

VARIATION DU TAUX DE BRIX SOUS L'EFFET D'UN BIOFERTILISANT

Lila ABIDI¹, Sid Ahmed SNOUSSE², Maria Stela BRADEA³

This study concerns the effect of brown seaweeds extracts biofertilizer applied to the culture of tomato. Our objective is to improve the quality of this fruit by measuring the Brix, index of content in sucrose. Four doses 25%, 50%, 75%, and 100% with three modes of application foliar, roots and foliar-roots, were used on two varieties of tomatoes. The best Brix 5.70% and 5.93% were obtained with the doses of 100% (3mL/L) and 75% (2,5mL/L) applied at the level foliar-roots.

Cette étude concerne l'effet d'un biofertilisant à base d'extraits d'algues marines brunes appliqués sur la culture de tomate. Notre objectif est d'améliorer la qualité de ce fruit en mesurant le Brix, indice de teneur en saccharose. Quatre doses de biofertilisant 25%, 50%, 75%, 100% et trois modes d'application foliaire, racinaire et foliaire-racinaire ont été utilisés sur deux variétés de tomates. Les meilleurs Brix 5,70% et 5,93% ont été obtenus avec les doses de 100% (3mL/L) et de 75% (2,5mL/L) appliquées au niveau foliaire-racinaire.

Keywords: Tomatoes, Brix, quality, brown algae, biofertilizer

(Mots-clés : Tomates, Brix, qualité, algues brunes, biofertilisant)

1. Introduction

La tomate est un aliment diététique fréquemment consommé dans le monde entier à l'état frais ou transformé pour ses qualités nutritionnelles et organoleptiques. En effet, elle est faiblement calorique, riche en minéraux et représente une source prédominante en antioxydants bénéfiques pour la santé comme les caroténoïdes (lycopène et β carotène) non synthétisés par les êtres humains [1] et les vitamines, (acide ascorbique et α -tocophérol) [2] impliqués dans le processus de détoxification des cellules et aident à la prévention de nombreux cancers [3]. Sa saveur est relative aux teneurs en sucre et en acide [4,5]

¹ Doctorante, Laboratoire de recherche en Biotechnologie des productions végétales, Dépt de Biotechnologie, Université BLIDA1, Algérie, and Dépt des Sciences agronomiques, Université DJILALI BOUNAAMA, Khemis miliana, Algérie, e-mail: abidilila@yahoo.fr

² Professeur, Laboratoire de recherche en Biotechnologie des productions végétales, Dépt de Biotechnologie, Université BLIDA1, Algérie, e-mail: sisnousiah@yahoo.fr

³ Maître de conférence classeA, Laboratoire de recherche en Biotechnologie des productions végétales. Dépt. de Biotechnologie, Université BLIDA1, Algérie, e-mail: maria_stela_09@yahoo.fr

qui représentent les déterminants majeurs de la qualité de ce fruit [6]. Les sucres représentent environ 48% de la matière sèche [7]. La part de matière sèche soluble est mesurée par le Brix qui se révèle comme un bon indicateur de la teneur en saccharose de la tomate [8]. C'est en effet, ce paramètre technologique qui influence le plus l'appréciation globale du consommateur [7] qui exige des produits indemnes d'engrais chimiques, non-toxiques et non-polluants. Ainsi, afin de satisfaire ce dernier, l'une des options est l'utilisation des biofertilisants tel que le bioactif végétal à base d'algues marines brunes. Ces fertilisants liquides augmentent la vigueur des plantes, améliorent la croissance, le rendement et la qualité du fruit [9]. Ils sont supérieurs aux engrais chimiques à cause de leur taux élevé en matières organiques, vitamines, acides gras, macro et micro éléments, et d'autres régulateurs de croissance [10]. L'objectif de cette étude est d'évaluer et de comparer l'effet de différents traitements à base d'un biofertilisant d'origine végétale sur la qualité technologique et nutritionnelle de la tomate maraîchère (Saint-Pierre) et de la tomate industrielle (Rio-Grande). Ainsi, pour améliorer notre produit, notre choix s'est porté sur le Brix des différents bouquets de la tomate, puisqu'il a une incidence sur la perception de la qualité intrinsèque du fruit.

2. Matériels et méthodes

2.1. Matériel végétal

Les essais de la campagne 2012/2013, ont été menés au niveau de la serre expérimentale et du laboratoire de recherche de biotechnologie végétale de l'institut national agronomique de Blida1. Le matériel végétal, est constitué de deux variétés de tomate (*Solanum lycopersicum*): la tomate maraîchère (Saint-Pierre) et la tomate industrielle (Rio-Grande), toutes deux cultivées sous serre, en pots d'une capacité de 5L, remplis d'un substrat contenant le mélange de 2/3 de terre + 1/3 de tourbe.

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

2.2. Composition du biofertilisant

Le biofertilisant est composé de :

- 10% matières végétales totales (Algues brunes : deux espèces (*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.

2.3. Dispositif expérimental

Le plan d'expérience réalisé est un plan en randomisation totale à deux facteurs essentiels avec cinq répétitions.

- Le premier facteur étudié étant la dose du biofertilisant avec quatre niveaux : 25% ; 50% ; 75% ; 100% comparés à un témoin à 0%.
 - Le deuxième facteur est le mode d'application du biofertilisant avec trois variantes d'application : foliaire, racinaire et foliaire-racinaire.
- L'affectation des douze traitements et du témoin a été faite d'une manière aléatoire.

2.4. Application des traitements

La codification des traitements est 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= racinaire, 3= foliaire et racinaire

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 tomate au niveau foliaire, racinaire et en même temps sur les deux parties foliaire et racinaire.

La concentration du biofertilisant dans l'eau est calculée par rapport à la dose maximale de 3mL/L équivalente à 100% du biofertilisant utilisé au niveau de notre laboratoire d'expérimentation.

2.5. Stades d'application

- 1 : Stade végétatif 4/5 feuilles (2 jours après transplantation) ;
- 2 : Début floraison (50 jours après la transplantation) ;
- 3 : Pleine floraison (64 jours après la transplantation) ;
- 4 : Début nouaison (73 jours après la transplantation) ;
- 5 : Pleine nouaison (83 jours après la transplantation) ;
- 6 : Grossissement des fruits (98 jours après la transplantation).

3. Paramètre technologique

Le Brix est l'indice de mesure de la qualité, défini par 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 en pourcentage de la matière sèche soluble déterminée par la méthode normalisée (NA 5669). La technique consiste à presser quelques gouttes de jus de tomates parvenus à maturité complète, sur le prisme du réfractomètre universel d'Abbe CEE, 1764 / 86 et ISO 2173).

4. Méthode analytique

Les données obtenues par la mesure du Brix, exprimée en pourcent, ont été soumises à deux méthodes d'analyses statistiques qui sont respectivement la méthode d'analyse de la variance (ANOVA) et du test de Newman et Keuls. Ce test consiste à mesurer la plus petite amplitude significative (PPAS) au risque 5%. Le but est de déterminer et de classer les différents groupes homogènes. Le nombre de répétitions pour la mesure du Brix est élevé, sa valeur $r = 30$. Le logiciel utilisé est le STATITCF.

5. Résultats et discussions

Les résultats concernant les taux de Brix des quatre bouquets des deux variétés de tomates, sont récapitulés dans le tableau 1 :

Tableau 1

Taux de Brix (%) des quatre bouquets des tomates maraîchère et industrielle

St-P T	Bq1	Bq2	Bq3	Bq4	R-G T	Bq1	Bq2	Bq3	Bq4
T0	4.30± 0.20d	4.35± 0.10c	4.20± 0.20e	4.80± 0.00cd	T0	4.40± 0.00e	4.25± 0.00f	4.33± 0.23d	4.60± 0.00bcd
T11	4.40± 0.00cd	4.45± 0.34c	4.27± 0.12e	4.60± 0.23de	T11	4.45± 0.30e	4.30± 0.00f	4.60± 0.35cd	4.15± 0.44d

T12	4.60± 0.43abc d	4.65± 0.44bc	4.67± 0.00cde	5.20± 0.00b	T12	4.65± 0.00de	4.40± 0.00ef	5.00± 0.00bcd	4.55± 0.53bcd
T13	4.25± 0.00d	4.40± 0.00c	4.53± 0.31cde	4.95± 0.53bcd d	T13	5.20± 0.00abcd	4.55± 0.34def	4.87± 0.12bcd	5.05± 0.10abc
T21	4.55± 0.30bcd	4.35± 0.30c	4.40± 0.12de	4.35± 0.00e	T21	4.76± 0.36bcde	4.25± 0.00f	4.80± 0.53bcd	4.40± 0.28cd
T22	4.50± 0.26bcd	4.55± 0.25c	5.80± 0.23a	5.25± 0.00b	T22	4.90± 0.35abcde	4.75± 0.10cd	5.33± 0.12ab	5.20± 0.00ab
T23	4.80± 0.16abc d	4.70± 0.20abc	4.73± 0.00cde	5.60± 0.00a	T23	5.30± 0.00abc	4.80± 0.16c	5.13± 0.12abc	5.00± 0.00abc
T31	4.35± 0.19d	4.30± 0.00c	4.47± 0.12de	5.15± 0.00bc	T31	4.85± 0.30abcde	4.50± 0.12def	4.93± 0.12bcd	4.90± 0.48bc
T32	4.50± 0.26bcd	4.65± 0.25bc	5.00± 0.00bcd	4.40± 0.00e	T32	5.00± 0.00abcde	5.65± 0.44a	5.07± 0.12abc	5.00± 0.00abc
T33	5.10± 0.26ab	5.00± 0.00ab	5.93± 0.35a	5.75± 0.30a	T33	5.35± 0.66ab	5.10± 0.00b	5.13± 0.31abc	5.25± 0.10ab
T41	4.70± 0.58abc d	4.75± 0.10abc	4.80± 0.31cde	5.05± 0.10bc	T41	4.70± 0.53cde	4.65± 0.00de	4.60± 0.35cd	5.10± 0.26abc
T42	5.15± 0.24a	5.10± 0.12a	5.47± 0.00ab	5.30± 0.20b	T42	5.40± 0.00a	5.00± 0.00bc	5.20± 0.00abc	5.00± 0.57abc
T43	5.00± 0.00abc	5.05± 0.10ab	5.13± 0.12bc	5.00± 0.00bc	T43	5.15± 0.10abcd	4.95± 0.10bc	5.67± 0.31a	5.70± 0.62a

St-P: Saint-Pierre ; R-G : Rio-Grande ; T : traitements ; Bq : bouquet

5.1. Premier bouquet

L'analyse de la variance 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 racinaire T42 et au groupe propre à la dose 75% équivalente à 2,5mL/L appliquée au niveau foliaire-radiculaire 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 [11] affectant positivement le métabolisme cellulaire des plantes cultivées [12]. 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 [13,9].

5.2. Deuxième bouquet

Concernant le Brix du deuxième bouquet, l'analyse de la variance 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 racinaire et foliaire-radiculaire 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 [14, 15] sur la tomate ont montré que la présence des substances bioactives (vitamines, cytokinines, auxines) stimulent le développement des racines et favorisent 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 racinaire. Ce dernier est suivi des traitements T33 et T42 correspondants aux doses 75% et 100% respectivement appliquées au niveau foliaire-radiculaire et racinaire. 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 bouquet1, 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 [16] sur l'accumulation des composés carbonés, sensibles à la charge en fruits de la plante.

5.3. Troisième bouquet

L'analyse de la variance du Brix du troisième bouquet 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-radicaire et radicaire. 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-radicaire 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 des bouquets 1 et 2. Ces résultats montrent l'efficacité du biofertilisant sur le taux de sucre des tomates et concordent avec les travaux de [17, 18] qui ont prouvé que ces biofertilisants à base d'algues marines favorisent l'augmentation des sucres solubles de la tomate.

5.4. Quatrième bouquet

L'analyse de la variance du Brix du troisième bouquet 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, [19] montrent que les activités enzymatiques sont en association avec la photosynthèse des carbohydrates. Cette observation a été affirmée par [20] 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 [21] qui affirme 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 [22] et agissent ainsi sur les caractéristiques biochimiques des tomates [18].

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 [23] qui confirment que la matière sèche soluble de la tomate est comprise entre 4% et 8% avec une moyenne de 5,5%. De même, [24] ont rapporté des taux de Brix entre 4.5% et 6.25% pour la tomate destinée à la transformation.

6. Conclusions

Cette étude montre que les meilleurs traitements sont les doses 100% (3mL/L) et 75% (2,5mL/L) appliquées principalement au niveau foliaire-radicaire. Néanmoins, l'application de ces doses au niveau radicaire montre aussi un taux de sucre appréciable; ce qui a permis d'obtenir des fruits de tomates d'une bonne qualité organoleptique et nutritionnelle. L'expérimentation indique que la qualité des plants de tomates 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 témoigne 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.

REFERENCES

- [1]. S. K. Clinton, Lycopene: chemistry, biology, and implications for human health and disease. *Nutrition Rev.* **vol. 56**, 1998, pp. 35-51.
- [2]. G. Lo Feudo, B. Macchione, A. Naccarato, G. Sindona, and A. Tagarelli, The volatile fraction profiling of fresh tomatoes and triple concentrate tomato pastes as parameter for the determination of geographical origin. *Food Research International*, **Vol. 44**, no.3, 2011, pp.781-788.
- [3]. N. Hounsome, B. Hounsome, D. Tomos, G. Edwards-Jones, Plant metabolites and nutritional quality of vegetables JFS R: Concise Reviews/Hypotheses in Food Science, 2008, pp. 1-18.

- [4]. D. Grasselly, B. Navez, M. Letard, "Tomate : Pour un produit de qualité. CTIFL, Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes", 22, rue Bergère, Paris, 2000, 222 p.
- [5]. M. Causse, V. Saliba Colombani, I. Lesschaeve, M. Buret, "Genetic analysis of organoleptic quality in fresh market tomato. 2. Mapping QTLs sensory attributes. Theoretical and Applied Genetics", **vol. 102**, no. 2, 2001, pp. 273-283.
- [6]. L.I. Helyes, J. Dimény, Z. Pék, A. Lugasi, "Effect of maturity stage on content, color and quality of tomato (*Lycopersicon lycopersicum*(L.) Karsten) fruit", International Journal of Horticultural Science 2006, **vol. 12**, no. 1, Agroinform Publishing House, Budapest, pp. 41-44.
- [7]. A. Granges, V. Gunther, A. Deprez, J. Dalin, E. Verzaux, "Mesure de la qualité organoleptique des tomates", Station fédérale de recherches en production végétale de Changins, Centre d'arboriculture et d'horticulture des Fougères. Revue Suisse Vitic.Arboric.Hortic, **vol. 35**, no. 5, 2003.
- [8]. A. Granges, R. Azodanlou, P.Y. Cotter, A. Dorsaz, A. Mercier, J. L. Tschabold, Action COST 915: "Amélioration de la qualité des fruits et des légumes, adaptée aux besoins du consommateur. Module 1: Tomate". Station fédérale de recherches en production végétale de Changins, Centre d'arboriculture et d'horticulture des Fougères, 1964 Conthey, 2000, 90 p.
- [9]. S. T. Zodape, A. Gupta, S.C. Bhandari, U.S. Rawat, D.R. Chaudhary, K. Eswaran, J. Chikara, "Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)". J. Sci. Ind. Res., **vol. 70**, no. 3, 2011, pp. 215-219.
- [10]. S. Maria Victorial Rani, and D. Revathy, A study on the utilization of seaweeds in the remediation of heavy metal toxicity. Journal of Basic and Applied Biology, **vol. 3**, no. 3 et 4, 2009, pp. 16-21.
- [11]. D.L. Luthria, S. Mukhopadhyay, D. Krizek, Content of total phenolics and phenolic acids in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits as influenced by cultivar and solar UV radiation. J Food Com Anal **vol. 19**, 2006, pp. 771-777.
- [12]. Y.X. Li, I. Wijesekara, Y. Li, S.K. Kima, Phlorotannins as bioactive agents from brown algae. Process Biochem. 2011, **vol. 46**, pp. 2219-2224.
- [13]. Z. Liu, and L. Lijun, Effects of Plant growth regulators and saccharide on in vitro plant and tuberous root regeneration of Cassava. J. Plant Growth Reg. **vol. 30**, no. 1, 2011, pp. 11-19.
- [14]. W. Khan, U.P. Rayirath, S. Subramanian, Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. J. Plant Growth Regul., 2009, **vol. 28**, pp. 386-399.
- [15]. F. Spinelli, G. Fiori, M. Noferini, M. Sprocati, and G. Costa, Perspectives on the use of a seaweed extract to moderate the negative effects of alternate bearing in apple and strawberry. J. Horticult. Sci. Biotnol. Special issue, 2010, pp. 131-137.
- [16]. Marion Prudent, "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.
- [17]. R. Thirumalthangam, S. Maria Victorial Rani and M. Peter Marian, Effect of seaweed liquid fertilizer on the growth and biochemical constituents of *Cyamopsis tetragonoloba* [h.] Taub. Seaweed Research and Utilisation, **vol. 25**, 2003, pp. 99-104.
- [18]. R. Kumari, I. Kaur, A. Bhatanagar, "Effect of aqueous extract of *Sargassum johnstonii* Setchell and Gardner on the growth, yield and quality of *Lycopersicon esculentum* Mill.", J. Appl. Phycol., **Vol. 23**, no. 3, 2011, pp. 623-633.
- [19]. M.G. Cuerrero, J.M. Vega and M. Losada, The assimilation in relation to yield. In: Nitrate Assimilation of Plants, Hewitt, E.J. and C.V. Cutting (eds). Academic press, London, 1981, pp. 591-611.

- [20]. *D. Blanc*, "The influence of cultural practices on the quality of production in protected cultivation with special references to tomato production." *Acta Horticulturae*, **vol. 191**, 1986, pp. 85- 98.
- [21]. *J.S. Craige*, Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *J. Appl. Phycol.*; **vol. 23**, 2011, pp. 371-393.
- [22]. *B.Y. Li, D.M. Zhou, L. Cang, H.L. Zhang, X.H. Fan, S.W. Qin*, Soil micronutrient availability to crops as affected by long-term in-organic and organic fertilizer applications. *Soil Tillage Res.*, 2007, **vol. 96**, pp.166-173.
- [23]. *A.F. Fan-Ungue, B.L. Flaounenbaoum, A N. Izotov*, "Technologie de conservation. Fruits et légumes", 3ème édition, Pich. Prom. Moscou, 1969, pp. 239-241
- [24]. *E. Garcia, D.M. and Barrett*, "Evaluation of Processing Tomatoes from Two Consecutive Growing Seasons: Quality Attributes, Peelability and Yield". *Journal of Food Processing and Preservation* **vol. 30**, no. 1, 2006, pp.20-36.