groupes homogènes. Le taux d'avortement des fleurs est compris entre 32,08 % et 70,83%. Tous les traitements appliqués à la variété de tomate « Chibli » s'avèrent satisfaisants, puisque leur taux d'avortement est nettement plus faible que celui du témoin. Le meilleur résultat est enregistré chez le T4, correspondant à la pulvérisation foliaire à concentration de 100%. Ces résultats sont en accord avec les travaux rapportés par CROUCH et VAN STDEN, (1992), qui a mentionné que les extraits d'algues marines favorisaient probablement la floraison en stimulant la croissance des cultures.

III.1.2.6. Poids moyen des fruits par bouquet :

Les résultats relatifs au Poids moyen par bouquet (Annexe A, tableau 8) sont illustrés par la figure 37.

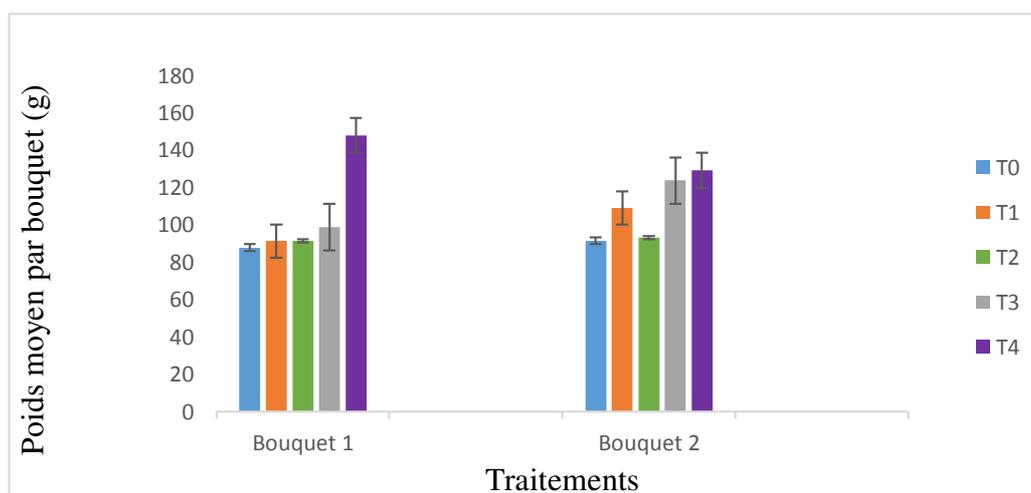


Figure 37 : Poids moyen par bouquet(g)

L'analyse de la variance (Annexe B, Tableaux 11,12), dévoile une différence significative des traitements de l'interaction (mode-application) sur le poids de deux bouquets floraux.

Le test de NEWMANE et KEULS, détermine la présence de deux groupes homogènes pour le bouquet 1 et de trois groupes homogènes pour le bouquet2. Les poids du bouquet 1 varient entre 87.78g et 147.95g ; ceux du bouquet 2 sont compris entre 91.47g et 129.35g. Ces valeurs sont plus élevées que celles du témoin. Néanmoins, les poids les plus satisfaisants, sont ceux du traitement T4 (application racinaire, dose 100%) des deux bouquets. Ces résultats impliquent que le biofertilisant aurait amélioré le rendement de la tomate industrielle.

III.1.2.7. Rendement moyen par plant :

Les résultats concernant ce paramètre (Annexe A, tableau 9), sont illustrés par la figure 38.

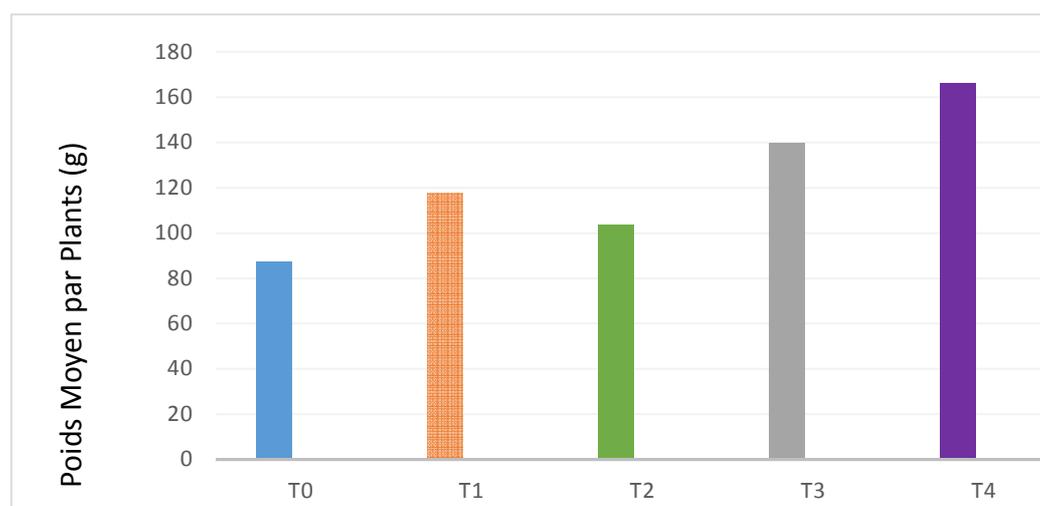


Figure 38 : Rendement moyen par plant (g)

L'analyse de la variance (Annexe B, Tableau 13), indique qu'il existe un effet significatif entre les traitements étudiés.

Le test de NEWMANE et KEULS, révèle l'existence de quatre groupes homogènes et détermine les meilleurs rendements. La figure 38, montre que tous les traitements présentent des résultats plus élevés que ceux du témoin. Les traitements T4 et T3 sont les meilleurs et affichent les valeurs respectives de (166.25g) et (139.15g). Ces résultats traduisent l'amélioration du rendement des fruits de tomate comme l'ont prouvé (JAYARAJ *et al.*, (2008).

III.1.3. Paramètre de qualité :

III.1.3.1. Brix (%)

Les résultats obtenus pour le Brix (%) (Annexe A, tableau10) sont illustrés par la figure39.

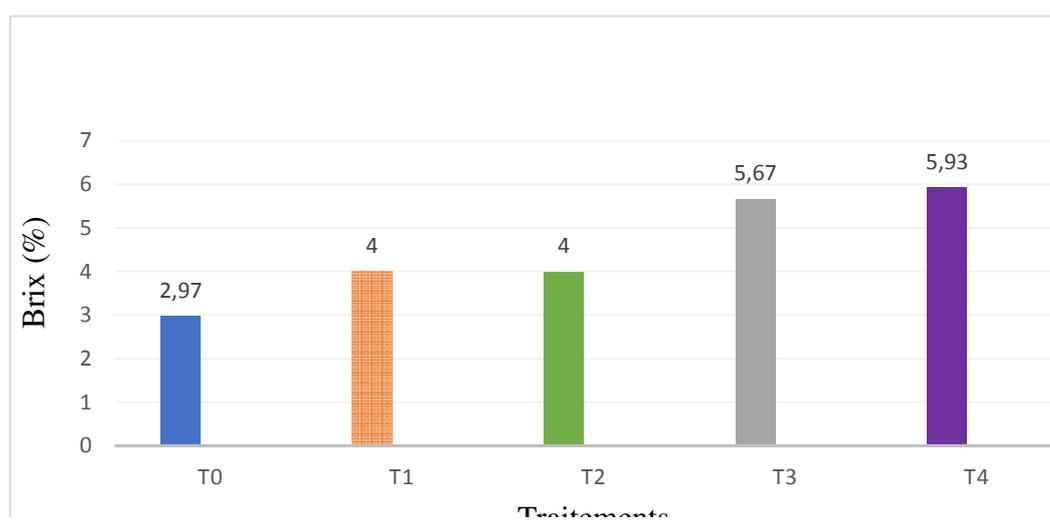


Figure 39 : Brix (%) des fruits de la tomate « Chibli » .

L'analyse de la variance (Annexe B, Tableau 14) montre une différence hautement significative ($p=0,0000$) des traitements de la combinaison (mode- application) sur le Brix (%). Le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir trois groupes homogènes A, B et C. Les taux de sucre des différents traitements sont bien plus importants que ceux du témoin. Ils varient entre 2,97 % (T0) et 5.93 % (T4), avec une moyenne générale de 4.26 %. Ces résultats concordent avec les travaux de SEKAR *et al.*, (2005), sur la canne à sucre qui a démontré l'impact positif du biofertilisant à base d'algues marines sur la quantité de sucre dans les fruits.

III.1.3.2. Le pH (potentiel hydrogène)

Les résultats obtenus pour le pH (Annexe A, tableau 11), sont illustrés par la figure 40.

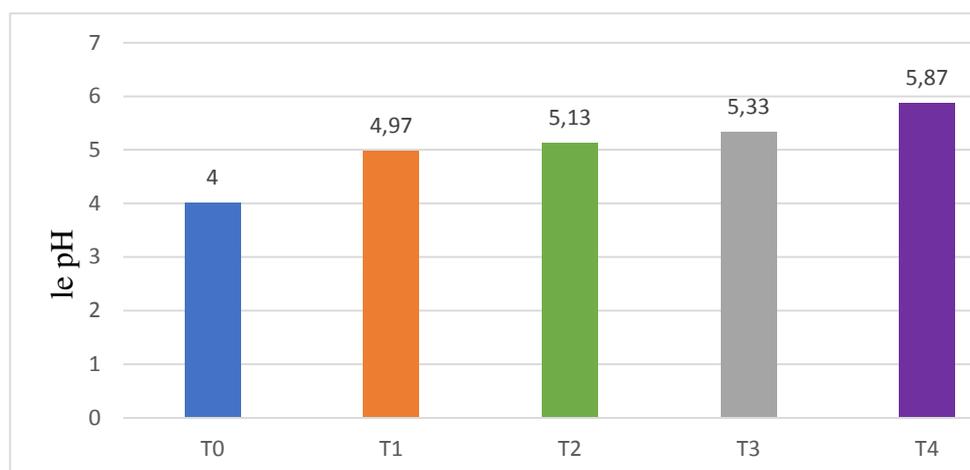


Figure 40 : pH des fruits de la tomate industrielle « Chibli »

Le Ph est un paramètre technologie important dans la mesure où il permet le contrôle de la multiplication des microorganismes de la tomate destinée à la transformation.

L'analyse de la variance (Annexe B, Tableau 15), montre qu'il existe une différence significative des différents traitements sur ce paramètre mesuré.

Le test de NEWMANE et KEULS, révèle l'existence de trois groupes homogènes et détermine les meilleures moyennes. Les valeurs du pH de la tomate Chibli varient entre 4 et 5,87, avec une moyenne générale de 4.88. Les tomates les plus acides sont celles du témoin et du traitement T1 correspondant à la pulvérisation foliaire à la dose de 50%.

III.1.3.3 Le coefficient de forme :

Les résultats obtenus le coefficient de forme (Annexe A, tableau 12), sont illustrés par la figure 41.

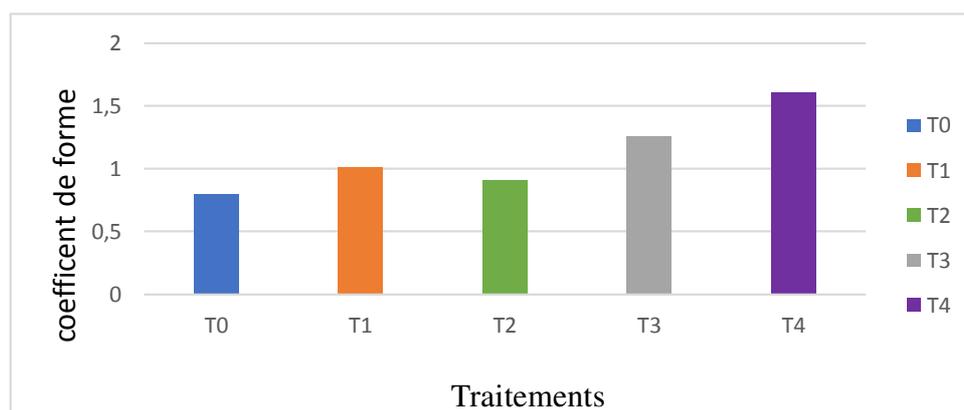


Figure 41 : Coefficient de forme des fruits.

L'analyse de la variance (Annexe B, Tableau 16), montre une différence significative entre les traitements étudiés.

Le test de NEWMANE et KEULS, indique l'existence deux groupes homogènes. La forme des fruits de la tomate industrielle « Chibli » basculent entre 0.80 et 1,60. Selon les normes standards décrites par FOGBOHOUN et KIKI (in ABIDI *et al.*, 2016), la majorité des fruits obtenus avec les différents traitements appliqués à la tomate industrielle « Chibli », ont la forme allongée, par contre le témoin et le T2 ont une forme ronde.

III.1.3.4. Aspect externe du fruit (couleur, épaisseur)

Les résultats obtenus pour la couleur des fruits, pour les différents traitements étudiés sont représentés dans le tableau 9.

Tableau 8 : Couleur et épaisseur de la peau des fruits.

Traitements	T0	T1	T2	T3	T4
Couleur					
Rouge foncé		•		•	•
Rouge clair			•		
Orange	•				
épaisseur					
Très fine					
Fine					
Epaisse	+	+	+	+	+

• Couleur ; + Epaisseur

La couleur est le premier paramètre de qualité qui attire le consommateur de tomate et qui permet de juger sa maturité qui varie énormément pendant la maturation (BUI,2009) . Le pigment responsable de la couleur rouge est le lycopène qui se concentre dans la peau de la tomate (LAI *et al.*, 2007). Les sujets interrogés (tableau 9), ont attribué à la tomate « Chibli », trois couleurs différentes à savoir orange, rouge clair et rouge foncé. Les différents traitements paraissent riches en lycopène autrement dit, en antioxydant bénéfique pour la santé. Cependant, il a été observé que pour tous les traitements, la peau est épaisse, ce qui pourrait être un atout pour la conservation, elle est également facile à éplucher.

III.1.3.5. Test gustatif du fruit :

Les résultats relatifs au test gustatif des fruits sont présentés dans tableau10.

Tableau 9 : Test gustatif des fruits.

Traitements Goût	T0	T1	T2	T3	T4
Non acide		+	+	+	+
Peu acide	+				
Très acide					
Non sucré	+	+			
Peu sucré			+	+	+
Très sucré					

La saveur du fruit (goût acide ou sucré), est relative aux teneurs en sucre et acide (Grasselly *et al.*, 2000). Les sujets ayant goûté la tomate industrielle ont permis d'avoir une appréciation globale (subjective) de la tomate « Chibli » (tableau 10). Il a été constaté que le témoin présente des résultats différents par rapport aux autres traitements (plus acide et pas du tout sucré).

Conclusion générale :

Le choix raisonné de la culture et du dispositif expérimental adéquat, nous ont permis d'atteindre l'objectif de notre étude, notamment tester l'effet du bio fertilisant d'origine végétale à base d'algues marines « ALGASMAR », sur la qualité et le rendement d'une culture tomate industrielle « Chibli », cultivée sous serre.

Les méthodes d'analyses statistiques adoptées, ont donné des résultats significatifs à hautement significatifs, tant pour les paramètres biométrique, de production et de qualité. Le suivi rigoureux de l'expérimentation, nous a conduits aux résultats suivants :

- Le traitement le plus performant, pour tous les paramètres étudiés, a été celui du T4 correspondant à l'application racinaire de la dose 100%.

▪ Du point de vue biométrique

▪ - Hauteur finale des plants (cm)

La demi dose a suffi pour améliorer la floraison. Le biofertilisant a agit plus favorablement sur la hauteur des tomates à la dose de 50% qu'à la dose de 100% et cela, pour les deux modes d'application.

▪ Du point de vue production :

- Nombre de fleurs par plant

Les meilleurs traitements sont obtenus avec les deux applications racinaires T4 et T3 aux doses de 100 % et 50%. En revanche, le nombre de fleurs de l'application foliaire T1est sensiblement proche du témoin. Ce résultat pourrait être dû soit à la mauvaise maîtrise de la pulvérisation foliaire, soit à la dose non adéquate du biofertilisant.

- Nombre de fruits par plant

Le biofertilisant s'est avéré efficace sur le nombre de fruits des plants de la tomate industrielle. Les traitements les plus performants sont représentés par les applications racinaires T4 et T3, aux deux doses (50%et 100%).

-Taux d'avortement des fleurs

Il semble que le biofertilisant a favorisé la foraison, puisque tous les traitements appliqués à la variété de tomate « Chibli » sont satisfaisants. Le meilleur résultat est enregistré chez le T4, correspondant à la pulvérisation foliaire à concentration de100%.

- Rendement moyen des fruits

L'amélioration du rendement est remarquable, tous les traitements présentent des résultats plus élevés que ceux du témoin. Les traitements T4 et T3 sont les meilleurs et présentent les valeurs respectives de (166.25g) et (139.15g).

▪ Du point de vue qualité

Les taux de sucre des différents traitements sont bien plus importants que ceux du témoin. Cette amélioration est très avantageuse en industrie de transformation. La plupart des fruits obtenus avec les différents traitements appliqués à la tomate industrielle « Chibli », ont la forme allongée, et sont d'une belle couleur rouge, traduisant leur richesse en lycopène autrement dit, en antioxydant bénéfique pour la santé. Quant à la peau, son épaisseur semble favoriser la conservation.

A la lumière de ces résultats satisfaisants, et compte tenu des exigences du consommateur vis-à-vis des produits de qualité, exempts de polluants, il serait judicieux de poursuivre ces recherches, afin de déterminer les doses qui seraient quantitativement et qualitativement les plus rentables pour la culture de la tomate industrielle.

A

ABIDI L., SNOUSSI S.A. BRADEA M.S., 2016. Effet d'un biofertilisant sur la qualité technologique et nutritionnelle de deux variétés de tomate cultivées sous serre. Rev.Agribiologia, vol 6(1), pp : 101-105.

B

BAZZANO L., SERDULA M., 2003: Dietary intake of fruits and vegetables and risk of cardiovascular disease. Curr-Atheroscler Rep 2003, Novembre, 5(6) ,492-9p

BLAMEY M. et GREY-WILSON C., 2003 .La flore d'Europe occidentale.Paris,ed. Flammarion.

BLANCARD D., LATERROT H., MARCHOUX G., et CANDRESSET.,2009. Les maladies de la tomate.Ed. Quae Inra, Paris. 690p.

BOKIL, K.K., V.C. MEHTA AND D.S. DATAR, 1974. Other groups of algae, seaweed liquid fertilizer can be applied to various crop plant in order to enrich the nutrient content of the soil and intern to increase the growth and yield of cultivable plants.

BOOTH, E., 1965. The manorial value of seaweed. Botanica Marina., 8: 138-143.

BUI HT., 2009. 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.

C

CIRAD : (organisme, France Ministère des affaires et rangées, Cirad, centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement France, et **Gret**, groupe de recherche et d'échanges technologiques, ministère des affaires étrangères) ,**2002.**Mémento de l'agronomie , (ed).Quae .p.1045-1046.

CHAUX C.L. et FOURYC.L., 1994. Cultures légumières et maraîchères. Tome III : légumineuses potagères, légumes Fruit. Tec et Doc Lavoisier, paris.563p.

CORBINEAU F., et CORE A., 2006. Dictionnaire de la biologie des semences et des plantules. Ed, Tec et Doc .Lavoisier.226p.

CHIBANE A ,1999 : tomate sous serre, Bultin : transfert de technologie en agricultureN° 57 .Eduction ,PNTTA Babat ;pp :18-28

CHAUX C.1972 production légumiers, J.B.Bailliere.paris, 414p.

CHAUX C et FOURY C .,1994 : Productions légumières, T3 éd : tec -doc Lavoisier, Paris, 235p.

CHIBANE A., 1999 : La tomate sous serre, bulletin mensuel d'information et de liaison du programme national de transfert de technologie en agriculture Edition MADRPM/DERC , Maroc,N°57.

CROUCH, I.J. and VAN STADEN J., 1993. Evidence for the presence of growth regulator in commercial seaweed product. *Plant Growth Regulators*, 13: 21-29.

CROUCH I.J. et VOUSTADEN J.,1992. Effect of seaweed concentrant on the establishment and yield of greenhouse tomato plants, *JAPPLPHYCOL*, 4(19992)291-296.

D

DAVIES J. N, HOBSON G. E., 1981. The constituents of tomato fruit – The influence of environment, nutrition and genotype. *CRC Critical Rev.Food Sci. Nutrit.* **15**, 205-280.

DSA d'Ain Defla, 2016.Données statistiques. Document interne non publié.

De BROGLIE L.A. et GUEROULT D., 2005 : Tomates d'hier et d'aujourd'hui. Paris, Hoëbeke.143p

DEMOULAIN G., LEYMERGIE C., 2009. Les algues, le trésor de la mer. Haute école de santé (heds), Filière Nutrition et diététique PP. 1-7

E

EYRAS M.C., DEFOSSE G.E., DELLATORRE F., 2008. Seaweed compost as an amendment for horticultural soils in Patagonia, Argentina. *Compos. Sci. Util.* 16, 119-124.

F

FAO, 2007. Disponible sur : <http://Faostate.Fao.org> et <http://ecocrop.Fao.org>.

FLEURANCE J., GUEANT J.L., 1999. Les algues : une nouvelle source de protéines. *Bibliomer. Biofutur*, n°191, p.32-36.

G

GALAISE A. et BANNEROT H., 1992. Amélioration des espèces végétale cultivé objectif et critère de sélectionné. Ed INRA, Paris, 765P.

GAUSSEN H., LEFOY J. et OZENDA P., 1982. Précis de Botanique. 2eme Ed. Masson, Paris : 172p.

GISEL F., 2008. Les algues.

GRASSELLY D., NAVEZ B., LETARD M., 2000. Tomate : Pour un produit de qualité. CTIFL, Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes. 22, rue Bergère, Paris, 222 p.

GRISSA K., 2010. Etude de base sur les cultures d'agrumes et de tomate en Tunisie, 92 p.

H

HURTADO, AQ, YUNQUE, DA, TIBUBOS, K, CRITCHLEY., 2009. Use of Acadian marine plant extract powder from *Ascophyllum nodosum* in tissue culture of *Kappaphycus* varieties. *J Appl Phycol* 21 : pp. 633-639.

I

INPV, 2014. La mouche de l'olivier : problématique et stratégie de lutte Ed : ISSN 1112-2536p4.

IPNI ,2005. the internationale plante index.

IPGR, 2009. Description de la tomate (*lycopersicon spp*).international plant genetic Ressource Institute.11

J

JACOB J. et JANSSEJ.L.M.,1976. Culture maraichères spéciales tome I. Solanacées fruits, caurs polycopies. Institut National Agronomique Hassen Pp. 83-99

JAYARAJ J., WAN A., RAHMAN M. and PUNJA Z., 2008. Seaweed extract reduces foliar fungal diseases on carrot. Crop Prot., 27 :1360-1366.

JEAN-MARIE., 2007 : La culture des tomates. Edition ARTE MIS ,92p.

K

KOLEN N.,1976. Les cultures maraichères en Algérie .Tomate légumes fruits .Ed. Ministère de l'agriculture et des reformes agricole.52p

L

LAHAYE M., KAEFFER B., 1997. Les fibres algales. Cahier Nutrition Diététique, 32, 2.

LAI A., SANTANGELO E., SORESSI G. P. and FANTONI R., 2007. Analysis of the Main Secondary Metabolites Produced in Tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) Epicarp Tissue During Fruit Ripening Using Fluorescence Techniques. Postharvest Biology and Technology 43(3):335-342.

LAUMONNIER R.,1979. Culture légumière et maraichère .Tome 3 Ed Bailliere paris .279P.

M

MADR ., 2012. Ministère de l'agriculture et du développement rural. 42p.

MUNRO B. et SMALL E., 1997. Légume du Canada .Ed Val Morine Québec, Canada .436P

MUNRO D B., SMALL E., 1998. Les légumes du Canada .NRC Research Press.

MOUHOUCHE B., 1983 : "Essai de rationnement de l'eau sur tomate : recherche de la production optimal et valorisation de l'eau "thèse magister, INA. El-Harrach, 171p

MOHANTY D., ADHIKARY S. P., and CHATTOPADHYAY G. N., 2013. seaweed liquid fertilizer (slf) and its role in agriculture productivity. International quarterly journal of environmental sciences. The Ecoscan: Special issue, vol III: 147-155.

MUSARD M., 1990 : "Qualité de la tomate de serre : conduite de l'alimentation hydrominéral en culture sur substrat" C.T.I.F.L.paris, pp21

N

NELSON W.R. and VAN STADEN J., 1984. THE EFFECT OF SEAWEED CONCENTRATE ON WHEAT CULMS. J. PLAN PHYSIOL., 1156: pp: 4333-437.

NORRIE, J., KEATHLEY., JP., 2006. Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine-plant extract applications to “Thompson seedless’ grape production. Acta Horti 727 : pp. 243-247

P

PEREZ R. et al. (1992) La culture des algues marines dans le monde. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.Ifremer.

PHILOUZE J., HEDDE., 1995 : The tomato.scientific american, 59,85-146p

POLESE J.M., 2007. La culture de la tomate. Ed Artémis. 95P

PUBLISHERS B., 2004. Ressources végétales de l’Afrique .Tome 2 : légumes .Ed Dunod.736P.

R

RAEMAEEKERS R., 2001. Agriculture en Afrique tropical. Direction Générale de la coopération Internationale (D-2001/02/ 0218/1).

RENAUD V., 2003.Tomate. Tous les légumes courants, rares ou méconnus cultivables sous nos climats.Ulmer. Paris, Ulmer : 135-137.

RENAUD V., et DUDONT C., 2001. Le traité Rustica du potager. Paris : Edution Rustica.
ROUSSOS PA., DENAKA NK., DAMVAKARIS T., 2009. Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compound. Scientia Horticulturae **119**: 138-146.

S

SALUNKHE D.K., BOLIN H.R. et REDDY N.R., 1974.Storage, processing,and nutritionnal quality of fruits and vegetables. Cleveland : CRC.press.

SHANKARA N., VAN LIDT DE JEUD J., DE GOFFAU M., HILMI M., VAN DAM B. et FLORIJJIN A., 2005. La culture de la tomate : production, transformation et comercialisation. 5eme (Ed).foundation agromisa et CTA, Wageningen.

SHARONI Y. et LEVI Y., 2006. Cancer prevention by dietary tomato lycopene and its molecular mechanisms. In A. V. Rao. Ed. Tomatoes, lycopene & human health. Barcelona : Caledonian Science Press : 111–125p.

SIBENNASSEURA., 2011. Référentiel pour la conduite Technique de la culture de tomate (*Lycopersicum esculentum MILL*), pp58-70

SKIREDJ A., 2007. Fertilisation de la tomate industrielle, Principaux résultats de la bibliographie, Principaux axes de recherche, éd. Département d’horticulture /IAV Hassan /Rabat, 26p.

SNOUSSI S A., 2010.Rapport de mission : Eude de base sur la tomate en Algérie Ministère de l’agriculture et de développement rural, direction des statistiques(MRAD).

SOLTNER D., 2000. : Les bases de la production Végétales. Tome 1, 22^e ed : Tomate : implication du transport phloémien.thèse Doctorat.Toulouse.174 p

SIVASANGARI RAMYA S., NAGARAJ S. and VIJAYANAND N., 2010. Biofertilizing efficiency of brown and green algae on growth, biochemical and yield parameters of *cyamopsis tetragonolaba* (L.) taub. *Recent Research in Science and Technology 2010*, 2(5): 45-52

T

THIRUMARAN G., ARUMUGAM M., ARUMUGA M R and ANANTHARAMAN P. 2009. Effect of Seaweed Liquid Fertilizer on Growth and Pigment Concentration of *Abelmoschus esculentus* (L) Taub. *American-Eurasian Journal of Agronomy 2* (2) : 57-66, 2009.

TOMODORI ., 2007. La fleur de tomate. Disponible sur : [\(17/05/2009\)](http://tomodori.Com)

TRISTAN A-BASTIDE., 2006. Savoir-faire anciens et exploitation des Algues en Bretagne Rapport (30 octobre 2006) p1

V

VILAINM., 1997. La production végétale, la maîtrise technique de la production Ed Tec et DOC. Paris, pp : 378-427.

W

WILCOX J. K., CATIGNANI G. L. et LAZARUS S., 2003. Tomates and cardiovascular health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43: 451-463.

Z

ZODAPE, S. T., KAWARHE, V. J., PATOLIA, J. S. and WARADE, A. D., 2008. Effect of liquid seaweed fertilizer on yield and quality of okra *Abelmoschus esculentus* L. *Seaweed Res. Utiln.* 67: 1115-1117.

ZODAPE, S.T., A. GUPTA, S.C BHANDARI, U.S. RAWAT, D.R.CHAUDARY, K.ESWARAN and J. CHIKARA, 2011. Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *J. Sci. Ind. Res.*, 70, 215-219.

ZUANG H.,1982 : la fertilisation des cultures légumières. Ed S.T.I.F.L.P349

Annexe A : Tableaux des paramètres étudiés**Tableau 1 :** Hauteur finale des plants (cm)

Traitement Paramètre	T0	T1	T2	T3	T4	Moyenne générale
Hauteur finale (cm)	60.25 ± 2.50 B	70.50 ± 1.91A	69.50 ± 1.73A	69.75 ± 2.63A	63.00 ± 3.65B	65.54

Tableau 2 : Nombre de fleurs des bouquets 1 et 2

Traitement Bouquet	T0	T1	T2	T3	T4	Moyenne Générale
Bouquet1	8.33 ± 0.58 C	11.62 ± 0.58 A	10.00 ± 1 B	10.33 ± 0.58 B	9.33 ± 0.58 C	9.67
Bouquet 2	6.33 ± 0.58 D	11.67 ± 0.58 A	12.67 ± 1.15 A	9.67 ± 0.58 B	10.67 ± 0.58 C	9.56

Tableau 3 : Nombre de fleurs par plant

Traitement Paramètre	T0	T1	T2	T3	T4	Moyene generale
Nombre de fleurs par plant	13.75 ± 1.50B	14.75 ± 1.83B	13.75 ± 2.50B	16.75 ± 2.75B	21.50 ± 2.65A	15.58

Tableau 4 : Nombre de fruits par bouquet

Traitement bouquet	T0	T1	T2	T3	T4	Moyenne générale
bouquet1	3.75 ± 0.50 C	5.00 ± 1.41 B C	4.75 ± 1.26 BC	6.25 ± 1.71 B	8.25 ± 0.50A	5.29
bouquet 2	4.50 ± 0.58 B	5.50 ± 1.91 B	5.00 ± 1.63 B	8.00 ± 0.82 A	8.5 ± 0.58 A	5.83

Tableau 5 : Nombre de fruits par plant

Traitement Paramètre	T0	T1	T2	T3	T4	Moyenne Générale
Nombre de fruit par plant	10.25 ± 1.71C	12.75 ± 2.50B C	12.75 ± 1.71B C	15.50 ± 2.38B	19.75 ± 3.59A	13.54

Tableau 6 : Taux d'avortement des bouquets 1 et 2.

Traitement bouquet	T0	T1	T2	T3	T4	Moyenne générale
bouquet 1	14.61 ± 1.72C	26.82 ± 11.77 B C	23.33 ± 7.82B C	32.08 ± 6.29A B	41.51 ± 5.80A	25.50
bouquet 2	19.79 ± 9.24B	26.67 ± 7.70 B	21.45 ± 12.52B	40.21 ± 2.00A	45.75 ± 4.35A	28.94

Tableau 7 : Taux d'avortement par plant

Traitement paramètre	T0	T1	T2	T3	T4	Moyenne Générale
Taux d'avortement par plant	32.08 ± 13.75B	50.79 ± 14.79A B	41.46 ± 10.33B	51.27 ± 14.79A B	70.83 ± 8.33A	46.42

Tableau 8 : Poids moyen par bouquet (g)

Traitement bouquet	T0	T1	T2	T3	T4	Moyenne Générale
bouquet 1	87.78 ± 20.92 B	91.35 ± 14.01 B	91.35 ± 14.02 B	98.85 ± 9.92 B	147.95 ± 29.01 A	100.60
bouquet 2	91.47 ± 13.41B	109.15 ± 9.62A B	93.13 ± 10.16B	123.77 ± 21.32A	129.35 ± 9.65A	106.39

Tableau 9 : Rendement moyen par plant (g).

Traitement Paramètre	T0	T1	T2	T3	T4	Moyenne générale
Rendement par plant	87.58 ± 87.58C	117.85 ± 27.34 B C	103.75 ± 17.97B C	139.75 ± 34.02A B	166.25 ± 11.09A	117.03

Tableau 10 : Brix (%) des fruits de la tomate «Chibli»

Traitement Paramètre	T0	T1	T2	T3	T4	Moyenne générale
Le Brix	2.97 ± 0.06C	4 ± 0.00 B	4.00 ± 0.00 B	5.67 ± 0.58 A	5.93 ± 0.40 A	4.26

Tableau 11 : pH des fruits de la tomate industrielle«chibli».

Traitement Paramètre	T0	T1	T2	T3	T4	Moyenne générale
pH de fruit	4.00 ± 0.00 C	4.97 ± 0.06 A	5.13 ± 0.06 B	5.33 ± 0.42 B	5.87 ± 0.22 A	4.88

Tableau 12 : Coefficient de forme des fruits.

Traitement Paramètre	T0	T1	T2	T3	T4	Moyenne générale
Coefficient de forme	0.80 ± 0.09B	1.01 ± 0.18B	0.91 ± 0.16B	1.26 ± 0.37B	1.61 ± 0.37A	1.06

Annexe B : Tableaux de l'analyse de variance**Tableau 1** : Hauteur finale des plants (cm)

	DDL	Carres Moyenne	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	23	26.09				
VAR.FACTEUR 1	2	198.04	30.15	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	1	35.04	5.33	0.0315		
VAR.INTER F1 F2	2	25.29	3.85	0.0399		
VAR.RESUDUELLE 1	18	6.57			2.56	3.6%

Tableau 2 : Nombre de fleurs du bouquet 1

	DDL	Carres Moyenne	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	17	1.76				
VAR.FACTEUR 1	2	8.17	18.37	0.0003		
VAR.FACTEUR 2	1	2.00	4.50	0.0533		
VAR.INTER F1 F2	2	3.17	7.13	0.0092		
VAR.RESUDUELLE 1	12	0.44			0.67	6.9%

Tableau 3 : Nombre de fleurs du bouquet 2

	DDL	Carres Moyenne	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	17	6.73				
VAR.FACTEUR 1	2	46.72	93.44	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	1	8.00	16.00	0.0018		
VAR.INTER F1 F2	2	3.50	7.00	0.0097		
VAR.RESUDUELLE 1	12	0.50			0.71	7.4%

Tableau 4 : Nombre de fleurs par plant

	DDL	Carres Moyenne	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	23	12.51				
VAR.FACTEUR 1	2	41.29	8.64	0.0024		
VAR.FACTEUR 2	1	73.50	15.38	0.0011		
VAR.INTER F1 F2	2	22.88	4.79	0.0212		
VAR.RESUDUELLE 1	18	4.78			2.19	14.0%

Tableau 5: Nombre de fruits du bouquet 1

	DDL	Carres Moyenne	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	23	3.52				
VAR.FACTEUR 1	2	15.79	13.07	0.0003		
VAR.FACTEUR 2	1	15.04	12.45	0.0025		
VAR.INTER F1 F2	2	6.29	5.21	0.0163		
VAR.RESUDUELLE 1	18	1.21			1.10	20.8%

Tableau 6 : Nombre de fruits du bouquet 2

	DDL	Carres Moyenne	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	23	3.83				
VAR.FACTEUR 1	2	13.50	10.13	0.0012		
VAR.FACTEUR 2	1	24.00	18.00	0.0005		
VAR.INTER F1 F2	2	6.50	4.87	0.0201		
VAR.RESUDUELLE 1	18	1.33			1.15	19.2 %

Tableau 7 : Nombre de fruits par plant

	DDL	Carres Moyenne	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	23	15.74				
VAR.FACTEUR 1	2	74.04	13.23	0.0003		
VAR.FACTEUR 2	1	63.68	11.32	0.0035		
VAR.INTER F1 F2	2	24.88	4.44	0.0266		
VAR.RESUDUELLE 1	18	5.60			2.37	17.5%

Tableau 8: Taux d'avortement du bouquet 1(%)

	DDL	Carres Moyenne	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	23	130.87				
VAR.FACTEUR 1	2	728.57	15.68	0.0001		
VAR.FACTEUR 2	1	366.45	7.89	0.0112		
VAR.INTER F1 F2	2	175.07	2.37	0.04422		
VAR.RESUDUELLE 1	18	46.46			6.82	26.7%

Tableau 9 : Taux d'avortement du bouquet 2 (%)

	DDL	Carres Moyenne	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	23	164.43				
VAR.FACTEUR 1	2	502.93	7.37	0.0047		
VAR.FACTEUR 2	1	954.63	13.99	0.0016		
VAR.INTER F1 F2	2	296.47	4.34	0.0284		
VAR.RESUDUELLE 1	18	68.25			8.26	28.5%

Tableau 10 : Taux d'avortement par plant (%)

	DDL	Carres Moyenne	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	13	293.42				
VAR.FACTEUR 1	2	1285.66	9.44	0.0016		
VAR.FACTEUR 2	1	594.31	4.36	0.0489		
VAR.INTER F1 F2	2	566.11	4.16	0.0322		
VAR.RESUDUELLE 1	18	136.16			11.67	25.1%

Tableau11 : Poids moyen du bouquet 1(g)

	DDL	Carres Moyenne	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	23	905.93				
VAR.FACTEUR 1	2	2120.31	3.92	0.0380		
VAR.FACTEUR 2	1	2866.71	5.30	0.0320		
VAR.INTER F1 F2	2	1995.60	3.69	0.0446		
VAR.RESUDUELLE 1	18	540.99			23.26	23.1%

Tableau12 : Poids moyen du bouquet 2(g)

	DDL	Carres Moyenne	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	23	397.45				
VAR.FACTEUR 1	2	1389.65	7.56	0.0042		
VAR.FACTEUR 2	1	1723.82	9.38	0.0066		
VAR.INTER F1 F2	2	664.23	3.61	0.047		
VAR.RESUDUELLE 1	18	183.87			13.56	12.7 %

Tableau13 : Rendement par plant (g)

	DDL	Carres Moyenne	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	23	1257.73				
VAR.FACTEUR 1	2	5288.32	9.88	0.0013		
VAR.FACTEUR 2	1	4681.63	8.75	0.0082		
VAR.INTER F1 F2	2	2019.13	3.77	0.0420		
VAR.RESUDUELLE 1	18	535.07			23.13	19.8%

Tableau14 : Brix(%)

	DDL	Carres Moyenne	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	17	1.52				
VAR.FACTEUR 1	2	7.50	89.43	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	1	6.48	77.25	0.0000		
VAR.INTER F1 F2	2	1.65	19.63	0.0002		
VAR.RESUDUELLE 1	12	0.02			0.29	6.8%

Tableau15 : pH .

	DDL	Carres Moyenne	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	17	0.52				
VAR.FACTEUR 1	2	3.70	97.19	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	1	0.62	16.18	0.0017		
VAR.INTER F1 F2	2	0.21	5.44	0.0206		
VAR.RESUDUELLE 1	12	0.04			0.20	4.0%

Tableau 16 : Coefficient de forme

	DDL	Carres Moyenne	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	23	0.14				
VAR.FACTEUR 1	2	0.47	8.10	0.0032		
VAR.FACTEUR 2	1	0.61	10.53	0.0045		
VAR.INTER F1 F2	2	0.26	4.45	0.0265		
VAR.RESUDUELLE 1	18	0.06			0.24	22.4%