

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB-BLIDA



FACULTE : DES SCIENCES DE LA NATURE
ET DE LA VIE

DEPARTEMENT : Biotechnologies

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Spécialité : Biotechnologie végétale

THÈME

**Impact de l'incorporation de la solution nutritive dans le cycle
d'irrigation sur le développement et la croissance de deux espèces : Le
concombre *Cucumis sativus* et la tomate *lycopersicium esculentum* cultivée
sous serre.**

Présenté par

- Ahmed Massaoud Imène
- Berraf Meriem

Devant le jury :

Mme CHAOUIA C.	MC A	USD. Blida 1	Présidente
Mr ZOUAOUI A.	MCB	USD. Blida 1	Promoteur
Mr BOUTAHRAOUI.S.A	MAA	USD. Blida 1	Examineur
Mr SAOU A	Doctorant	USD. Blida 1	Co-Promoteur

Année universitaire: 2015-2016

Remerciements

*En premier lieu, nous remercions **Dieu** le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener à terme ce présent travail.*

Ce mémoire est le résultat d'un travail de recherche de près de huit mois. En préambule, on veut adresser tous nos remerciements aux personnes avec lesquelles on a pu échanger et qui nous a aidés pour la rédaction de ce mémoire.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à :

- ✚ Tout d'abord à notre promoteur et cher professeur : **M. ZOUAOUI A**, pour la qualité de son encadrement, ses judicieux conseils, sa patience, et pour nous avoir guidées durant toute la période du stage malgré ses nombreuses préoccupations.*
- ✚ Nos vifs remerciements à notre co-promoteur monsieur : **SAOU A.H**, pour son aide précieuse et pour le temps qu'il nous a consacré.*
- ✚ Nos sincères remerciements vont aux membres de jury : Mme **CHAOUIA C** . De nous avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury. Qu'elle trouve ici notre reconnaissance et nos respects les plus sincères, nous remercions également **M.BOUTAHRAOUI S. A** , d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.*
- ✚ Merci infiniment aux personnels de laboratoire de recherche du biotechnologie végétale : madame **SORAYA** , l'ingénieure du laboratoire pour sa présence , sa patience et son aide .Monsieur **HAMIDI .Y**, monsieur **ABDELLAH** , pour leur aide , encouragement , gentillesse durant les mois de la réalisation de notre mémoire.*
- ✚ Et enfin, nous exprimons nos vifs et sincères remerciements à toute personne ayant participé de près ou de loin au bon déroulement et à la réalisation de ce modeste travail.*

Imène ♥ Merfeme

Dédicaces

Du profond de mon cœur je dédie ce modeste travail à tous ceux qui sont chers à moi :

*Ma chère mère **Noria** et mon cher père **Ahmed** : Aucune dédicace ne saurait exprimer mon amour, et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.*

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse Dieu vous accordez santé, bonheur et longue vie.

*A mes chères sœurs : **Hadjer, Nassiba et Rahil** .*

*A mon cher frère **Zakaria**,*

*A mon grand-père **Youcef** et ma grand-mère **Baya** que Dieu vous protège et prolonge votre âge et l'âme de ma grand-mère **Merieme** qui nous a quittés.*

*Mes tantes : **Aïcha , Karima, Merieme** et mes oncles **Abd El Fetah , Ali***

*A ma cousine : **Yosra***

*A mes chères amies : **Asmaa, Asmaa, Israa Nawel** merci énormément pour votre soutien*

*A mes amies : **Adel, Amancio, Amina, Belkis, Bilel, Faten, Hind, Kim, Med- Amine, Merieme, Merieme, Rabab , Rafik , Riyad, Sarah, sarah.***

*A mon binôme **Merieme** Merci pour tous les beaux moments.*

A toute ma famille maternelle et Paternelle.

*A toute L'équipe de laboratoire : **Abd El Halim, Youcef***

***Soraya** .*

A toutes les personnes qui m'aimes et que j'aime aussi.



Dédicaces Dédicaces

je dédie ce modeste travail à

A mes chers parents : Omar et Yamina

Sources de mes joies, secrets de ma force

Vous serez toujours le modèle

Papa, dans ta détermination, ta force et ton honnêteté

Maman dans ta bonté, ta patience et ton dévouement pour nous

Merci pour tous vos sacrifices pour que vos enfants

Grandissent et prospèrent

Merci de trimer sans relâche, malgré les péripéties de la vie

Au bien être de vos enfants

Merci d'être tout simplement mes parents

C'est à vous que je dois cette réussite

Et je suis fier de vous l'offrir

Meriem

Sommaire

Introduction.....	01
Chapitre I : Généralité sur les cultures	
I-1-Tomate	04
I-1-1-Généralité sur la tomate	04
I-1-2-Classification botanique et caractéristique morphologiques.....	04
I-1-3-Importance économique de la tomate	05
I-1-3-1-dans le monde	05
I-1-3-2-En Algérie	06
I-1-4-Importance nutritionnelle de la tomate	07
I-1-5-Les variétés de tomate	07
I-1-6-Description botanique du plant de la tomate.....	08
I-1-7-Exigences de la culture de tomate	08
I-1-7-1-Exigences climatiques	08
I-1-7-2-Exigences hydriques	09
I-1-7-3-Exigences édaphiques	10
I-1-7-4-Exigences nutritionnelles.....	10
I-1-8-maladies et ravageurs de la tomate	10
I-2-concombre	11
I-2-1-origine et historique.	11
I-2-2-Morphologie de la plante	11
I-2-3-Classification botanique de concombre	12
I-2-4- Exigences pédologiques et climatiques du concombre	13
I-2-5 Variétés de concombre	13
II-6-principaux problèmes phytosanitaires	14

Chapitre II : La nutrition hydrominérale

II-1-Notion sur la nutrition hydrominérale.....	16
II-2-Besoins hydrominéraux des plantes.....	16
II-2-1-Nutrition hydrique	16
II-2-2-Nutrition minérale des plantes	17
II-3- Carences	21

Chapitre III : la Fertilisation et la fertigation

III-1-Fertilisation	25
III-1-1Principes et objectifs	25
III-1-2-Besoins des cultures en éléments fertilisants	25
III-2- fertigation	26
III-2-1-Définition de la fertigation	26
III-2-2-Principe de la fertigation	26
III-2-3-Avantage de la fertigation.....	27
III-2-4-Inconvénients de la fertigation	27
III-3- solution nutritive	27
III-3-1-Préparation de la solution nutritive.....	29

Chapitre IV : Matériels et méthodes

IV-1-L'objectif de l'expérience.....	32
IV-2-Matériel végétal	32
IV-3-Conditions expérimentales	32
IV-3-1-Lieu de l'expérience	32
IV-4- Germination et repiquage	33
IV-4-1-Germination	33
IV-4-2-Repiquage	34

IV-5-Containers et sol.....	34
IV-5-1-Containers.....	34
IV-5-2-Sol, provenance et désinfection.....	35
IV-6-Elaboration de solution nutritive de base	36
IV-6-1-But.....	36
IV-6-2-Elaboration d'une solution nutritive de base à partir de l'eau de Blida.....	37
IV-6-3-Quantités et ordre de dissolution des sels de la solution nutritive de base élaborée avec l'eau de Blida.....	39
IV-7-Dispositif expérimental.....	40
IV-8-Traitements utilisés	41
IV-9-Entretien de la culture	42
IV-9-1-Irrigation.....	42
IV-9-2-Fertilisation	42
IV-9-3-Traitements phytosanitaires	44
IV-9-4-Tuteurage	44
IV-9-5-Ebourgeonnage	44
IV-9-6-Etêtage	45
IV-9-7-Binage	45
IV-10-Paramètres étudiés	45
IV-10-1-Paramètres biométriques.....	45
IV-10-2-Paramètres de production	46
IV-10-3- Paramètre physiologique	47
Chapitre V : Résultat et discussion	
V- résultat et discussions.....	49
V-1- Paramètres de croissance.....	49
V-1-1-Aspect général des plantes.....	49
V-1-2-La hauteur finale des plants	50

Sommaire

V-1-3- Nombre finale des feuilles.....	51
V-1-4-Diamètre final.....	52
V-1-5-Poids frais total des plants.....	53
V-1-6-Poids sec total des plants	54
V-1-7- Taux de la matière sèche	55
V-2-Paramètres de production.....	56
V-2- Nombre de fleurs par plant.....	56
V-2-2- Nombre de fruits par plant.....	56
V-2-4- Taux d'avortement.....	57
V-2-3-Production par plants de tomate et du concombre.....	58
V-3- Paramètres physiologiques	59
V-3-1- Quantité de la chlorophylle A et B.....	59
V-4-1- Taux des sucres dans les fruits	60
Conclusion.....	62
Référence bibliographique.....	64
Annexes.....	72

Résumé

Résumé

Le présent travail a pour but d'étudier l'effet de l'interaction fertilisation-solution nutritive ainsi que la fréquence d'apport dans le cycle des irrigations chaque trois jours des deux espèces différentes *Cucumis sativus* L (concombre), variété « Supermarketer » *Lycopersicon esculentum* L (Tomate), variété «sain pierre» cultivée sous serre.

Dans ce contexte nous avons déterminé les effets des huit traitements utilisés pour chaque espèce avec cinq répétitions affectés en randomisation total soit 40 unités expérimentales pour chacune.

Les résultats obtenus à travers notre expérimentation montrent que les plantes irriguées par la solution nutritive apportée tous les trois jours (T4, T5, T6, T7, T8) expriment des meilleurs résultats par rapport aux traitements dont l'irrigation avec l'eau uniquement, et que cette dernière prolonge la durée de floraison chez les deux espèces testées. Les mêmes traitements manifestent les valeurs les plus élevées durant tout le cycle de développement et pour l'ensemble des paramètres étudiés (biométriques, physiologiques, et le rendement).

Mots clés : Fertilisation, Fertigation, Solution nutritive, Concombre et Tomate .

V. résultat et discussions

V.1. Paramètres de croissance

V.1.1. Aspect général des plantes

L'aspect général des plantes de tomate et du concombre sont représentés dans les figures suivantes :



Figure 17 : Aspect général des plantes de tomate.



Figure 18:Aspect général des plantes du concombre.

L'effet du traitement sur les plantes de tomate variété saint-pierre et le concombre variété Supermarketer était bien remarqué durant toute notre expérimentation.

Une observation globale sur l'ensemble des plantes nous permis de tirer les aspects suivants sur les plantes de tomate et du concombre selon les différents traitements testés :

Les plantes irriguées par l'eau de robinet du blida (**T1** : Sol nu + l'eau ,**T2** : Sol nu + ½ fertilisation + l'eau,**T3** : Sol nu + fertilisation Complete + l'eau .) se manifestent par une couleur jaunâtre, une taille chétive et avec un nombre réduit de feuilles et de fleurs durant tout le cycle de développement. Par contre les plantes dont l'irrigation avec la solution nutritive tous les trois jours (**T4** : Sol nu + solution nutritive , **T5** : Sol nu + ½ fertilisation + solution nutritive,**T6** : Sol nu + fertilisation Complete + solution nutritive, **T7** :: Sol nu + fertilisation Complete + solution nutritive diluée à **80%**et , **T8** :: Sol nu + fertilisation Complete + solution nutritive diluée à **60%**.) manifestent une masse vegetative plus importante et une croissance meilleur.

V.1.2. Hauteur finale des plants

La hauteur finale des tiges a été mesurée à partir du collet jusqu'à l'apex au niveau de chaque plant . Les résultats relatifs au paramètre mesuré, sont présentés dans les deux figures suivantes :

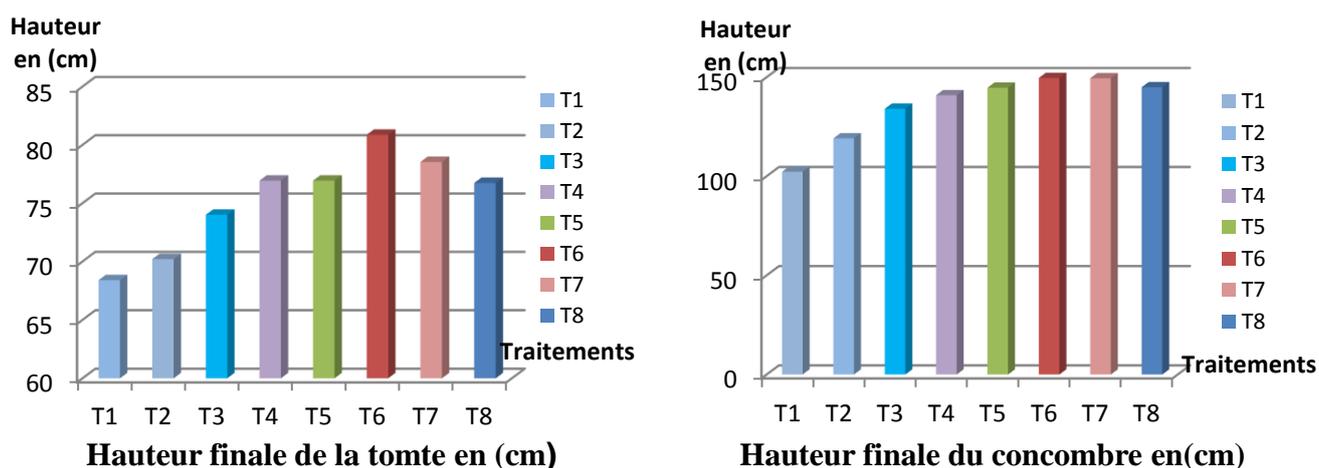


Figure 19 : Hauteur finale de la tomate et du concombre en (cm)

Les résultats obtenus montrent que l'effet traitements exerce une action significative sur la croissance en longueur des tiges chez les deux espèces étudiées. Les hauteurs des tiges finales les plus longuessont de (80,60 cm,149,80 cm) ont été obtenues par le traitement (T6) chez la tomateet le concombre respectivement.

Les résultats obtenus montrent qu'il y a une augmentation de la hauteur des plantes irriguées par le traitement contenant la solution nutritive (T4, T5, T6, T7et T8) et ce par rapport au plantes irriguées par l'eau de Blida (T1, T2 et T3) uniquement et ce quelque soit l'espèce.

Ces observations au niveau des plantes se développant dans les traitements (T4, T5, T6, T7et T8) peuvent être expliquées par la richesse du milieu en éléments fertilisants apportés par la solution nutritive intercalée dans le cycle des irrigations tels que l'azote, le phosphore, le potassium et les oligo-éléments sous forme soluble.

A l'inverse, les plantes irriguées par l'eau de Blida uniquement donnent les hauteurs les plus faibles chez les deux espèces testés et ce en raison du déficit en éléments nutritifs majeurs et mineurs utiles. Ces carences en éléments minéraux provoquent d'abord l'arrêt de la croissance des tissus jeunes, puis rapidement cet état de déficience s'uniformise dans les différents organes, provoquant des troubles de fonction de la plante, entraînant ainsi un ralentissement et un retard de croissance avec des symptômes de rabougrissement des plantes.

Ces résultats indiqueraient que l'interaction fertilisation - solution nutritive agit efficacement sur la hauteur des plants.

Nos résultats concordent avec les résultats de Lajili (2009) où il a montré que les éléments minéraux doivent être fournis à la plante à des doses bien déterminées pour assurer une croissance optimale de la plante et éviter les maladies par carence ou par excès.

V.1.3. Nombre final des feuilles

Le nombre final des feuilles a été compté au niveau de chaque plant au moment de la coupe finale.

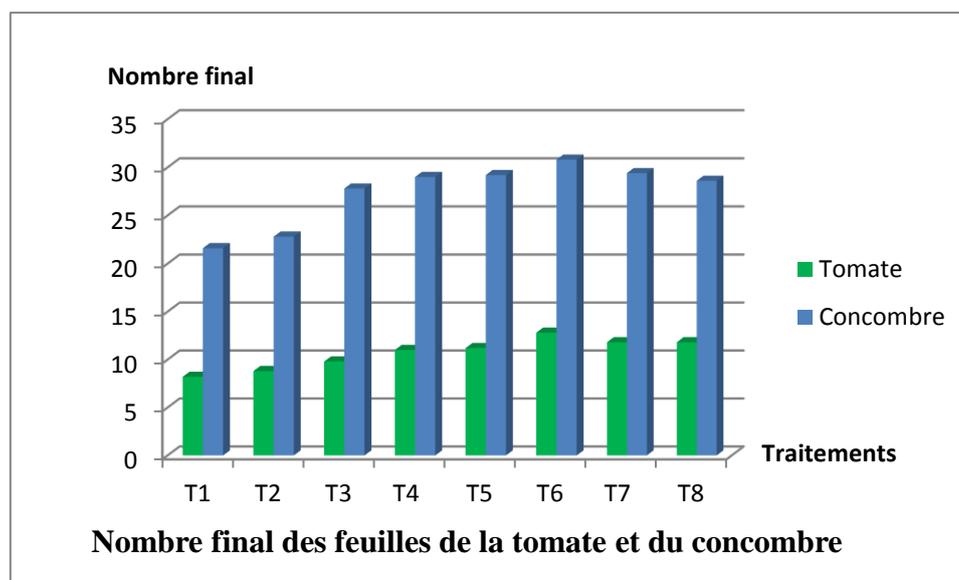


Figure 20: Nombre final des feuilles de la tomate et du concombre

Les moyennes présentées dans la figure N :20 indique qu'il existe une différence significative de l'interaction fertilisation - solution nutritive sur ce paramètre, le nombre de

feuilles le plus élevé est remarqué chez les traitements T5, T6, T7 et T8 avec des valeurs respectivement de (11,2 - 12,8- 11,8- 11,8) pour la tomate et (29,2- 30,8- 29,4- 28,6) pour le concombre respectivement. Les plus faibles nombres des feuilles est enregistré chez le T1, T2 et T3 avec les valeurs suivantes : (8,2- 8,8 et 9,8) pour la tomate et (21,6- 22,8 et 27,8) pour le concombre. Cela peut être expliqué par la présence des éléments nutritifs nécessaires au développement à des quantités suffisantes.

Des résultats similaires ont été confirmés par Lajili (2009) où il a montré que l'azote (N), le phosphore (P), le soufre (S) et le potassium (K), sont nécessaires à la plante à des doses variant car ces derniers entrent dans la composition des organes de la plante (feuilles, tige, racine) et dans le fonctionnement des cellules.

V.1.4. Diamètre final

Les résultats de ce paramètre sont présentés dans la figure suivante :

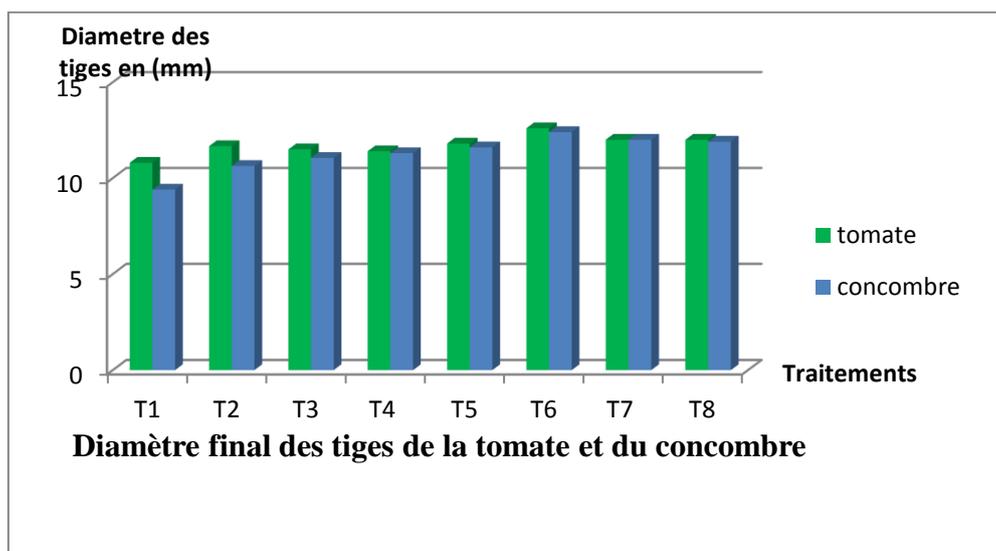


Figure 21 :Diamètre final des tiges de la tomate et du concombre en (mm)

L'analyse de la variance a révélé une différence non significative du facteur traitement sur le paramètre mesuré. Néanmoins on a remarqué que les mesures effectuées ont montré que les plantes issues des traitements contenant de la solution nutritive (T4, T5, T6, T7 et T8) ont montré les diamètres les plus élevés à celles alimentées par l'eau de Blida uniquement (T1, T2 et T3) est ce au niveau des deux espèces étudiées., les plantes alimentées par les traitements (T6) et (T7) manifestent les meilleures performances. A l'inverse, le traitement (T1) représente la moyenne la plus faible au niveau des deux espèces.

L'épaississement des tiges est sous l'influence de l'azote et du potassium, qui agissent sur les cellules méristématiques notamment sur les méristèmes secondaires. Les carences en éléments essentiels entraînent inévitablement un ralentissement et un retard de croissance avec apparition de phénomène de plasmolyse aboutissant ainsi à la formation des tiges moins rigides et donc peu développées (Leakey et *al*, 2001) .

V.1.5. Poids frais total des plants

Les résultats de la biomasse fraîche totale (feuilles + tiges) sont présentés au niveau de la figure suivante:

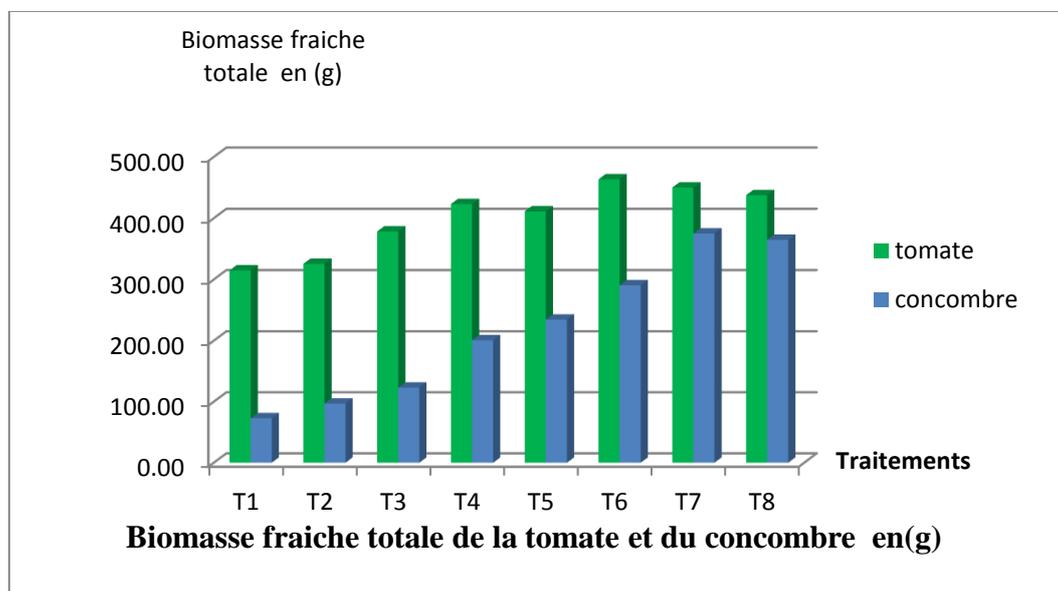


Figure 22 :Poids frais total des plants de la tomate et du concombre en (g)

Les résultats obtenus montrent que la croissance pondérale de la partie aérienne varie en fonction des traitements appliqués. Chez les deux espèces (tomate et concombre), les moyennes élevées de la biomasse fraîche aérienne sont obtenues par les traitements (T4, T5, T6, T7 et T8), alors que les faibles valeurs sont obtenues par les traitements (T1, T2 et T3). L'analyse de la variance confirme ces variations de la biomasse en montrant une différence significative. De ce fait, on peut dire que l'apport de la solution nutritive tous les trois jours manifeste une action remarquable et un effet bénéfique sur la croissance des plantes quelque soit l'espèce testée.

A l'inverse les plantes irriguées uniquement par l'eau de Blida enregistrent une régression du paramètre mesuré par rapport aux autres traitements.

Les travaux de Yell, (2006) et Lajili,(2009) confirment nos résultats puisque ces derniers notent que les éléments minéraux doivent être fournis à la plante à des doses et périodes bien

déterminées pour assurer une croissance optimale de la plante et éviter les maladies par carence ou par excès.

Aussi la diminution de la biomasse fraîche totale est une réponse au déficit des éléments nutritifs qui contribue donc à la conservation des ressources alimentaires, ce qui permet la survie des plantes.

V.1.6. Poids sec total des plants

Le poids sec total (feuilles + tiges) est obtenu par séchage des organes végétaux à l'étuve à 70°C jusqu'à stabilisation du poids sec.

Les résultats relatifs au paramètre mesuré, sont présentés dans la figure suivante :

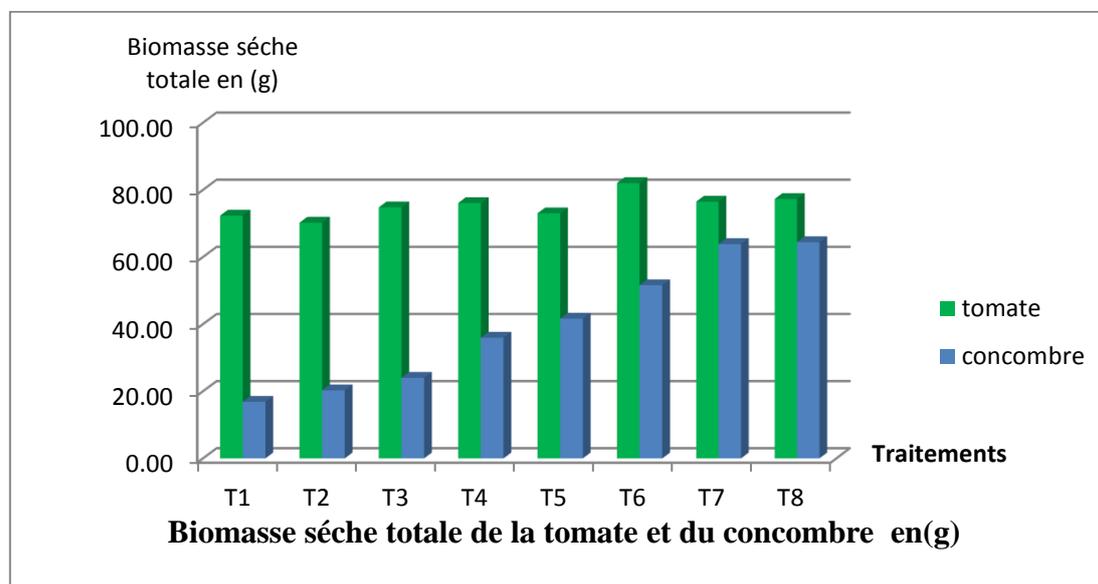


Figure 23 : Poids sec total des plants de la tomate et du concombre en (g)

Les moyennes présentées dans la figure ci-dessus indiquent qu'il existe une différence significative de l'interaction fertilisation - solution nutritive sur ce paramètre. Ceci traduit l'impact de l'incorporation de la solution nutritive et les fertilisants sur les plants des deux espèces étudiées. Les plantes alimentées par les traitements (T6) manifestent les meilleures performances avec une moyenne de (119,55g) pour la tomate et (51,59g) pour le concombre, suivi par T7, T8, T5 et T4 respectivement chez les deux espèces. Toutefois, le traitement ayant donné le plus faible poids sec est le T1 avec une moyenne de (106,74g) pour la tomate et (16,86g) pour le concombre, ce qui indique une teneur en eau moindre au niveau de ce dernier par rapport aux autres traitements pour les deux espèces testées.

V.1.7. Taux de la matière sèche

Les résultats de ce paramètre sont obtenus par le calcul suivant :

$$\text{La matière sèche totale [\%]} = \frac{\text{Poids sec total du plant}}{\text{Poids frais total du plant}} \times 100$$

L'histogramme ci-dessous montre que les deux espèces présentent un taux de matière sèche élevé au niveau du traitement T1, T2, T3.

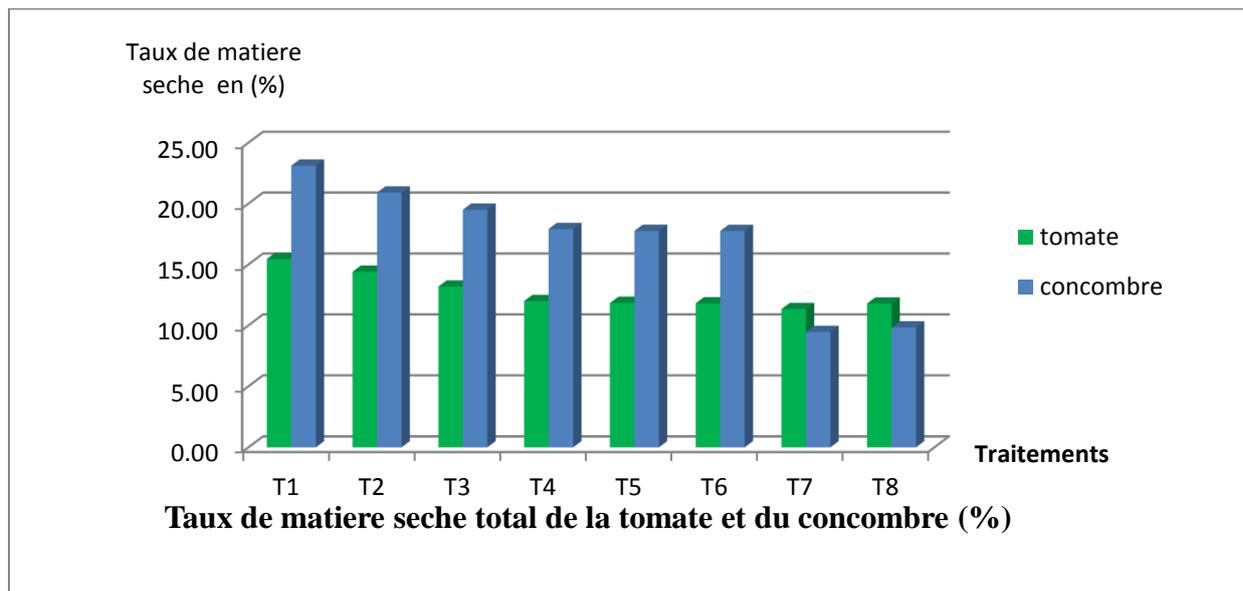


Figure 24: Taux de matière sèche totale de la tomate et du concombre(%)

Les plantes irriguées par l'eau de Blida (T1, T2, T3) manifestent un taux de matière sèche total plus élevé enregistré au niveau de T1 avec un pourcentage moyen de (22,71%) pour la tomate et (23,12%) pour le concombre par rapport aux autres traitements, suite à une sécheresse précoce et à la dessiccation prématurée des feuilles à cause d'un déficit en éléments nutritifs.

A l'inverse les plantes irriguées par la solution nutritive apportée tous les trois jours (N/3) (T4, T5, T6, T7 et T8) manifestent un taux de matière sèche total moindre dont la plus faible est enregistrée au niveau de T6 avec un pourcentage de (17,20%) pour la tomate et (17,75%) pour le concombre car ces plantes sont plus riches en eau ce qui donne une rigidité importante aux tissus aériennes.

V.2. Paramètres de production

V.2.1. Nombre de fleurs par plant

Les résultats relatifs au nombre de fleurs par plant des deux espèces tomate et concombre sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	19,2	20,6	21,4	22,6	21,8	23,2	21,8	21,4
	±	±	±	±	±	±	±	±
	1,78	1,67	0,89	0,89	1,3	0,83	1,48	1,34
	b	ab	ab	a	a	a	a	ab
Concombre	4,4	4,8	4,8	10	11,6	13,8	12,6	12
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,54	0,83	0,83	1	0,54	0,83	1,14	1
	d	d	d	c	b	a	b	b

Tableau 19 : Nombre de fleurs par plant de tomate et du concombre.

L'analyse de la variance à un critère de classification montre que l'effet traitement exerce une influence très hautement significative sur le nombre de fleurs par plant chez les deux espèces étudiées. Ceci traduit l'action positive des traitements appliqués sur le paramètre étudié. Le test de Newman et Keuls, indique l'existence de trois groupes homogènes chez la tomate, le groupe (a) dominant renferme les traitements les plus performant (T4, T5, T6 et T7) où la moyenne la plus élevée été enregistrée au niveau du T6 à (23.2). Le deuxième groupe (ab) renferme (T7, T3 et T2), et le groupe (b) est représenté par T1 en enregistrant le nombre de fleurs le plus faible, et quatre groupes homogènes chez le concombre où les groupes (a, b, et c) représentent les moyennes les plus performantes correspondant aux traitements alimentés par la solution nutritive, à l'inverse du groupe homogène (d) qui renferme les traitements irrigués uniquement avec de l'eau (T1, T2 et T3) manifeste les moyennes les plus faibles. Ces résultats démontrent que la fertigation améliore la floraison comme le confirme Van Staden *et al.* (1994) dans ses travaux.

V.2.2. Nombre de fruits par plant

Les résultats du nombre de fruit par plant des deux cultures sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau 20: Nombre des fruits par plant de tomate et du concombre.

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	8,4	11,2	13,8	17,8	18,8	20,6	18,8	17,0
	±	±	±	±	±	±	±	±
	1,34 e	1,30 d	0,83 c	1,30 b	1,09 ab	1,34 a	0,83 ab	1,22 b
Concombre	3,0	2,6	3,2	8,0	10,6	13,2	11,4	10,8
	±	±	±	±	±	±	±	±
	1,0 d	1,14 d	0,83 d	1,0 c	0,54 b	0,83 a	1,51 b	1,30 b

L'analyse de la variance, fait apparaître une différence très hautement significative pour le nombre de fruit par plant pour la tomate et le concombre. Le test de Newman et Keuls, indique l'existence de quatre groupes homogènes pour le concombre et 6 groupes homogènes pour la tomate

Il en découle que la moyenne de nombre de fruit par plant de concombre est comprise entre (3.0 et 13.2), dont le T6 ressort avec le plus grand nombre de fruit / plant suivi par le T7 (11.4). A l'inverse, le T1 enregistre le plus bas nombre de fruit / plant.

Pour la tomate les résultats basculent entre (8.4 et 20.6) ou on enregistre les mêmes résultats précédant.

Le maintien de la floraison est assuré par la bonne vigueur (état sanitaire) des plants et ceci est en relation directe avec la croissance des plantes qui est tenue par la présence des éléments minéraux en quantité et au bon moment (Gormley et Maher, 1990).

V.2.4. Taux d'avortement

Les résultats relatifs au taux d'avortement des fleurs des deux espèces sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 21 :

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	56,15	45,68	35,35	21,05	13,63	11,16	13,47	20,49
	±	±	±	±	±	±	±	±
	7,0 a	3,41 b	5,86 c	7,83 d	5,0 d	5,65 d	6,48 d	4,57 D
Concombre	72,72	66,66	50	21	15,51	11,59	12,6	15
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,44 A	0,44 a	0,54 b	0,54 c	0,44 c	0,54 c	0,54 c	0,44 C

Les résultats du taux d'avortement ont été élaborés à base du comptage du nombre des fleurs totales et du nombre de fruits par plante et par traitement. L'analyse statistique de l'interaction fertilisation-solution nutritive montre une différence hautement significative pour ce paramètre testé.

Le tableau 21, montre que l'effet des traitements utilisés sur les deux cultures est très proche pour le paramètre étudié. A ce fait le taux d'avortement le plus faible est obtenu avec les traitements T6 (11.16%, 1.6 %) pour la tomate et le concombre respectivement et T7 (13.47%, 1.6%) et le taux d'avortement le plus élevé est attribué au traitement T1 suivi par le T2. Les faibles taux d'avortement des fleurs seraient notamment liés à l'effet positif de l'interaction de la fertilisation avec la solution nutritive au deux périodes critiques (floraison et nouaison).

A l'inverse, le taux très élevé d'avortement peut être expliqué par l'effet de la température. Ceci confirme ce qui est rapporté par Chaux et Foury (1994), qui mentionnent que les températures diurnes supérieures à 30°C sont défavorables à la floraison et à la fécondation.

V.2.3. Production par plants de tomate et du concombre en (g)

Les résultats de production des deux espèces sont mentionnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 22: Production par plant de tomate et du concombre en (g)

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	726.513	1227.70	1847.74	2785.36	3325.55	3971.45	3448.93	2363.55
	±	±	±	±	±	±	±	±
	149.474	160.085	112.918	251.256	327.441	262.991	237.754	653.691
	g	f	e	c	b	a	b	d
Concombre	176,66	262,83	450,13	1860,84	2460,78	3337,56	2936,41	2442,55
	±	±	±	±	±	±	±	±
	66,72	90,21	168,0	130,11	112,4	227,68	349,68	194,83
	e	e	e	d	c	a	b	c

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence hautement significative de l'effet traitement sur la production des fruits par plant. Le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ indique l'existence de cinq groupes chez le concombre et huit groupes chez la tomate dont les plus importants (a), (b) et (c) représentent les plantes irriguées par une solution

nutritive tous les trois jours et ce en raison de la présence de l'élément phosphore en quantité suffisante dans les milieux nutritifs.

A l'inverse les plantes irriguées par l'eau de uniquement enregistrent les valeurs les plus faibles au niveau du paramètres mesurés et ce quel que soit l'espèce testée.

Il y a lieu également de noter que les nutriments contenus dans la solution nutritive sont assimilables par la plante dès leur application. Cette facilité d'utiliser les éléments minéraux à certainement accélérer le processus de reproduction. En outre, Lieten (2000), indique qu'il y a un effet positif entre le rendement et le nombre de feuille. En conséquence, les réductions de rendement étaient plutôt proportionnelles aux réductions de croissance des plantes.

V.3. Paramètres physiologiques

V.3.1. Quantité de la chlorophylle A et B [$\mu\text{g/g MF}$]

Tableau 23 :Quantité de la chlorophylle A et B [$\mu\text{g/g MF}$]

Traitements		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Chl A	Tomate	1,054 ± 0,002 h	1,264 ± 0,001 g	1,367 ± 0,001 f	1,436 ± 0,003 d	1,445 ± 0,002 c	1,491 ± 0,010 a	1,472 ± 0,004 b	1,424 ± 0,005 e
	Concombre	0,848 ± 0,003 h	0,912 ± 0,001 g	1,077 ± 0,004 f	1,268 ± 0,0005 e	1,564 ± 0,0005 d	1,588 ± 0,005 b	1,622 ± 0,003 a	1,583 ± 0,001 c
Chl B	Tomate	0,086 ± 0,006 h	0,182 ± 0,005 g	0,697 ± 0,004 f	0,711 ± 0,002 e	0,844 ± 0,006 c	0,954 ± 0,001 a	0,901 ± 0,006 b	0,807 ± 0,006 d
	Concombre	0,288 ± 0,006 g	0,287 ± 0,003 g	0,425 ± 0,004 f	0,557 ± 0,001 c	0,706 ± 0,004 b	0,967 ± 0,011 a	0,477 ± 0,003 d	0,439 ± 0,006 e

Les teneurs en chlorophylle (A) et (B) montrent que les deux espèces étudiées répondent aux différents traitements appliqués, où on a enregistré des teneurs plus importantes chez le concombre par rapport à la tomate.

Les résultats montrent que les plantes irriguées par l'eau T1 manifeste une régression de la teneur en chlorophylle (A) et (B) chez les deux espèces étudiées par rapport aux autres traitements.

Par ailleurs à partir du traitement T2 ces plantes ont connu une augmentation de la quantité de chlorophylle. Jusqu'à traitement T6 et T7 où on a enregistré les meilleur résultats

Cela peut être expliqué par l'effet de la solution nutritive et la présence d'éléments minéraux : potassium, azote, fer, magnésium, les plantes puisent les éléments essentiels à leur développement dans le sol notamment l'azote qui permet la synthèse de protéines des photosystèmes nécessaires à la production de biomasse qui a donné un bon état physiologique à la plante dans le T4, T5, T6, T7 et T8. Contrairement au T1 qui présente des carences ceci par manque d'éléments nutritifs. De nombreux autres éléments comme le fer, le potassium, le phosphore, le magnésium, le calcium sont essentiels au bon développement de la plante et à la photosynthèse ce que la plante n'a pas trouvé dans notre cas au T1.

Une carence se traduit par la diminution du nombre de protéines et de chlorophylles associées (Khamis et al, 1990). C'est pourquoi la teneur en chlorophylle foliaire est utilisée comme indicateur pour estimer les ressources en azote du sol (chez les végétaux ne pouvant pas fixer l'azote de l'atmosphère) comme le concombre (Varvel et al, 1997; Sharf et al, 2006).

V.4.1. Taux des sucres dans les fruits [%]

Vu que les sucres sont des éléments indispensables au corps humain, nous avons jugé utile de faire une analyse de ce paramètre. Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 24: Taux de sucre dans les fruits de deux espèces (tomate et concombre) en [%].

Traitement	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	3,26	3,46	3,73	4,0	4,2	4,93	4,83	4,73
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,11	0,11	0,11	0	0,2	0,11	0,05	0,11
	d	d	c	b	b	a	A	a
Concombre	1,26	1,33	1,73	2,06	1,86	2,13	2,03	1,8
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,11	0,05	0,11	0,11	0,11	0,11	0,15	0,2
	f	f	e	b	c	a	C	d

L'analyse de la variance révèle qu'il y a une différence hautement significative de l'incorporation de la solution nutritive dans le cycle d'irrigation sur la quantité des sucres dans les fruits des deux espèces étudiées.

Le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir 04 groupes homogènes chez la tomate et 06 groupes homogènes chez le concombre. Le groupe «a» dominant manifesté par les fruits récoltés à partir des traitements traités par la solution nutritive (T6, T7 et T8) pour la tomate et (T6) seulement pour le concombre. La solution nutritive a permis d'améliorer la teneur en sucre totaux des fruits chez les deux espèces, cette amélioration est due selon (Hopkins, 2003) à une baisse d'utilisation des sucres pour la croissance cela dépend de l'aptitude de la plante à ce croître. En revanche les traitements irrigués par l'eau uniquement

(T1 et T2) manifestent une faible teneur en sucre totaux carils utilisent ces produits pour leurs développements.

Abstract

Abstract

The present work aims to study the effect of nutrient fertilization and solution interaction as well as the frequency of intake in the cycle of irrigations every three days of two different species *Cucumis Sativus* L, (Cucumber) , variety « supermarket » and *Lycopersicum esculentum* L (Tomato) variety « saint pierre) grown in the greenhouse.

In this context we determined the effects of eight treatments for each species with five repetitions in total allocated randomized to 40 units for each experimental.

The results obtained through our experiments show that plants irrigated with the nutrient solution made every three days (T4, T5, T6, T7, T8) express better outcomes compared to treatment with irrigation with water only and that it prolongs the flowering period in both species tested. The same treatment show the highest values for the entire development cycle and for all the studied parameters (biometric , physiological, and yield).

Keywords: fertilization , nutrient solution , Cucumber , Tomato and Treatments

Liste des figures

Figure 01 : Fruit de concombre.....	32
Figure 02 : Fruit de Tomate.....	32
Figure 03:Lieu de l'expérimentation (laboratoire de la biotechnologie des productions végétales).....	33
Figure 04 : Phase de la germination de tomate et concombre.....	34
Figure 05 : Aspect général des jeunes plantules du Concombre et de tomate après repiquage.....	34
Figure 06 : présentation du conteneur utilisé durant l'expérimentation.....	35
Figure 07: Stérilisation du substrat par la méthode «Bergerac ».....	35
Figure 08 :Dispositif expérimental utilisé durant l'expérimentation.....	40
Figure 09: Vue du dispositif expérimentale des deux espèces.....	41
Figure 10: Aspect général d'un réfractomètre et le mode de lecture.....	46
Figure 11:Aspect général des plantes de tomate.....	49
Figure12 : Aspect général des plantes du concombre.....	49
Figure13 : Hauteur finale de la tomate et du concombre en (cm).....	50
Figure14: Nombre final des feuilles de la tomate et du concombre.....	51
Figure 15:Diamètre final des tiges de la tomate et du concombre en (mm).....	52
Figure16 : Poids frais total des plants de la tomate et du concombre en (g).....	53
Figure 17:Poids sec total des plants de la tomate et du concombre en en (g).....	54
Figure18 : Taux de matière sèche totale de la tomate et du concombre(%).....	55

Liste des tableaux

Tableau 01 : Production mondiale de tomate en 2011.....	06
Tableau 02 :Evolution de la tomate maraichère en Algérie entre 2003et 2012.....	07
Tableau03 :Principales maladies cryptogamiques et bactériennes de la tomate	10
Tableau 04 : principaux problèmes phytosanitaires de concombre.....	14
Tableau 06 :Principaux symptômes et remèdes pour les carences en principales éléments minéraux	23
Tableau 7 : Principaux besoin des cultures en éléments fertilisants	26
Tableau 08 :Teneur des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida.....	36
Tableau 09 : Composition de l'eau de Blida.....	39
Tableau 10 : Eau de Blida corrigée.....	39
Tableau 11 : Doses et fréquences nécessaires pour la culture de tomate et concombre.....	42
Tableau 12 : Doses et fréquences nécessaires pour la culture du Concombre et de la tomate.....	43
Tableau 13 : Programme des traitements phytosanitaires réalisés en alternance.....	44

Listes d'abréviations

ATP	Adénosine triphosphate
C.V	coefficient de variation.
D.D.L	degré de liberté.
DO	Densité Optique
FAO	Organisation international de l'alimentation et de l'agriculture
ITICM	Institut technique de cultures maraichères et industrielles
Meq/l	Milliéquivalent par litre
MF	Matière fraîche
MS	Matière sèche
NADP	Nicotinamide adénine di nucléotide
NADPH	Nicotinamide adénine di nucléotide phosphate
pH	Potentiel hydrogène
S.C.E	Somme des carrés des écarts
U.V	Ultraviolet

Introduction

Les nouvelles politiques des économies modernes consistent à diversifier les sources de leurs richesses surtout pour l'agriculture qui recherche l'amélioration de la productivité afin de préserver leur sécurité alimentaire et atteindre l'autosuffisance vis-à-vis des besoins de leur société. En règle générale, chaque pays cherche à produire ce qu'il consomme et pour atteindre ce but, il est possible d'agir sur deux leviers: L'augmentation du rendement à l'hectare et la baisse des coûts de production, ces deux leviers peuvent être actionnés ensemble (Anonyme, 2013).

Certaines espèces sont plus exigeantes en certains éléments nutritifs que d'autres, Il faut donc tenir compte des besoins spécifiques de chaque plante, pour éviter les conséquences liées à des carences, d'excès ou de déséquilibre, la culture de concombre et du tomate sont extrêmement exigeantes en eau et en éléments minéraux (Lajili., 2009).

La fertilisation est l'ensemble des techniques agricoles consistant à apporter à un milieu de culture, tel que le sol, les éléments minéraux nécessaires (matières fertilisantes) au développement de la plante et créer ou de maintenir dans le sol un milieu physique et chimique apte à la nutrition des plantes cultivées, d'améliorer la qualité et la quantité des produits récoltés (Schvartzet *al*, 2005).

Cependant, la ferti-irrigation ou fertirrigation est un procédé qui nécessite l'utilisation d'une solution nutritive élaborée et composées de différents éléments minéraux qui assure convenablement la croissance et le développement des végétaux. (Eltez, 2002)

D'après Papadopoulos,(1991), l'amélioration de la fertigation des cultures permet d'augmenter l'efficacité de l'eau et des nutriments de (90- 95%)et une augmentation remarquable du rendement des cultures par rapport à la fertilisation traditionnelle.

C'est dans ce contexte s'inscrit notre étude qui porte sur l'effet de l'incorporation de la solution nutritive dans le cycle d'irrigation des deux espèces concombre (*Cucumis sativus*) variété « supermarket » et la tomate (*lycopersicon esculentum*) variété « saint- pierre » cultivées sous serre et ceci dans le but d'identifier les traitements les plus performants.

I-1-Tomate

I-1-1-Généralité sur la tomate

La tomate est une plante, diploïde à $2n=24$ chromosomes (Judd et *al*,2002), qui appartient à l'ordre des solanales et à la famille des solanacées c'est une plante herbacée, vivace à l'état naturel et annuelle en culture.(Athrthon et Rudish, 1986).

La tomate fut ramenée du Pérou ou du Mexique au début du XVIème siècle par les conquistadors. Les Aztèques cultivaient en effet une plante appelée tomate, dont les fruits ressemblaient à nos tomates-cerise actuelles. Elle existe encore à l'état sauvage en Equateur et au Pérou. Elle est connue par des scientifiques sous le nom de *Lycopersicon esculentum* (Jean-Marie, 2007).

Les premières recherches variétales débuteront au 20^{ème} siècle, pour produire des tomates plus régulières, plus productives et plus résistantes aux maladies. Les modes de production évoluent également la production de tomate sous serre pendant toute l'année, notamment aux pays bas aux Etats-Unis par contre, les cultures restent davantage effectuées en plein champ de façon mécanisée (Gilbert, 2009).

D'après Chauv (1972), la tomate est le légume le plus consommé dans le monde. La production mondiale augmente régulièrement, ainsi, elle joue un rôle important et sa consommation massive s'explique par ses qualités excellentes des fruits tant gustatives que technologiques.

I-1-2-Classification botanique et caractéristique morphologiques

La tomate appartient à la famille des solanaceae qui regroupe la pomme de terre l'aubergine, le poivron et le tabac. C'est une plante herbacée, annuelle, poilue et aux feuilles odorantes. Le port est arbustif, buissonnant ou retombant suivant les variétés (Judd et *al*,2002).

Le genre lycopersicom dont le nombre chromosomique est ($2n=2x=24$) comprend huit espèces parmi les quelles cinq sont susceptibles de se croiser facilement (Judd et *al*,2002).

La tomate est classée botaniquement comme suite :

Embranchement	Phanérogames.
Sous embranchement	Spermaphytes
Ordre	Polemoniales.
Famille	Solanacées.
Genre	Lycopersicum.
Espèce	<i><u>lycopersicum esculentum</u></i>

I-1-3-Importance économique de la tomate

I-1-3-1-dans le monde

La tomate est une culture importante de l'économie mondiale. Elle représente l'un des légumes les plus consommés car elle fournit des nutriments essentiels dans l'alimentation humaine (Dominique et *al*, 2009).

La tomate est cultivée dans plusieurs pays et dans le monde entier. En ce qui concerne la consommation en frais, la production mondiale de tomates s'élevait en 2010 à 620.28 millions de tonnes pour une surface de 4.63 millions d'hectares, soit un rendement

moyen de 27.3 tonnes à l'hectare, le tableau donne la production en tonne des 20 premiers pays producteurs(Dominique et *al*, 2009).

Tableau 01: la production mondiale de tomate en 2007.

Pays	Production « T »	Pays	Production « T »
1-Chine	48576853	11-Mexique	2435790
2-Inde	16826000	12-Russie	2200590
3-Usa	12624700	13-Ukraine	2111600
4-Turquie	11003400	14-Nigéria	1504670
5-Egypte	8105260	15-Tunisie	1284000
6-Iran	6824300	16-Portugal	1245360
7-Italie	5950220	17-Maroc	1236170
8-Brésil	4416650	18-Grèce	1169900
9-Espagne	3821490	19-Syrie	1154990
10-Ouzbékistan	2585000	20-Iraq	1059540

(Snoussi, 2010)

I-1-3-2-En Algérie :

La tomate occupe une place remarquable dans l'économie agricole algérienne, c'est une culture très répandue, des milliers d'hectares y sont consacrés chaque année. C'est un légume de base pour la population algérienne. Elle prend le deuxième rang en culture maraichères après la pomme de terre. Le tableau suivant montre l'évolution de la superficie, de la production de la tomate fraîche en Algérie durant les dix dernières années. (Anonyme, 2009).

Tableau 02: évolution de la tomate maraichère en Algérie entre 2003 et 2009

Années	Superficies Ha	Productions QX	Rendement QX/Ha
2003	18650	4569330	245.0
2004	19432	5121950	263.6
2005	21089	5137795	243.6
2006	20436	5489336	268.6
2007	20079	5673134	282.5
2008	19655	5592491	284.5
2009	20789	6410343	308.4

(Snoussi, 2010)

I-1-4-Importance nutritionnelle de la tomate

La tomate est très riche en sels minéraux ainsi qu'en vitamines, la consommation d'une tomate de taille moyenne apporte respectivement 57%, 25%, et 8% des doses journalières recommandées en vitamine C, en vitamine A et en fer (Dominique et *al.*, 2009).

I-1-5-Les variétés de tomate

I-1-5-1-Variétés à croissance déterminée

La tige émet un nombre donné de bouquets de fleurs. La tige principale est terminée par un bouquet de fleurs, de ce fait, la croissance s'arrête. Ces variétés donnent une récolte élevée, mais peu étendue dans le temps. Ce sont des variétés pour la culture industrielle (tomate pelée...) (Dominique et *al.* 2009).

I-1-5-2-variétés à croissance indéterminée

La tige principale forme un bouquet de fleurs toutes les 3 feuilles. La production de fruits est prolongée. On arrête la croissance par pincement de la tige principale à la hauteur désirée. Les rendements sont importants et répartis sur une période assez longue (Dominique et *al.*, 2009).

I-1-6-Description botanique du plant de la tomate

a-Racine : Forte racine pivotante qui pousse jusqu'à une profondeur de 50cm ou plus. La racine principale produit une haute densité de racines latérales et adventices (Jean-Marie,2007).

b-Tige : Le port de croissance varie entre érigé et prostré. La tige pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 m. La tige est pleine, fortement poilue et glandulaire (Chaux et Foury,1994)

c-Feuillage : Feuilles disposées en spirale, 15 à 50 cm de long et 10 à 30 cm de large. Les folioles sont ovées à oblongues, couvertes de poils glandulaires. Les grandes folioles sont parfois pennatifides à la base. L'inflorescence est une cyme formée de 6 à 12 fleurs. Le pétiole mesure entre 3 et 6 cm (Jean-Marie,2007).

d-Fleurs : Bisexuées, régulières et entre 1,5 et 2 cm de diamètre. Elles poussent opposées aux -ou entre les feuilles. Le tube du calice est court et velu, les sépales sont persistants. En général il y a 6 pétales qui peuvent atteindre une longueur de 1 cm, qui sont jaunes

et courbées lorsqu'elles sont mûres. Il y a 6 étamines et les anthères ont une couleur jaune vif et entourent le style qui a une extrémité stérile allongée. L'ovaire est supère avec entre 2 et 9 carpelles. En général la plante est autogame, mais la fécondation croisée peut avoir lieu. Les abeilles et les bourdons sont les principaux pollinisateurs (Chaux et Foury ,1994).

E-Fruit : Baie charnue, de forme globulaire ou aplatie avec un diamètre de 2 à 15 cm. Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu. La couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange. En général les fruits sont ronds et réguliers ou côtelés.(Chaux et Foury ,1994).

F-Graines : Nombreuses, en forme de rein ou de poire. Elles sont poilues, beiges, 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen.1000 graines pèsent approximativement 2,5 à 3,5 g.(Chaux et Foury ,1994)

I-1-7-Exigences de la culture de tomate

I-1-7-1-Exigences climatiques

I-1-7-1-1-Températures

La température est le facteur le plus déterminant dans la production de la tomate. Celle-ci réagit énormément aux variations thermiques(Chibane,1999).

Les basse température (<10°C) ralentissent la croissance et le développement des plantes, entraînant un raccourcissement des entre-nœuds et la formation d'un feuillage abondant au détriment de la production.El es peuvent entrainer aussi des ramification des bourgeons, difficultés de nouaison et de formation des fleurs fasciées (Chibane,1999).

I-1-7-1-2-Lumière

La lumière est un facteur écologique essentiel pour la tomate. Elle intervient dans des nombreux phénomènes physiologique, notamment la photosynthèse (Chibane, 1999).

Durant les 30 à 45 jours qui suivent le semis, les fortes intensités lumineuses favorisent le raccourcissement de l'axe et l'induction des 1^{ers} bouquets surtout à des températures basses. (Chaux et Foury, 1994) par contre, un manque de lumière peut inhiber cette induction florale (Chaux, 1972).

I-1-7-1-3-humidité

Selon Chaux et Foury, (1994), l'humidité durant la phase végétative doit être maintenue à 70-80%. Au de ce seuil, des cas assez fréquents dans les abris plastiques, les risques de botrytis augmentent. Tandis qu'au moment de la floraison, il est souhaitable de descendre à 60%, afin de faciliter la dispersion du pollen.

I-1-7-2-Exigences hydriques

C'est un facteur important du rendement et de la quantité. La plante consomme de l'eau pour constituer sa matière végétale. Elle contient 90 à 95% d'eau et 5 à 10% de matière sèche (Letard, 1995).

Selon le même auteur les besoins annuels de la tomate d'eau varient entre 7000 et 8000 m³/ha/an, soit 15 à 20 fois plus que le poids d'eau dans la matière fraîche. Les besoins sont surtout importants à partir de la floraison du 2^{ème} bouquet. (Chaux et Foury, 1994).

Le stress causé par une carence en eau et les longues périodes arides fait tomber les bourgeons et les fleurs (Chaux, 1972).

Par contre lorsque les averses sont très intenses et l'humidité est très élevée, la croissance des moisissures et la pourriture des fruits seront plus importantes. Les temps nuageux ralentissent le murissage des tomates. Cependant des cultivars adaptés sont disponibles (Shankara et al, 2005).

I-1-7-3-Exigences édaphiques :

Les préférences en type de sol sont très larges, le sol doit être bien aéré et drainant cependant, les sols légers, perméables, meubles et riches en humus conviennent particulièrement à la culture de la tomate (Chaux et Foury, 1994).

La tomate tolère modérément un large intervalle de valeurs du pH (niveau d'acidité), mais pousse le mieux dans des sols où la valeur du pH varie entre 5.5 et 6.8 et où l'approvisionnement en éléments nutritifs est adéquat et suffisant (Barbara, 2005).

I-1-7-4-Exigences nutritionnelles

La tomate est considérée comme étant l'une des cultures les plus exigeantes en éléments fertilisants. Les exportations dépendent du rendement. Elles sont aussi très variables selon le système de culture (Snoussi, 2010).

I-1-8-maladies et ravageurs de la tomate

Les changements climatiques auront sans doute un effet sur les parasites et maladies des plantes. En d'autres termes, l'éventail de maladies et ravageurs attachés à la culture de tomate peut s'élargir et de nouvelles combinaisons de ravageurs et de maladies qui peuvent apparaître de manière non prévisible à certaines époques de l'année face à des températures et des profils de précipitation inhabituels en occasionnant parfois des dégâts très importants.

Tableau 3: principales maladies cryptogamiques et bactériennes de la tomate.

Maladie	Conditions favorables, symptômes et dégâts
Le mildiou Phytophthora	Se propage rapidement dans un environnement froid et humide, et peut détruire toute la culture.
Botrytis Botrytis cinerea	Apparition des taches brunâtres accompagnées d'un duvet grisâtre sur feuilles et tige. Pourriture molle grise et chute des fleurs
Chancre bactérien Clavibactersp	Flétrissement des feuilles, suivi d'un dessèchement total, sur fruit, se forment des taches blanchâtre, dont le centre brunit et s'entoure d'un halo jaune clair, d'où le nom de « œil d'oiseau »
Moelle noire Pestudomoas Corrugata	Taches sombres sur tige, pétiole et pédoncules, les vaisseaux demeurent intacts, contrairement à ce qui se passe dans le cas d'une maladie vasculaire.

(Snoussi,2010)

I-2-concombre

I-2-1-origine et historique

Des arguments botaniques et historiques donnent pour origine à l'espèce *cucumis sativus* les contreforts de l'humalaya, au nord-ouest de l'Inde. Cultivé par les peuples de Chine. On en retrouve également des traces au niveau des dynasties Egyptiennes et dans la Grèce antique. Son introduction en Amérique et les premières descriptions datent de la renaissance. Elles font déjà état de cultivars à fruit courts et à fruit longs, très répandu en Europe dès le 17^e siècle. Le concombre est cultivé sous châssis ou en plein champ dans l'ensemble des secteurs maraichers jusqu'à la première moitié du 20^{ème} siècle (Brajeul, 2001).

Cette espèce est cultivée depuis l'antiquité, Pline décrit le concombre et souligne que l'empereur Tibère affectionnait particulièrement ce légume fruit. Il est connu en France depuis le IX^e siècle et devint d'une culture courante en Angleterre depuis 1350. On connaît 27 types de *cucumis*, tous originaire de l'Afrique ou de l'Asie (Laumonnier, 1979).

I-2-2-Morphologie de la plante

Le *Cucumis Sativus* appartient à la famille botanique des cucurbitacées. C'est une plante annuelle, rampante. La partie consommée est le fruit avant maturité. Plante à fleurs unisexuées.

Les fleurs mâles, apparaissent le premier est dite monoïque. Certaines variétés sont gynodioïque (fleurs uniquement femelles) ou parthénocarpique (ne nécessitant pas pollinisation) pour les variétés classiques (monoïque), la pollinisation est assurée par les insectes. Le légume est de faible valeur nutritive (Laumonnier, 1979 et Skirdj et al ; 2002).

a- Tiges:

Le concombre présente des tiges herbacées, rampante, flexible, rêches au toucher, fibreuses, anguleuses et hirsutes munies de vrilles qui lui permettent de se fixer à un support (Laumonnier et Brajeul, 2001).

b-Feuille :

Selon Brajeul (2001) les feuilles sont grandes ou rarement tri-lobées, à sommet acuminé, molles et le plus souvent poilues.

c-Fleurs :

Les fleurs sont assez semblables à celles du melon. Elles présentent néanmoins un pédoncule plus court et un ovaire effilé. On trouve surtout des fleurs femelle, plus rarement des pièces males. Les sépales sont partiellement soudées, ligules dans leur part libre. Le périanthe est formé de cinq pétales jaunes soudés à leur base qui font du concombre une espèce une empèse partiellement gamopétale. L'ovaire à trois loges est très allongé. Le style, entouré d'un nectaire annuaire a sa base loges est infère et très allongé. Le style, entouré d'un nectaire annuaire à sa base, porte trois stigmates bilobés globuleux (Brajeul,2001).

d-Fruits :

Ils sont allongés, plus ou moins cylindrique, lisses ou légèrement épineux selon les variétés. Leur longueur est de l'ordre de 14 à 25 cm pour les types « mini » ou court épieux et de 30 à 40 cm pour les types longs de serre. De coloration vert foncé devenant vert claire à jaune vif ou blanc-crème à maturité physiologique. Leur chair aqueuse est blanche ou verdâtre l'épicarpe est lisse finement cannelé ou grossièrement côtelé selon le type végétal. (Laumonier, 1979 et Brajeul, 2001).

I-2-3-Classification botanique de concombre

Le concombre ou *Cucumis sativus* L. Est une plante potagère de la famille des Cucurbitacées. C'est une plante annuelle, herbacée et rampante (Free, 1993).

Selon Embrger(1960), Le concombre à la classification suivante

Classe	Dicotylédone.
Série	Gamopétales inferroviestétracyclique
Ordre	Gempanulales
Famille	Curcubitaceae
Genre	Cucumis
Espèce	<i>Cucumis sativus</i>

I-2-4- Exigences pédologiques et climatiques du concombre

I-2-4-1-Température

La culture de concombre est moins exigeante en température comparée à celle du melon. Son minimum de germination est situé à 12°C et la température optimum est aux alentours de 30°C. La croissance végétative est favorable à des températures proches de 25°C (Chaux, 1972).

I-2-4-2-Humidité

La culture de concombre exige une humidité atmosphérique relative située entre 70 et 90% d'où sa prospérité dans les climats tropicaux (Chaux, 1972).

I-2-4-3-Sol et pH

Le concombre peut être cultivé et produit dans différents sols à condition qu'ils ne soient pas asphyxiants ni trop frais au printemps. Il est notamment conseillé d'éviter les sols lourds et froids sous peine de provoquer la fonte des jeunes plantules, Le pH doit être compris entre 5,5 et 6,8 (Chaux et Foury, 1994).

I-2-5 Variétés de concombre

D'après Chaux (1972) le concombre se caractérise par une croissance grimpante et des rameaux pouvant dépasser 2 mètres de long. Les variétés cultivées de concombre se divisent en trois groupes:

- Concombre à **fruits demi longs** issu de variétés monoïques.
- Concombre à **fruits longs** provenant de variétés parthénocarpiques.
- Concombre à **fruits petits** et **cylindriques**.

Les principales variétés commercialisées sont :

Poinsett (très rustique), Amiral, Prestige, Corona (tolère l'oïdium) et Flamingo (tolère le mildiou).

Les **mini-concombres**, comme la variété Bush Champion et Printo, se prêtent bien pour une culture en pot ou sur un balcon. Leurs fruits mesurent une vingtaine de centimètres.

II-6-principaux problèmes phytosanitaires

Tableau 04: les maladies de concombre

MALADIES	SYMPTOMES	REMEDES
CORYNESPORIOSE	Petites tâches graisseuses qui évoluent en nécroses brunes.	<p>Retarder l'apparition des maladies et/ou des ravageurs par la mise en oeuvre de bonnes pratiques agricoles.</p> <p>- Observer régulièrement l'état sanitaire de la culture.</p> <p>- Contacter un technicien ou le laboratoire de diagnostic phytosanitaire, pour une identification précise des symptômes observés.</p> <p>- Eviter les traitements chimiques systématiques. N'utiliser que des produits autorisés, en respectant les précautions d'usage obligatoires : période d'application, délai avant récolte, dose autorisée.</p> <p>Important: l'utilisation d'un produit phytosanitaire engage la responsabilité de l'agriculteur vis à vis des méfaits éventuels sur sa santé, celle du consommateur et l'environnement.</p>
OIDIUM	Tâches poudreuses blanches sur la face supérieure des feuilles	
MILDIOU	Tâche vert clair ou jaunâtre à la face supérieure des feuilles de forme angulaire. Tâche d'aspect graisseux recouverte d'un duvet gris violacé à la face inférieure.	
FUSARIUM SOLANI	Pourriture au collet	
RAVAGEURS	SYMPTOMES	
THRIPS	Dessèchement des feuilles	
PUCERONS	Feuilles crispées avec présence de fumagine.	
ALEURODES	Miellat et fumagine sur feuilles	
CHENILLES	Défoliations diverses du feuillage	
MINEUSES	Galerie sinueuses entre les épidermes des feuilles	

(Chaux, 1994)

Pour que les végétaux poussent de manière optimale, ils ont besoin de lumière (qu'elle soit naturelle ou artificielle). D'une température stable et tempérée, d'une hygrométrie de l'air suffisante ainsi que d'une oxygénation satisfaisante des racines, enfin d'une nourriture adéquate en suffisance composée d'eau de sels minéraux et d'oligo-éléments (Zigler, 2008).

II-1-Notion sur la nutrition hydrominérale

L'absorption hydrominérale peut être définie par le prélèvement de l'eau et d'éléments minéraux du milieu par l'ensemble des racines du système racinaire et leur pénétration dans la plante qui se ferait principalement à travers le plasmalemme des cellules corticales suivi de leur conduction vers la sève.

Le système racinaire doit pouvoir assurer la fonction d'alimentation hydrominérale de la plante dans les meilleures conditions. La solution nutritive doit couvrir la totalité de ces besoins. Elle doit apporter l'eau et les éléments minéraux ainsi que l'oxygène nécessaire pour le fonctionnement du système racinaire (Morard, 1995) et (Vilain, 1993).

II-2-Besoins hydrominéraux des plantes

II-2-1-Nutrition hydrique

L'eau est une source indispensable pour les végétaux sa présence est une condition incontournable pour que toute la plante puisse se développer et assurer ses fonctions physiologiques vitales (Calu, 2006)

L'eau présente jusqu'à 85-90 % de la matière fraîche elle est indispensable à l'activité des végétaux car elle facilite la pénétration et le transport de sels minéraux (Binet, Brunel, 1967). Cependant, cette ressource n'est pas toujours facile d'accès dans le sol, suivant le milieu naturel ainsi les plantes présentes sur des surfaces sèches ou salées vont se retrouver exposées à un stress hydrique important, contre lequel elles devront lutter pour survivre (Calu, 2006).

Les besoins en eau selon Cornillon (1985), dépendent des facteurs liés au climat, au substrat et à la culture. Ces besoins peuvent s'estimer grâce à l'évapotranspiration potentielle (ETP).

L'eau intervient par ces propriétés physiques, mécaniques, et par ses propriétés chimiques. Ses rôles physiologiques nombreux et complexes rentrent dans :

- ✓ La rigidité de la plante.
- ✓ Le maintien des structures chimiques et biochimique.
- ✓ Le transport des éléments minéraux et des substances élaborées.
- ✓ La régulation thermique grâce à l'évapotranspiration potentielle (ETP).
- ✓ La source d'éléments essentiels.

Quand l'alimentation en eau par les racines ne parvient plus à compenser les pertes dues à la transpiration de la partie aérienne la plante subit un stress hydrique (Morard, 1995).

II-2-2-Nutrition minérale des plantes

D'après Skiredj(2006), l'analyse des plantes montre qu'elles contiennent a des proportions déférentes, onze éléments en grandes quantités (N, Ca, C, Cl, H, Mg, O, P, K, Na, S)) et 18 éléments en quantité réduite (Aluminium, Arsenic, Bore, Brome, Cobalt, Cuivre, Etain, Fer, Fluor ,Iode ,Manganèse, Molybdène, Nickel, Plomb, Silicium, Titane, Vanadium, et Zinc). Parmi ces 29 éléments seulement 13 sont indispensable à savoir :

A-Trois éléments organiques C, H et O

En moyenne le carbone représente 44 % l'oxygène 44% et l'hydrogène 6% ; soit au total 94% de la matière sèche d'un végétal avec une variabilité de 90 à 95 %. Malgré l'importance quantitative et qualitative de ces éléments majeurs organiques, on ne les apporte pas dans une fumure. Les plantes les incorporent dans leurs tissus végétatifs par l'intermédiaire des processus de photosynthèse (Skiredj, 2006).

B-Trois éléments minéraux majeurs

On appelle éléments nutritifs primaires, ou macroéléments, les éléments nutritifs dont les végétaux ont besoin en quantité importante pour assurer une croissance et un développement optimum, ces derniers sont :

N, P, et K il y a une grande variabilité dans les teneurs de ces éléments dans les tissus foliaires selon les espèces, les variétés et les conditions du milieu de culture. Il y a dominance d'azote et de potassium (Stanley, 1995).

1-Azote

Selon (Skiredj, 2006) l'azote joue un rôle primordial dans le métabolisme des plantes. En effet, c'est le constituant numéro un des protéines qui sont les composés les fondamentaux de la matière vivante, c'est le facteur essentiel des rendements.

Il est présent dans le sol provient au départ de l'azote (N) de l'atmosphère. Dans le sol, la plus grande partie de l'azote se trouve dans la matière organique. Le sol peut renfermer des réserves importantes de N organique. (Bretaudeau et *al.*, 1992).

2-Le potassium

Les minéraux du sol sont riches en potassium, bien que peu de ce dernier soit assimilable par les plantes. Le potassium se présente dans le sol sous diverses formes (Heller et *al.*, 1998).

D'après Maser et *al.*, (2002), les plantes ont besoin d'à peu près autant de potassium que d'azote. Le potassium a cette particularité qu'il reste soluble dans la solution de cellules et ne devient pas partie intégrante des tissus végétaux. Il intervient dans de nombreux processus chez les végétaux.

Cet ion K^+ joue un rôle important dans l'assimilation chlorophyllienne, elle favorise la synthèse et l'accumulation des glucides, en outre, il donne au tissu une grande rigidité et permet aux plantes de résister aux problèmes de la verse et des maladies cryptogamiques (Hellali, 2002).

3-Le phosphore

Le phosphore se trouve essentiellement sous trois formes dans le sol : le P soluble, le P labile et le P non labile. Moins de 5 % du phosphore total du sol est assimilable ou lentement assimilable par les plantes, peu importe le moment. Le reste peut être retenu dans la matière organique ou dans un certain nombre de complexes minéraux (Marschner, 1993).

Il exerce des rôles à la fois plastique et métabolique. Il est présent dans les constituants comme les acides nucléiques ARN, ADN et les composées à nucléotides NAD, NADP, ATP, il participe aussi à de nombreuses réactions biochimiques (Vilain, 1987).

Si les concentrations de phosphore dans le sol sont élevées, elles réduisent la masse totale des racines (Marschner, 1993).

a) **Éléments nutritifs secondaires ou oligo-éléments**

Le calcium, le magnésium et le soufre sont nécessaires en quantités modérées. Ces éléments sont habituellement classés parmi les éléments secondaires parce qu'ils sont moins susceptibles de limiter la croissance des cultures. Ils sont généralement présents dans le sol en quantités suffisantes (Heller et *al.*, 1998).

1-Calcium

Le calcium est un constituant des parois cellulaires et se trouve dans la plante présente dans les membranes pectiques il donne de la résistance aux tissus et favorise la formation et la maturation des fruits et des graines. Il est aussi un sel dissous dans les sucres cellulaires ou il neutralise les acides organiques et minéraux (Soltner, 1988).

La plupart des sols recèlent des quantités relativement importantes de calcium, car ils ont été formés à partir de matériaux d'origine calcaire (Ozgen et *al.*, 2006) ou la présence de calcium en excès provoque les déficiences en K, Mg et certains oligo-éléments comme le fer, le manganèse et le zinc (Vilain, 1987). Alors qu'une carence en cet élément provoque une décoloration et enroulement de jeunes pousses, bientôt suivis de nécrose marginale des feuilles (Diehil, 1975).

2- Magnésium

Selon Achille (2006), le magnésium est fortement attiré vers les sites d'échange cationique, mais il percole un peu plus facilement que le calcium. Le magnésium est présent dans le sol en solution ou sous une forme échangeable.

Le magnésium joue plusieurs rôles dans la croissance et le développement des plantes et dans la structure des molécules de chlorophylle et la synthèse des protéines, activation des enzymes (rôle indispensable), (Achille, 2006).

3-Le soufre

Il joue un rôle fondamental dans le métabolisme des vitamines. C'est un constituant des produits responsables des odeurs et saveurs de certaines plantes comme : l'ail, oignon, chou, haricot (Skiredj, 2006).

Le soufre est considéré comme un élément peu mobile dans la plante. Les effets de sa carence se manifestent d'abord sur les jeunes organes qui présentent une chlorose liée à une diminution de la teneur en chlorophylle (El Alaoui, 2009).

Tandis que les autres oligo-éléments sont aussi importants que les éléments nutritifs primaires et secondaires. Ils sont nécessaires aux végétaux en petites quantités et sont souvent présents en moins grandes concentrations dans le sol (Stanley, 1995).

1- Fer

Le fer est abondant dans la plupart des sols, mais il a une solubilité très faible. La forme assimilée par les plantes est l'ion ferreux (Fe^{2+})

- C'est élément essentiel dans la formation de la chlorophylle.
- Il a un rôle dans le transport d'oxygène (respiration).
- C'est un catalyseur de plusieurs enzymes. (Diehil, 1975)

2- Cuivre

Le cuivre est présent dans la solution de sol, sur les sites d'échange de l'argile et de la matière organique, dans les oxydes du sol, les résidus biologiques et les organismes vivants. Une forte proportion, soit de 20 % à 50 % dans certains sols, est retenue sous des formes fixés à la matière organique (Soltner, 2005).

3- Bore

Le bore est présent dans le sol en solution, adsorbé et sous forme minérale. Le prélèvement du bore par les plantes est lié au pH. La biodisponibilité de cet élément est maximale à des ph entre 5,0 et 7,0. La biodisponibilité diminue en périodes de sécheresse (Johnson et al., 2007).

Selon Penningfeld et al., (1969) un excès en bore provoque un jaunissement du bord des feuilles gagnant toute la surface, laissant des grandes taches brunes sur les bords puis chute des feuilles.

Morard (1995) note qu'une carence en bore perturbe le développement des tissus méristématiques par réduction puis arrêt de l'élongation et de la division cellulaire. Cette inhibition se produit aussi bien au niveau de l'apex de la tige qu'au niveau de l'élongation des racines.

4- Molybdène

Le molybdène est l'élément minéral indispensable aux végétaux à la plus faible teneur de l'ordre de 1ppm de la matière sèche (Morard 1995).

D'après Calmon et Metivier (2003), il est présent dans le sol sous forme non échangeable, dans les minéraux du sol, sous forme échangeable, dans les oxydes de fer et d'aluminium présents dans la solution de sol et fixés à la matière organique.

5- Zinc

Est relativement immobile dans le sol, de sorte que le lessivage ne pose pas de problème. Le zinc susceptible de devenir assimilable par les plantes se présente dans la solution de sol sous forme d'ions Zn^{2+} (Stanley, 1995).

6- Manganèse

La plus grande partie du manganèse prélevé par les plantes se présente sous forme d'ions Mn^{2+} . Dans le sol, le manganèse existe sous quatre formes principales : minérale, organique, échangeable et dissoute. Le sol contient de grandes quantités de manganèse, dont une faible partie seulement est assimilable (Johnson et al., 2007).

Sa carence provoque une décoloration internée vairé diffuse sur les feuilles âgées (Skiredj, 2006).

7- Sodium

Le sodium est un élément considéré comme nécessaire à la vie du végétal. Il semble pouvoir se substituer à une partie du potassium et jouer le même rôle mais ne peut pas le remplacer. Il pénètre d'ailleurs assez mal dans la cellule végétale qui a tendance à le refouler. (Pinta, 1980).

8- silicium

Cet élément, qui existe en quantité importante dans les cendres des végétaux (graminées), il circule certainement dans la plante sous forme colloïdale et il joue un rôle assez obscur.

Diehil (1975) le considère comme vecteur du fer de certains oligo-éléments en milieu alcalin.

9- Chlore

Selon Havlin et al., (2005), le chlore se trouve généralement dans la nature sous forme de chlorure (Cl^-). Il est facilement soluble, très mobile et prélevé sans difficulté par les végétaux. Les sols de l'Ontario renferment peu de chlore, celui-ci étant emporté par lessivage. On trouve par contre des concentrations plus élevées de chlore dans le bas des pentes, là où l'eau s'accumule.

II-3- Carences

Lorsque un (ou plusieurs) élément nutritif fait défaut dans le sol ou est présent en quantité trop faible, les besoins de la plante ne seront pas satisfaits, sa croissance et son développement seront limités, on parle alors de carence. Les symptômes de carence se manifesteront de manière spécifique pour chaque plante et selon l'élément qui est déficitaire. La connaissance de ces symptômes permettra de diagnostiquer le déficit nutritionnel qui est en cause et d'y remédier par apport de fertilisant adapté (FAO 2005) :

3-1-Carence en azote

- Port rabougri.
- Coloration vert pâle ou jaunâtre des feuilles les plus âgées, à partir du sommet.
- Réduction de la floraison.
- Diminution de la teneur en protéines.

3-2- Carence en phosphore

- Apparence générale rabougrie, croissance ralentie.

- Coloration particulière bleu-rougeâtre à pourpre, vers l'extérieur des feuilles.
- Croissance racinaire réduite.
- Retard de maturité, mauvaise formation des grains et des fruits.

3-3- Carence en potassium

➤ Chloroses (jaunissement) sur le bord extérieur des feuilles suivies de brûlures et de brunissement.

- Croissance ralentie et rabougrissement (plantes chétives).
- Faiblesse des tiges et verse facilitée.
- Fruits et graines atrophiés ou ratatinés.

3-4-Carence en soufre

- Jeunes feuilles d'une couleur vert-jaune pâle uniforme.
- Croissance des pousses ralentie.
- Tiges de petit diamètre.

3-5-Carence en calcium

➤ Les carences en calcium sont rarement visibles car les effets secondaires liés à l'acidité du sol limitent la croissance.

- Jeunes feuilles tordues, de petite taille, vert foncé, s'incurvent, se craquent.
- Croissance racinaire ralentie, racines pourrissent.
- Dessiccation et chutes des bourgeons (cas graves).
- Affaiblissement des tiges.

3-6-Carence en magnésium

➤ Chlorose striée typique et nécrose (surtout chez les feuilles les plus âgées) dues au jaunissement internervural des feuilles.

- Feuilles de petite taille, faiblesse des rameaux.
- Sensibilité aux attaques de champignons.

3-7-Carence en cuivre

➤ Chez les céréales, jaunissement et fissure des feuilles, diminution de l'épiaison, tallage erratique.

- Lorsque un signe de carence apparaît, il convient de prendre très rapidement des mesures de redressement, généralement sous forme d'une fertilisation foliaire ou d'un apport d'engrais au sol.

Tableau 06 : les principaux symptômes et remèdes pour les carences en principales éléments minéraux chez le concombre :

Carence	Symptômes	Remèdes
Carence azotée (N)	La plante est petite, les feuilles d'abord vert jaunâtres à jaunes deviennent plus ou moins orangées et tombent.	<ul style="list-style-type: none"> • Apport d'azote au sol ou en fertilisation foliaire. • Drainage des sols trop humides (réduction de la dénitrification). • Amélioration de la structure du sol. • Apport supplémentaire d'azote en cas d'enfouissement des pailles (rapport C/ N inférieur à 20).
Carence En phosphore (P)	<ul style="list-style-type: none"> • Les feuilles âgées sont d'abord vert foncé, puis rouge-violet. La tige peut également prendre une couleur rougeâtre. Les plantes sont petites et ont un aspect rigide («port raide»). • A un stade ultérieur les feuilles âgées meurent. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fertilisation phosphatée adaptée au pH. Scories et phosphates naturels pour les sols acides à neutres et superphosphate pour les sols neutres à alcalins. • Amener le sol dans la zone des pH neutre à légèrement acide.
Carence en Potassium (K)	<ul style="list-style-type: none"> • Les feuilles sont d'abord vert brunâtre, puis peuvent prendre une coloration rouge brunâtre. • Une chlorose apparaît et se développe à partir du bord des feuilles âgées, qui rapidement finissent par dépérir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pulvérisation immédiate d'une solution à 2% de sulfate de potassium. • Enrichissement du sol par apport d'engrais potassiques (très considérable en sols très argileux).

(Bovey et al., 1972.)

III-1-Fertilisation

La fertilisation est l'ensemble des techniques agricoles consistant à apporter à un milieu de culture, tel que le sol, les éléments minéraux nécessaires (matières fertilisantes) au développement de la plante et créer ou de maintenir dans le sol un milieu physique et chimique apte à la nutrition des plantes cultivées, d'améliorer la qualité et la quantité des produits récoltés (Zidane , 1989 ; Schvartz *et al*, 2005).

III-1-1Principes et objectifs

La fertilisation Constitue l'un des éléments des techniques culturales retenues pour réaliser un objectif de production donnée. Elle doit être raisonnée en fonction du sol, le climat, les précédents culturaux, les variétés cultivées et les possibilités d'alimentation en eau (Soltner, 2003).

La fertilisation consiste à apporter à un milieu de culture, tel que le sol les éléments minéraux nécessaires à l'alimentation de la plante.

Les objectifs de la fertilisation visent à obtenir le meilleur rendement possible avec la meilleure qualité et au moindre coût (Schvartz *et al*, 2005).

Le souci de préservation de la fertilité du sol et de la qualité de l'environnement,- particulièrement en agriculture durable. La fertilisation a pour but de conserver ou améliorer la productivité d'une terre (Schvartz *et al*. 2005).

III-1-2-Besoins des cultures en éléments fertilisants

Les besoins des cultures varient selon le type de légumes cultivés (fruits, feuilles, racine...), la durée de la culture et les exigences de rendements.

D'aprèsMozollier(2011), on peut classer les cultures en trois groupes, en fonction des quantités d'éléments exportés (en kg/ha) :

Tableau 7 : Les principaux besoins des cultures en éléments fertilisants :

	Espèces	Azote N	Phosphore P ₂ O ₅	Potassium K ₂ O	Magnésium MgO
Cultures exigeantes	concombre, tomate, poivron, aubergine, courgette, choux, artichaut, betterave, céleri, fenouil	150 à 300	80 à 200	200 à 400	30 à 80
Cultures moyennement exigeantes	poireau, carotte, melon, oignon, ail, pomme de terre, navet, épinard, laitue	80 à 150	50 à 100	100 à 300	10 à 30
Cultures peu exigeantes	endive, mâche, radis, haricot, fève, pois	30 à 80	20 à 80	50 à 150	10 à 20

(Mazollier, 2011)

III-2- fertigation

III-2-1-Définition de la fertigation :

Selon Yelle (2006), la fertigation est une façon pratique de faire un apport d'engrais, combinant irrigation et fertilisation. Toute opération combinée est avantageuse.

La fertigation est surtout associée à plasticulture, mais pas exclusivement. Il faut songer à son utilisation avec l'irrigation conventionnelle, par aspersion, de la pomme de terre ou alors dans le goutte-à-goutte pour les framboises (Yelle, 2006).

III-2-2-Principe de la fertigation

La fertigation, en fractionnant et en dosant les apports d'engrais, permet d'éviter les effets indésirables des apports massifs d'engrais; excès de croissance végétative, salinité, toxicité au bore ou autre. Cette technique permet de surcroît de placer l'engrais dans la zone racinaire, et de faciliter son utilisation par la plante en apportant des éléments déjà en solution, ce qui en favorise l'absorption. Dans la situation idéale, l'injection d'engrais aura été bien synchronisée par rapport à l'irrigation pour éviter une salinité excessive près de la surface ou un lessivage en profondeur. Pour cela, l'irrigation même doit être bien suivie (Yelle, 2006).

III-2-3-Avantage de la fertigation :

Selon Skiredj (2007), La pratique de la fertigation permet:

- Une utilisation correcte et économe de l'eau et des éléments minéraux au sol pour une meilleure utilisation par la plante.
- Un bon contrôle de l'état ionique de la rhizosphère,
- Une économie de la main d'œuvre,
- Localisation des apports à proximité des racines,
- Intervention possible à tout moment, ce qui permet la correction des carences,
- Meilleur contrôle des doses apportées, ce qui évite les pertes par lessivage et accroît l'efficacité.

III-2-4-Inconvénients de la fertigation

- difficulté d'apporter des engrais en cas de sol saturé en eau (pluie, arrêt de l'irrigation). Ce cas est rencontré avec les tunnels nantais (fraisier ou melon) et avec les serres canariennes peu étanches et sans gouttières d'évacuation des excès d'eau.
- Obturation des orifices des distributeurs. Il est recommandé de les nettoyer et d'utiliser une solution acide (0,5 % d' HNO_3) afin d'enlever le colmatage (Roberto N,2004)

III- solution nutritive

Coic (1984) ; confirme q' une solution nutritive est une solution de sels minéraux contenant à l'état dissout tous les éléments minéraux dont la plante a besoin. Ce qui implique que les besoins en eaux et ions minéraux soient parallèles. Cette solution nutritive doit être complète et équilibrée « équilibre entre l'eux et chacune des ions suivant les besoins relatifs de la plante, en plus une égalité équivalente entre anion et cation »

L'équilibre entre les éléments minéraux dans la solution nutritive agit sure leurs assimilations pare la plante. Une teneur trop élevée de l'un des élément peut être préjudiciable à l'absorption de quelque autres (Jennequin,1987).

Selon Snoussi(1980), le pH joue un rôle fondamental dans la régulation de l'absorption du différent élément constitutif de la solution nutritive.

En ce qui concerne le contrôle du pH, Blanc (1987) montre qu'à l'exception des espèces acidophile ou basophiles qui exigent ou supportent des valeurs extrêmes, l'optimum de pH des espèces cultivées se situe entre 5,5 et 5,8. Aussi ; de nombreux essais ont démontré que la sensibilité de la plante aux sels minéraux est différent selon l'espèce cultivée (Snoussi, 1987).

Les travaux de Blanc (1987), ont montré que la concentration saline de la solution nutritive joue un rôle prépondérant dans l'alimentation de la plante. Elle détermine la pression osmotique de la solution nutritive. Celle-ci doit être inférieure à la pression osmotique du suc cellulaire pour que l'eau puisse diffuser de la solution vers la plante.

Solen Chaux et Foury (1994), si cette concentration est trop forte, les racines se nécrosent et la plante flétrit. Par contre, si elle est trop faible la végétation risque de s'embler.

Penningsfeld (1969) in SNOSSI (1984), indique que la préparation des solutions nutritive peut faire appel à des eaux d'origines diverses qui peuvent être utilisées telles que les eaux de puits, eaux de pluies, eaux d'adduction. Les eaux de ruisseau et de rivière peuvent être utilisées sous réserve qu'elles ne contiennent aucune substance toxique et que leurs tenures en sels ne soit pas trop élevé.

Il y'a lieu de procéder à une analyse complète de l'eau et d'en tenir compte lors de l'établissement des solutions nutritive en cas où la concentration est trop élevée dépassant 0.2g / l.

Il faut adapter la composition de la solution nutritive au problème nutritionnel à résoudre : carence, toxicité.... Il est alors souvent nécessaire de procéder à des changements de la concentration de certains ions du milieu nutritif.

Ces transformations doivent être l'objet d'une approche méthodologique rigoureuse.

III-3-1-Préparation de la solution nutritive

Selon Morad (1995) procédure à suivre pour la préparation de la solution nutritive est la suivante :

- ✓ Choix de la formulation adaptée à la culture.
- ✓ Analyse de la composition minérale de l'eau d'irrigation.
- ✓ Adaptation de la formulation choisie aux teneurs en éléments minéraux contenus dans cette eau.
- ✓ Choix de la nature des sels minéraux.
- ✓ Calcul des pesés de sels correspondant à la fabrication du volume de solution nutritive préparée (éventuellement de la quantité d'acides à apporter).
- ✓ Fabrication des solutions mères A et B d'oligo-éléments ; Contrôle de la composition minérale de la solution fille à la sortie des goutteurs.

IV-1-objectif de l'expérience :

Le présent travail a pour objectif d'étudier l'effet de l'incorporation de la solution nutritive dans le cycle d'irrigation de deux espèces différentes cultivée sous serre:Le concombre et la tomate.

A cet effet, nous sommes tenus de voir :

- Effet de l'incorporation de la solution nutritive sur le comportement des plantes.
- Effet de l'interaction fertilisation- solution nutritive sur le concombre et la tomate, ainsi la fréquence d'apport dans le cycle des irrigations de deux espèces.

IV-2-Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé dans notre expérimentation sont : Le concombre, (*Cucumis sativus*), famille des cucurbitacées,et la tomate (*Lycopersicon esculentum*), famille des solanacées.

IV-3-Conditions expérimentales :**IV-3-1-Lieu de l'expérience :**

Notre expérimentation s'est déroulée au sein de la station expérimentale du département de Biotechnologies de l'université Blida1 située dans la plaine de la Mitidja, sous serre en polycarbonate avec les caractéristiques suivantes :

- forme rectangulaire ayant une superficie de 382,5 m².
- orientation nord-sud
- Aération est assurée par de grandes fenêtres placées latéralement de part et d'autre de la serre.
- chauffage de la serre est assuré par des radiateurs à eau chaude.



Figure 03:Lieu de l'expérimentation (laboratoire de la biotechnologie des productions végétales).

L'évaluation de la température à l'intérieur de la serre a été contrôlée par un thermomètre suspendu au centre de la serre. On nous remarquons que la moyenne des températures par décade durant le cycle végétatif répondait aux besoins des plantes.

IV-4- Germination et repiquage

IV-4-1-Germination

Les semences utilisées dans notre expérimentation proviennent de l'institut technique des cultures maraichères et industrielles (ITCMI) de Staouali. Les semences sont récoltées en 2014 avec une pureté spécifique de 99%.

La germination des graines a été effectuée dans des gobelets contenant de la tourbe le 02-12-2015 (figure 04)

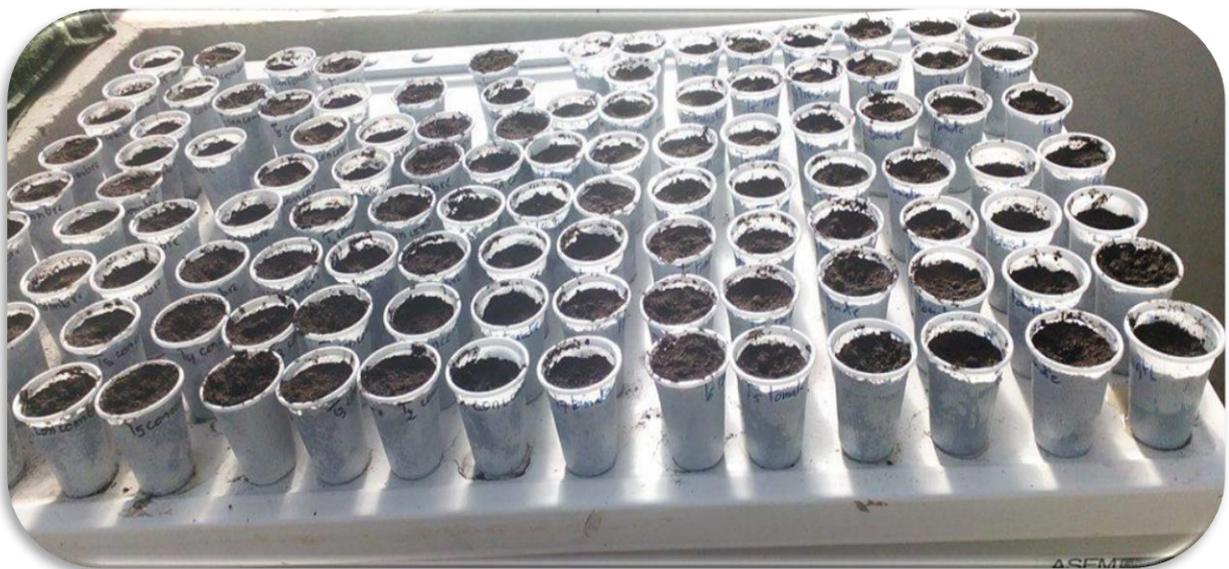


Figure 04 : Phase de la germination

IV-4-2-Repiquage

Les plants de la tomate et du concombre ont été transplantés définitivement dans des pots le 12-01-2016 pour la tomate soit 42 jours après semis et le 03-02-2016 pour le concombre soit 30 jours après semis. Un arrosage est préconisé pour favoriser la reprise des jeunes plantules.



Tomate

concombre

Figure 05 : Aspect général des jeunes plantules du Concombre et de tomate après repiquage

IV-5-Containers et sol

IV-5-1-Containers

Les conteneurs utilisés sont des pots en plastique de couleur noire, ayant une capacité de 4L et présentant un orifice de drainage à leur base, permettant l'évacuation de l'eau en excès.(figure 06)

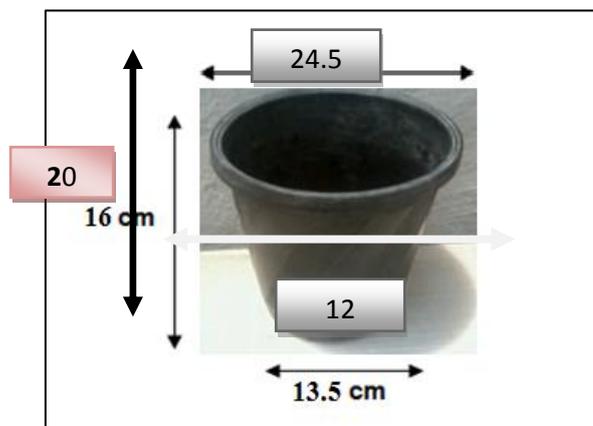


Figure 06 : présentation du conteneur utilisé durant l'expérimentation.

IV-5-2-Sol, provenance et désinfection

a) Provenance

Le sol utilisé dans notre expérimentation provient de la station expérimentale du département des Biotechnologies (Blida1). D'après les résultats des analyses du sol obtenus, et selon le triangle de texture (Saou, 2014) le sol présente une texture limono-argilo-sableuse ce qui convient aux exigences édaphiques du Concombre et de la tomate a la base de chaque pot on a mis du gravier concassé de carrière 3- 8 mm de diamètre pour assurer un bon drainage.

Avant la désinfection du substrat on a tamisé la terre à l'aide d'un tamis à maille moyenne afin d'éliminer les grosses particules terreuses.

b) Désinfection du substrat par voie thermique méthode Bergerac

Lorsque la désinfection est faite dans des bonnes conditions, elle permet de détruire la plupart des organismes néfastes tels que (insectes, nématodes, champignons, bactéries, virus qui sont peu résistants à des températures de 80 à 90⁰c. Au- delà de ces températures le sol se trouverait stérilisé, ce qui doit être évité.



Figure 07: Stérilisation du substrat par la méthode «Bergerac ».

IV-6-Elaboration de solution nutritive de base

IV-6-1-But

C'est de permettre de couvrir les besoins de l'espèce testée

Il existe des solutions nutritives ayant un large spectre d'utilisation, seulement il n'est pas possible d'élaborer une solution nutritive standard (sous tous les climats et l'ensemble des cultures)

Durant notre expérimentation, on a préparé une solution nutritive de reconstitution à base de l'eau de Blida qui a une concentration globale de sels avoisinant de 0.49 g/l concentration qui dépassent 0.2g/l où l'analyse de l'eau de Blida est jugée nécessaire avant la préparation de la solution nutritives (norme indiqué par Penneingsfeld et Kurzman (1969).

Pour ce type de solution nutritive, l'eau renferme des teneurs insuffisantes en certains éléments utile tels que les nitrates et le potassium parfois des éléments tels que le sodium le calcium et les sulfate peuvent se trouver a des concentrations supérieures aux besoins des plantes.

Tableau 08: Teneur des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida :

Eléments	Teneur en mg/l	Teneur en meq /l
K ⁺	00.00	00.00
Ca ⁺⁺	46.00	2.80
Na ⁺	29.90	1.30
Mg ⁺⁺	21.60	1.80
NO ₃ ⁻	21.70	0.34
SO ₄ ⁻⁻	38.40	0.80
CL ⁻	21.30	0.60
HCO ₃ ⁻	244.00	4.08
Total	433.90	11.73

(Snoussi,2001)

L'analyse de l'eau de Blida présentée dans le tableau ci-dessus (Tableau N 8) révèle une quantité assez élevée en ions bicarbonates (4.08 méq /l) ; ce qui rend le milieu plus basique (pH = 7.8), nécessitant une correction de pH.

La correction du pH de l'eau consiste donc à utiliser des acides pour diminué partiellement les bicarbonates et les ramener au voisinage de 4.4 à 4.8 jugés le plus favorable pour la croissance et le développement des plantes.

Deux types d'acides ont été utilisés à savoir, l'acide nitrique (HNO₃) et l'acide phosphorique (H₃PO₄). Ces deux acides permettent d'une part l'abaissement du pH et l'apport des éléments utiles tels que les nitrates et les phosphates.

La quantité d'acide à apporter est calculée selon la formule suivante:

$$Q \text{ (meq/l)} = (\text{quantité d'HCO}_3 \text{ dans l'eau en méq/l}) \times 0.833$$

$$Q = 4.08 \times 0.833 = 3.39 \text{ méq / l d'eau}$$

Cette quantité d'acide sera partagée entre: H₃PO₄ = 1.1 méq / l (correspondant aux besoins des végétaux qui sont de 3.3 méq / l de phosphore), et HNO₃ = 3.39 – 1.1 = 2.29 méq / l (besoin partiel en nitrates).

IV-6-2-Elaboration d'une solution

Généralement pour corriger les déficits et équilibrer la balance ionique d'une eau peu chargée en sels on peut rajouter certains éléments selon la formule correspond a la solution nutritive de base synthétisée avec l'eau de Blida selon les normes définie par (Cocic et Lesaint,1975)

Les différentes étapes adoptées pour la réalisation de cette solution sont les suivantes:

1-L'apport d'azote est fixé à 12 méq / l :

- ✓ 10.2 méq/l NO_3^- représentant 84%
- ✓ 1.8 méq/l NH_4^+ représentant 14%

2-L'apport de chlorure et de sodium étant au-delà là des besoins normaux des plantes (0.2 meq / l), aucun apport complémentaire n'est nécessaire.

3-L'apport du phosphore est fixé à 3.3 méq / l de H_3PO_4 , le (P) présent sous la forme trivalent PO_4^{3-} , 1.1 méq / l de H_3PO_4 combler les besoins en phosphore.

La quantité d'acide nécessaire pour ajuster le pH de l'eau à 4,8 est de 3,3 méq/l. ce volume permet de satisfaire la totalité du besoin en phosphore en apportant 1,1 méq/l de H_3PO_4 , et un apport partiel de 2.2 méq/l de NO_3^- .

d)le bilan des anions restant à introduire dans la solution nutritive:

- Nitrates: besoins: 10,2 méq / l.
- déjà disponibles: 0,34 méq / l (eau) + 2,2 méq / l (correction de pH) = 2,44 méq / l
 - à apporter: 10,2 méq / l - 2,44 méq / l = 7,64 méq / l.
- Sulfate : besoins: 1.4 méq / l.
- déjà disponibles: 0,8 méq / l.
- à apporter: 1,4 méq / l - 0,8 méq / l = 0,7 méq / l.

4-L'apport d'ammonium (1,8 méq / l de NH_4^+) est assuré par l'emploi de $\text{NO}_3^-\text{NH}_4^+$ qui assurera en même temps l'apport de 1,8 méq / l de NO_3^- . Les anions disponibles pour apporter un complément de K, Ca et Mg sont désormais les suivants:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Nitrates} = (7,64 - 1,8) \text{NO}_3\text{NH}_4 = 4,84 \text{ méq / l} \\ \text{Sulfates} = 0,7 \text{ méq / l} \end{array} \right\} \text{Total} = 6,55 \text{ méq / l}$$

5-Lasomme totale des cations dans la solution nutritive finale = (k + Ca + Mg) déjà présents dans l'eau + (K + Ca + Mg) apportés sous forme de nitrates et de sulfates.

$$\text{Total} = (0 + 2,8 + 1,8) + 6,44 = 11,14 \text{ méq / l.}$$

Selon les normes définies par Coic et Lesaint, les proportions relatives de ces cations doivent être proches des proportions suivantes:

K = 39,6%

Ca = 47,6%

Mg = 12,8%

$$\frac{11.15 \times 39.6}{100} = 4.41 \text{ meq/l Ca} = \frac{11.15 \times 47.6}{100} = 5.31 \text{ meq/l Mg} = \frac{11.15 \times 12.8}{100} = 1.43 \text{ meq/l}$$

Ce qui donne dans le cas présent:

$$4,41 \text{ méq / l (k)} + 4,31 \text{ méq / l (Ca)} + 1,43 \text{ méq / l (Mg)} = 11,14 \text{ méq / l.}$$

Les besoins en Mg sont satisferont par la quantité déjà continu dans l'eau.

- Apport des cations à réaliser, sous déduction de ce qui est déjà présent dans l'eau.

K (4,41 méq / l), Ca (2,41 méq / l), Mg (0 méq / l).

L'apport de Mg n'étant pas nécessaire : la teneur de l'eau en Mg est supérieure à l'apport souhaitable. Les 11,14 méq / l – 1,8 méq / l (Mg) = 9,34 méq / l d'anions sont donc à partager entre K et Ca uniquement et en respectant les proportions K+ Ca = 87.2 % soit:

$$- K = 9.34 \times \frac{39.6}{39.6 + 47.6} = 4.24 \text{ méq/l} \quad - Ca = 9.34 \times \frac{47.6}{39.6 + 47.6} = 4.10 \text{ méq/l}$$

Tous les résultats sont reportés dans les tableaux suivants:

Tableau 09: Composition de l'eau de Blida

pH = 7,8

Eau de Blida	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Total
	0.34	00	0.80	0.60	
K ⁺					0
00					
Na ⁺					1,30
1.30					
Ca ⁺⁺					2,80
2.80					
Mg ²⁺⁺					1,80
1.80					
NH ₄ ⁺					00
00					
HCO ₃ ⁻					4,08
4.08					
Total	0,34	00	0,80	0,60	

Tableau 10: Eau de Blida corrigée

(solution nutritive de base) pH = 4,8

Eau de Blida	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Total
	0.35	00	0.80	0.60	
K ⁺					4,25
0					
Na ⁺					1,30
1.30					
Ca ⁺⁺					5,10
2.80	2,30				
Mg ²⁺⁺					1.80
1.8					
NH ₄ ⁺					1,80
00	1,80				
H ⁺					3,30
	2,20	1,10			
Total	10,20	3,30	1,50	0.60	

Un certain ordre de dissolution doit être respecté afin d'éviter toute précipitation et ceci en commençant par les produits à fonction acide et les plus solubles, ensuite on rajoute au fur et à mesure les autres produits.

En dernier lieu, nous avons rajouté une solution d'oligoéléments composée de deux solutions complémentaires d'oligoéléments préconisées par Coic et Lesaint (Auder et Warrence, 2002). Le contrôle de pH de la conductivité électrique est obligatoire avant chaque utilisation.

IV-6-3- Dissolution des sels de la solution nutritive de base

$$- \text{HNO}_3 = 2.20 \times 63 = 138,6 \text{ mg/l}$$

$$- \text{H}_3\text{PO}_4 = 1.10 \times 98 = 107.8 \text{ mg/l}$$

$$- \text{KNO}_3 = 3.44 \times 101.09 = 348.86 \text{ mg/l}$$

$$- \text{K}_2\text{SO}_4 = 0.70 \times 87.12 = 60.98 \text{ mg/l}$$

$$- \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 2.30 \times 118.04 = 271.4 \text{ mg/l}$$

$$- \text{NH}_4\text{NO}_3 = 1.80 \times 80 = 144 \text{ mg/l}$$

Total = 1430.34 mg soit 1.43 g/l + Oligo-élément A et B (14.80 mg/l).

La solution nutritive de base renferme aussi des Oligo-éléments. Le fer est apporté à raison de 4 ml / l de solution de concentration 2g/l de séquestrée de fer. Les autres Oligo-éléments contenant le Molybdate d'ammonium (0,4 g / l), l'acide borique (14 g / l), le sulfate de manganèse (20 g / l) et le sulfate de cuivre (2,4 g / l) + sulfate de zinc (10 g / l) sont apportés à raison de 0,1 ml / l.

IV-7-Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté au cours de notre expérimentation est un dispositif en randomisation totale (un plan sans contrôle d'hétérogénéité) ou l'affectation des traitements est faite d'une manière aléatoire selon la table de permutations des nombres aléatoires de (01) à (10).

Le dispositif comporte 8 traitements (T1, T2,..., T8). Pour chaque traitement, on avait 05 observations soit 40 observations au total.

TOMATE

	P1	P2	P3	P4	P5		P1	P2	P3	P4	P5
T4						T8					
T3						T7					
T2						T6					
T1						T5					

CONCOMBRE

	P1	P2	P3	P4	P5		P1	P2	P3	P4	P5
T4						T8					
T3						T7					
T2						T6					
T1						T5					

Figure 08 : Dispositif expérimental utilisé durant l’expérimentation.

- T1, T2.....T8 :les traitements
- P1, P2.....P5 : les observations



Figure 09: Vue du dispositif expérimentale des deux espèces

IV-8-Traitements utilisés

Durant l'expérimentation, on a étudié l'effet de 8 traitements appliquer au cours du cycle d'irrigation d'où :

T1 Sol sans fertilisation dont l'irrigation avec l'eau de Blida uniquement durant tout le cycle développement (Témoin).

T2 : Sol +une demi-dose (1/2) de la fertilisation recommandée pour chaque espèce, l'irrigation avec l'eau de Blida uniquement durant tout le cycle de développement.

T3 :Sol + l'apport d'une dose fertilisation complète recommandée pour chaque espèce, l'irrigation avec l'eau de Blida uniquement durant tout le cycle de développement.

T4 : Sol + irrigation avec l'eau de Blida et un apport de la solution nutritive chaque trois jour pour chaque espèce et pendant tout le cycle de développement.

T5 : Sol + l'apport d'une demi dose (1/2) de la fertilisation recommandée pour chaque espèce, dont l'irrigation avec l'eau de Blida et un apport de la solution nutritive chaque trois jour.

T6 : Sol +un apport de fertilisation complète recommandée pour chaque espèce dont l'irrigation avec l'eau de Blida et un apport de la solution nutritive chaque trois jour durant tout le cycle de développement.

T7 : Sol +un apport de fertilisation complète recommandée pour chaque espèce dont l'irrigation avec l'eau de Blida et un apport de la solution nutritive diluée a **80%**chaque trois jour durant tout le cycle de développement.

T8 : Sol nu +un apport de fertilisation complète recommandée pour chaque espèce dont l'irrigation avec l'eau de Blida et un apport de la solution nutritive diluée a **60 %**chaque trois jour durant tout le cycle de développement.

IV-9-Entretien de la culture

IV-9-1-Irrigation

Le système d'irrigation adopté est celui de la percolation à circuit ouvert permettant l'éventuel excès d'eau.

Il est très important aussi de noter qu'il est nécessaire de connaître les besoins journaliers en eau de chaque culture, afin de pouvoir rationaliser les besoins selon les stades de développement du notre végétal et pour éviter les déficits et les éventuels excès de solution nutritive. Le tableau N11 montre les doses et les fréquences apportées pendant la période durant notre expérimentation :

Tableau 11: Doses et fréquences nécessaires pour la culture de tomate et concombre :

Culture de concombre et de tomate	Stade végétatif	La dose d'irrigation	La fréquence
Date			
02-12-2016 au 02-02-2016	Germination au début floraison	20 ml	1 fois / 3 jours
02-02-2016 à La coupe	Début floraison au plein floraison	80 ml	
	Plein floraison à la nouaison	à	
	Nouaison à la récolte	120 ml	

IV-9-2-Fertilisation

Les apports de fertilisation effectués pour les deux cultures cultivées sont mentionnés dans le tableau N12:

Tableau 12: Doses et fréquences nécessaires pour la culture du Concombre et de la tomate :

Espèces	Apport de fond	Apport d'entretients	Quantité apporté
Concombre	170 à 200 unités de N/ha 100 à 150 unités de P/ha 200 à 250 unités de K/ha	1^{er} apport(début culture) : 40 unités de N/ha 2²ème apport floraison : 40 unités de N/ha 50 unités de K/ha 3³ème apport après trois semaines : 80 unités de N/ha 100 unités de K/ha	N= 0,066 g/5l N=0,066g/5l K= 0,083g/5l N=0,13g/5l K=0 ;16g/5l
Tomate	180 unités fertilisantes de N/ha 150 unités fertilisantes de P/ha 200 unités fertilisantes de K/ha	1^{er} apport (début cultures): 40 unités de N 150 unités de P 30 unités de K 2em apport (stade cinq feuilles) : 50 unités de N 40 unités de K 3em apport début floraison : 30 unités de N 50 unités de K 4em apport floraison : 30 unités de N 50 unités de K 5em apport nouaison 20 unités de N 30 unités de K	N= 0.66 g/5 K=0.083 g/5 P=0.095 g/5

IV-9-3-Traitements phytosanitaires

Au cours de notre expérimentation, nous avons effectué des traitements préventifs et curatifs pour écarter toute attaque cryptogamique ou d'insectes nuisibles contre nos plantes durant tout le cycle de développement selon le modèle suivant :

Tableau 13 : Programme des traitements phytosanitaires réalisés en alternance

Dates	Produit	Matière active	Désignation	Dose	Fréquence
14-01-2016	Duresban	Chorpyriphos-éthyle (40g/kg)	Traitement préventif contre les maladies cryptogamiques	10 g / l 1 fois/ semaine	
12-02-2016	Duresban	Mancozeb 64% Metaloxyl 8%	Traitement préventif contre les insectes		
21-01-2016	Medomyl	Mancozeb 64% Metaloxyl 8%	Traitement préventif contre les insectes	10 g / l 1 fois/ semaine	
04-02-2016	Medomyl	Mancozeb 64% Metaloxyl 8%	Traitement préventif contre les insectes		

IV-9-4-Tuteurage

Au court de notre expérimentation nous avons remarqué que les plantes avaient tendance à se recourber vu que la variété de concombre (Supermarketer) et la variété de tomate (saint pierre) ont une croissance indéterminées ce qui nous a permis de confectionner des tuteurs à la ficelle permettant de maintenir les plantes dressées aussi que cette étape est recommandée afin d'éviter les contacts des fruits avec le sol humide.

IV-9-5-Ebourgeonnage

Cette opération consiste à supprimer les bourgeons axillaires se développant à l'aisselle de feuilles.

L'ébourgeonnage a été effectué régulièrement sur la tomate au cours de sa croissance et son développement végétatif ainsi que les deux espèces ont été conduites sur un seul bras.

IV-9-6-Etêtage

Cette opération consiste à faire éliminer l'apex le bourgeon terminal au-dessus de 2^e bouquet florale et laissant deux feuilles au-dessus du 2^em bouquet floral.

IV-9-7-Binage

L'opération de binage semblait être nécessaire pour faciliter l'aération du sol et afin de permettre un bon développement racinaire pour nos espèces plusieurs binages ont été effectués.

IV-10-Paramètres étudiés

Afin d'évaluer le comportement et l'évolution de nos espèces différents paramètres ont été mesurés :

IV-10-1-Paramètres biométriques

Des mesures biométriques ont été réalisées sur les plantes (ou prélèvement) pour les deux variétés au moment de la coupe finale effectué le 05/05/2016 soit 110 jours après le repiquage. Egalement en cours de la culture, d'autres paramètres ont été mesurés :

IV-10-1-1-Hauteur finale des plantes

Les hauteurs sont mesurées périodiquement et ce tous les 10 jours, en centimètre (cm) du collet jusqu'à l'apex. Les valeurs des hauteurs finales sont mesurées au moment de la coupe à l'aide d'un mètre ruban.

IV-10-1-2- Diamètre des tiges

Le principe consiste à mesurer le diamètre des tiges à l'aide d'un pied à coulisse et ce au niveau de tous les plants pour les deux variétés

IV-10-1-3-Biomasse fraîche totale produite

Le paramètre consiste à peser les différents organes de la plante en gramme, à l'aide d'une balance de précision. Les pesées ont porté sur le poids frais total : tiges + feuilles en g.

IV-10-1-4-Biomasse sèche produite

La biomasse sèche a été mesurée après le dessèchement des poids frais des fruits, de chaque traitement et ce dans une étuve à 74°C jusqu'à la stabilité du poids sec puis transformée en % pour la comparaison.

- Poids sec total : fruit en g.

IV-10-1-5-Taux de matière sèche

Le taux de matière sèche est exprimé en pourcentage [%] et qui est calculé comme suit:

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

- Taux de matière sèche total (feuilles + tiges).

IV-10-2-Paramètres de production**IV-10-2-1-Nombre des fleurs par plant**

Ce comptage est réalisé tous les jours au niveau de chaque plant et jusqu'à la coupe finale de chaque espèce.

IV-10-2-2-Nombre de feuilles par plant

Le principe consiste à faire un comptage des feuilles au niveau de chaque coupe et ce par plant et par traitement.

IV-10-2-3- Nombre de fruit par plant

C'est le comptage des fleurs nouées tous les jours au niveau de chaque plant à chaque traitement au moment du prélèvement.

IV-10-2-4- Le taux d'avortement

Le taux d'avortement est exprimé par la différence entre le nombre total des fleurs apparues et le nombre total des fleurs nouées (concombre tomate)

IV-10-2-5-Estimation du rendement

Le rendement est la somme cumulée de la production de concombre et tomate pesées au cours de la saison, pour chaque traitement. La mesure du rendement permet de vérifier s'il existe une certaine relation entre le rendement et le stade végétatif des plantes (températures cumulées). Cette mesure sert aussi à comparer le rendement des différents traitements. La récolte a été faite au moment de la coupe par traitement et par plant soit pour les deux variétés.

IV-10-2-6-Taux de sucre

A l'aide d'un réfractomètre on mesure le taux de sucre totaux de jus extrait à partir du fruit de concombre ou Le fruit de tomate par la diffraction de la lumière à travers un prisme.

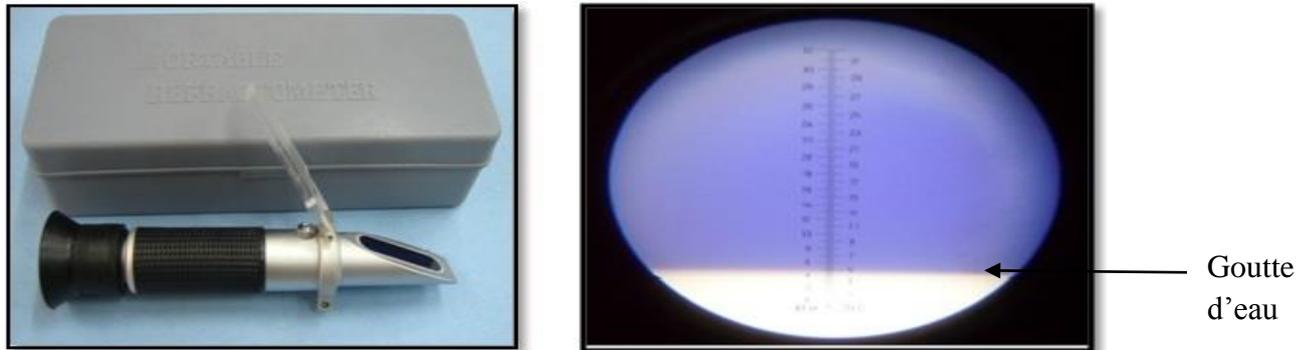


Figure 10: Aspect général d'un réfractomètre et le mode de lecture.

IV-10-3- Paramètre physiologique (Dosage de chlorophylle)

La chlorophylle **a** et **b** a été dosée durant le stade végétatif, il est réalisé selon la méthode de Francis et al (1970). La méthode d'extraction consiste en une macération des feuilles (0.1g) dans 10 ml d'un mélange de l'acétone et de l'éthanol (74 % et 24%) de volume et de (80% et 40%) de concentration. à l'obscurité (pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière). Après 48h on procède à la lecture des densités optiques des solutions avec un spectrophotomètre (UV), à trois longueurs d'ondes : (645 ,470 et 663 nm). La détermination des teneurs réalisée selon les formules :

$$\text{➤ Chl (a)}(\mu\text{g/g MF}) = 12,7 \times \text{DO}_{(663)} - 2,49 \times \text{DO}_{(644)} \times V / (1000 \times W).$$

$$\text{➤ Chl (b)} (\mu\text{g/g MF}) = 22,9 \times \text{DO}_{(644)} - 4,68 \times \text{DO}_{(663)} \times V / (1000 \times W).$$

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

Chapitre I

Généralité sur les cultures

Chapitre II

La nutrition hydrominérale

Chapitre III

La fertilisation et la fertirrigation

Chapitre IV

Matériel et méthodes

Chapitre V

Résultats et discussion

Annexes

Référence bibliographique

Partie bibliographique

Partie expérimentale



Conclusion

Introduction

Conclusion

L'optimisation de la production des plantes cultivées peut se faire par une fertilisation adéquate et raisonnée tout en protégeant la santé humaine et l'environnement avec ses ressources naturelles. Pour assurer une bonne nutrition minérale des plantes et atteindre des rendements appréciables, l'homme s'est orienté vers l'utilisation des engrais chimiques de synthèse pour fournir les différents éléments nécessaires à la croissance et au développement des végétaux.

Notre étude a montré que les traitements dont l'irrigation avec la solution nutritive apporté tous les trois jours présentent les meilleurs résultats au niveau de tous les paramètres étudiés dont l'effet de l'incorporation de la solution nutritive a été remarquable sur les performances des plantes au niveau de la croissance, le développement et de la production des deux espèces étudiées.

Notre expérimentation a permis de comparer la croissance et la nutrition des deux espèces étudiées concombre et tomate sur des solutions nutritives qui se différenciaient par trois niveaux de concentration de cette solution nutritive (**60%,80% et 100 %**). Les résultats, ont montré que la solution nutritive concentrée a induit un pourcentage élevé de fleurs apparus au stade floraison, pour les traitements irrigués par la solution nutritive durant les cultures. En effet la solution nutritive diluée présente aussi presque les mêmes résultats que celle de la solution nutritive concentré et par contre les traitements irrigués avec de l'eau présenté le plus faible nombre de fleurs et des faibles rendements.

En fin, nos résultats ouvrent des perspectives intéressantes pour les deux cultures « tomate et concombre ». Certainement pour avoir une meilleure croissance et un rendement satisfaisant, il est fondamental d'apportés des fertilisants et des éléments nutritives au plantes en quantités suffisantes pour couvrir leur besoins et ceci au moment opportun afin d'éviter les carences et les désordres physiologiques qui font obstacle à l'amélioration de la production.

Référence Bibliographique

- **Achille C., 2006** :Eléments Nutritifs Pour Les Plantes : Www.Capinov.Fr/File/Cahier-Agronomie.
- **Anonyme ,2005** : Notions De Nutrition Des Plantes Et De Fertilisation Des Sols, Manuel De Formation, Projet Intrants Promotion De l'Utilisation Des Intrants Agricoles Par Les Organisations De Producteurs 7-9P
- **Anonyme 2013** : Ministère De l'agriculture Et De Développement Rural.
- **Anonyme, 2004** : Perspectives De l'alimentation N°2. Une Production Mondiale,
- **Anonyme,2008** :Food And Agriculture Organization Mondiale Pour l'alimentation Et l'agriculture.
- **Athrthou Et Rudish ,1986** :The Tomato Crop.A Scientific Basis For Improvement London Chapman And Hall.661 In Bernard.
- **Barba S,Vanl Dejeudem., Goffau ,M Hilmi,2005** : La Culture De La Tomate Production,Transformation Et Commercialisation,Agrodoc Pp 1-105.
- **Binet P, Brunel J.P.,1967** : « Physiologie Végétale», Tom I , Ed. Doin . Paris, 238p
- **Blanc D,1987** :Les Cultures Hors Sol .Ed I.N.R.A ,Paris.405p.
- **Bovey R.; Baggiolini M.; Bolay A., 1972** : La Défense Des Plantes Cultivées,Bovay E.; Corbaz R.; Mathys G.;Payot, Lausanne 1972.)
- **Brajeul E.Et Al** :Leconcombre,Ed.Ctifl,Septembre 2001,France.
- **Bretonneau J. Et Fauré Y., 1992** : Atlas d'arboriculture Fruitiere, V1., Edition 3^e, Editions Technique Et Documentation Lavoisier, Paris., 289 P.
- **Calmon P., Métivier J., 2003** : Molybdène Et Environnement,Direction De l'environnement Et De l'intervention-Service d'études Du Comportement Des Radionucléides Dans Les Ecotèmes, 6p.

- **Calu, 2006** : Arabidopsisthaliana Et Thellungiellahalophila , Plantes Modèles Dans l'étude Du Stress Salin . Spectro Sciences
- **Chaux C Et Foury C., 1994** : « Production Légumière : Légumineuses Potagères, Légumes Fruits », Tome 3.Ed Tec Et Doc, Lavoisier, 563p.
- **Chaux C,1972** : Production Légumière ,Edition J.B Baillièrè Et Fils ,Paris ,441P.
- **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/DERD,Maroc ,N°57,Pp1-4.
- **Coic Y, (1984)** : Les Cultures Sans Sol. Revue Science Et Vie, Hors-Série N°146. Pp 67-75.
- **Coic Y. Et Lesaint C., 1975**: La Nutrition Minérale En Eau De Plantes Horticulture Avancée, Document Technique S.C.P.A, N °23, Versailles, 21p
- **Coic Y. Et Lesaint C., 1975**: La Nutrition Minérale En Eau De Plantes Horticulture Avancée, Document Technique S.C.P.A, N °23, Versailles, 21p.
- **Cornillon.P, 1985** : Effet De La Température Des Racines Sur l'absorption Des Eléments Par La Tomate. Ann. Argon., 28 (4) Pp 409-423.Département Economique Et Social, 8p.
- **Diehil, R ., 1975** : Agriculture Générale, J . B .Baillièrè ,Paris, 400p
- **Dominique B,Laterroth ,Marchouxg,Candresse T,2009** :Les Maladies De La Tomate :Identifier, Connaitre,Maitriser. Edition Quae,690p.Ed. J. B. Bailliere .Paris 416p .Ed. Lavoisier, 464 P.
- **El Alaoui .S. B, 2009** : Référentiel Pour La Conduite Technique De Tomate. Pp 15
- **Eltez RZ., (2002)**: Effects Of Different EC Levels Of Nutriment Solution Of Greenlossetomatos. Growing. Acta Horticulture. Pp: 573
- **Francis S., (1970)**: Cooperenzymys In Esolatedchloroplasts. Plant Physiol 24:15p.

- **Free J.B., 1993:** Insect Pollination Of Crops. 2Nded. Academic Press. London, 152p
- **Gormley T.R., Maher M.J., (1990):** Tomato Fruit Quality: An Interdisciplinary approach, Prof. Hortic, 107–112pp.
- **Hargrovet T., (2008):** World Fertilizer Prices Soar As Food And Fuel Economics Nerge. (Accessed on 12 January 2008. 254p
- **Havlin, J. L, J. D. Beaton, S. L. Tisdale Et W. L. Nelson, 2005 :** *Soil fertility And Fertilizers: An Introduction To Nutrient Management.* 7th Ed. Pearson education Inc., Uppersaddle River, New Jersey 07458. P45
- **Hellali R., 2002 :** Role Du Potassium Dans La Physiologie De La Plante Atelier Sur La Gestion De La Fertilisation Potassique, Acquis Et Perspectives De La Recherche Institut National Agronomique De Tunisie 6p.
- **Hellerr., Roberte., Claudel., 1998 :** Physiologie végétale. 1. Nutrition. Edit. Dunod, Paris, 322p.
- **Herbst ST., 2001 :** Le Compagnon Du Food Lover Nouvel: Définitions Globale De Près De 6000 Nourriture, Boisson Et Conditions Culinaires. Guide De Cuisson Barronhauppauge, NY: Educational series barron. 470p.
- **Hopkins W.G., (2003) :** Physiologie Végétale. Traduction De La 2ème Edition Américaine Par SERGE R. Ed. De Boeck, P 66-81.
- **Jean-Marie P, 2007 :** La Culture Des Tomates .Edition ARTE MIS, 92p.
- **Johnson G Et Al 2007 :** « Biologie », Ed De Boeck, 782p
- **Khamis S., Lamaze T., Lemoine Y., Et Foyer C., (1990) :** “ Adaptation Of The Photosynthese Apparatus In Maize leaves As A Result Of Nitrogen Limitation : Relationship Between Electron Transport And Carbon Assimilation”, Plant Physiology, 94(3) :1436-1443p.
- **Kolev N., 1974.** Culture Maraichères. Fam. Légumineuses, Haricot. Alger. 15 P.

- **Lajili M., 2009** : Nutrition Minérale Des Plantes, P.P.F. Pp7-20
- **Laumonier, R. 1979** : Cultures Légumières Et Maraichères, Tomiii, Ed, JB Baillière, 1979, Paris, France.
- Letard M Et Patricia E ,1995, : Maitrise De l'irrigation Fertilisante De La Tomate, Ctf. Paris 220p.
- **Marschner H., 1993**: Mineral Nutrition Of Higher Plants. London, Academic Press Ltd, Harcourt Brace & Co. Publishers, P12
- **Maser P, Gierth M, Schroeder JI., 2002** : Molecular Mechanisms Of Potassium And Sodium Uptake In Plants. Plant Soil 247 : Pp 43-54.
- **Morard.P, 1995** : Les Cultures Végétales. Publication Agricole. Paris P 31
- **Ozgen, S., J.P. Palta Et M.D. Kleinhenz, 2006**. Influence Of Supplemental Calcium Fertilization On Potato Tuber Size And Tuber Number. ISHS Acta Horticulturae 619: XXVI International Horticultural Congress: Potatoes, Healthy Food For Humanity: International Developments In Breeding, Production, Protection And Utilization. P45.
- **Papadopoulos I., 1991**: Fertigation In Cyprus And Some Other Countries Of The Near East Region. *Fertigation/Chemigation*. FAO, Pp 67-82.
- **Penningsfelds.A Et Kurzman .T, 1969**: Culture Sans Sol Hydroponiques Et Sur Tourbe, Maison Rustique , Paris , 219p.
- **Pinta M, 1980**: Spectrométrie d'absorption Atomique, Application A l'analyse Chimique, Tome 11, Ed Masson, Pp 378-379.
- **Schwartz C, Muller JC Et Decroux J: (2005)** : Guide De La Fertilisation Raisonnée : Grandes Cultures Et Prairies. Editions France Agricole.
- **Shankaraj.Vanl.Dejeudem.Degoffaum.Hilmiv.Barbara ,2005** : La Culture De La Tomate Production , Transformation Et Comercialisation, Agrod. Pp1-105.

- **Skiredj A ;2006** :Besoins Des Plantes En Eau Et En Eléments Nutritifs,Fertigations :Guide Pour Améliorer La Production Des Cultures,Rabat,1-9.
- **Snoussi .S. A., 2001** : Valorisation Des Eaux Saline Pour La Nutrition Des Plantes Cultivées These Doctorat INA El Harrach, 152 P .
- **Snoussi SA,1980** : Caractérisation De Quelques Substrats Disponible Dans La Région d'alger En Vue De Leur Utilisation En Culture Hydroponique.Thèseingagro.I.N.A,ELHARACH,Alger .P67.
- **Snoussi,2010** : Etude De Base Sur La Tomate En Algérie.Pp53.
- **Soltner D., 1990** : Les Bases De La Reproduction Végétale. Sol, Climat, Plante.
- **Soltner D., 2005** : Les Bases De La Production Végétale, Phytotechnie Générale-Tome III : La Plante Et Son Amélioration. Collection Sciences Et Techniques Agricoles 4eme Edition 304P
- **Soltner.D, 1988** : Les Bases De La Production Végétale Tome II. Le Sol .COLL .SCI . Agri Pp 373-377
- **Stanley A., 1995** : *Soilnutrientbioavailability: A Mechanisticapproach*.Johnwiley And Sons, Inc.P32
- **Varvel G.E., Schepers J.S. Et Francis D.D., 1997** : “Ability For In-Season Correction Of Nitrogendeficiency In Corn Usingchlorophyllmeters”,Soil Science Society Of America Journal, 61(4) :1233-1239pp.
- **Vilain. M, 1993** : Production Végétale .2em Ed , Vol 1 : Les Composantes De La Production.
- **Vilain.M, 1987** : Production Végétale Vol I : Les Composantes De La Production. Ed. J .B . Bailliere . Pari 416 P .
- **Yelle PE. 2006**:Centre De Reference En Agriculture Et Agroalimentaire.Colloque Sur l'irrigation.Québec.Pp34

Références bibliographique

- **Zidane,1989** : .Effet De La Variation De La Dose Et La Forme d'engrais (N.P.K) Sur La Croissance Et Le Développement De La Culture d'aubergine (Solanum melongena) Variété (Node De Valence), P17.
- **Ziegler,2008** : l'hydroponie Ou Culture Hydroponique Maladies Des Plantes . Agriculture Et Ecologie . Pp16

الملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة تأثير المغذيات التفاعل الأسمدة الحل ونسبة مساهمة كل دورة الري ثلاثة أيام من نوعين مختلفة (الخيار، الطماطم)، المزروعة في البيوت المحمية. وفي هذا السياق نحن مصممون آثار ثمانية معالجات لكل نوع مع خمسة التكرار في مجموعه المخصصة العشوائية إلى 40 وحدة تجريبية لكل منها. وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من خلال تجاربنا أن النباتات المروية مع المحلول المغذي جعلت كل ثلاثة أيام (T4، T5، T6، T7، T8) التعبير عن نتائج أفضل بالمقارنة مع العلاج مع الري بالماء فقط، وأنه يطيل من فترة ازدهار في كل من الأنواع يحمل نفس العلاجات أعلى القيم في جميع مراحل التنمية ولجميع المعلمات التحقيق (البيومترية والفسولوجية، والأداء).

الكلمات الدالة: التسميد، المحلول المغذي، الخيار الطماطم و العلاجات

Analyse statistique de la tomate :

1-Paramètres de croissance :

La hauteur finale des plantes :

Tableau de l'ANOVA :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	669,17	7	95,59	39,83	0,0000	0,691	5,79%
Var .résiduelle	76,8	32	2,4				
Var total	745,97	39					

HF	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	68,2	69,6	75,0	76,8	77,8	80,6	78,6	77,2
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,83	1,51	2,0	1,92	2,28	0,54	1,14	1,30
	d	d	c	bc	b	a	b	bc

Le diamètre des tiges :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	9,74	7	1,39	1,61	0,1689	0,154	8,36%
Var .résiduelle	27,7	32	0,86				
Var total	37,44	39					

DT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	10,8	11,6	11,5	11,4	11,8	12,6	12,0	12,0
	±	±	±	±	±	±	±	±
	1,09	0,82	1,11	0,89	0,83	0,54	1,0	1,0
	a	a	a	a	a	a	a	a

Nombre final des feuilles :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	89,175	7	12,739	18,87	0,0000	0,266	15,78%
Var .résiduelle	21,6	32	0,675				
Var total	110,775	39					

Nbr F	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	8,2	8,8	9,8	11,0	11,2	12,8	11,8	11,8
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,83	0,83	0,83	0,70	0,83	0,83	0,83	0,83
	d	cd	c	b	b	a	ab	ab

Poids frais totale :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	248231	7	35461,6	1769,67	0,0000	12,63	13,30%
Var .résiduelle	641,234	32	20,038				
Var total	248872	39					

PFT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	469,98	487,81	567,77	634,72	616,5	694,97	674,32	655,63
	±	±	±	±	±	±	±	±
	11,08 h	3,14 g	4,06 f	2,03 d	1,09 e	1,46 a	1,13 b	1,52 c

Poids sec totale :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	1036,23	7	148,034	22,04	0,0000	0,895	5,07%
Var .résiduelle	214,96	32	6,717				
Var total	1251,2	39					

PST	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	106,39	102,34	111,22	114,33	108,53	118,59	114,76	115,9
	±	±	±	±	±	±	±	±
	2,38 e	3,85 f	4,83 d	0,36 b	1,04 c	2,9 a	0,35 b	0,09 a

Taux de la matière sèche :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	147,78	7	21,11	97,01	0,0000	0,314	10,57%
Var .résiduelle	6,96	32	0,217				
Var total	154,74	39					

TMS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	22,71	20,97	19,53	17,98	17,63	17,20	17,02	17,67
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,51 a	0,76 b	0,75 c	0,04 d	0,15 de	0,52 de	0,05 e	0,03 de

Paramètres de rendement :

Nombre finale de fleurs :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	52,0	7	7,428	4,24	0,0021	0,263	7,74%
Var .résiduelle	56,0	32	1,75				
Var total	108,0	39					

NFF	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	19,2	20,6	21,4	22,6	21,8	23,2	21,8	21,4
	±	±	±	±	±	±	±	±
	1,78	1,67	0,89	0,89	1,30	0,83	1,48	1,34
	b	ab	ab	a	a	a	a	ab

Nombre finale des fleurs nouées :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	352,57	7	50,36	21,10	0,0000	0,524	19,48%
Var .résiduelle	76,4	32	2,38				
Var total	428,97	39					

NFFn	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	13,0	13,4	13,8	18,0	18,8	21,4	19,4	18,4
	±	±	±	±	±	±	±	±
	2,0	2,19	0,83	1,22	1,09	1,94	1,34	1,14
	c	c	c	b	b	a	b	b

Poids des fruits récoltés :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	4,847 E6	7	692461	29,51	0,0000	59,90	25,71 %
Var .résiduelle	750947	32	23467,1				
Var total	5,598 E6	39					

PF r	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	863,68	1098,08	1339,25	1564,09	1767,11	1928,8	1834,14	1390,84
	±	±	±	±	±	±	±	±
	116,65	86,71	31,4587	63,60	111,58	72,74	86,69	369,20
	d	c	b	b	a	a	a	b

Nombre de fruits récoltés :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	632,0	7	90,28	65,07	0,0000	0,658	26,3%
Var .résiduelle	44,4	32	1,38				
Var total	676,4	39					

NFr	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	8,4	11,2	13,8	17,8	18,8	20,6	18,8	17,0
	±	±	±	±	±	±	±	±
	1,34	1,30	0,83	1,30	1,09	1,34	0,83	1,22
	e	d	c	b	ab	a	ab	b

Taux d'avortement :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	9792,97	7	1399,0	40,49	0,0000	2,643	61,6%
Var .résiduelle	1105,62	32	34,55				
Var total	10898,6	39					

Taux A	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	56,15	45,68	35,35	21,05	13,63	11,16	13,47	20,49
	±	±	±	±	±	±	±	±
	7,0	3,41	5,86	7,83	5,0	5,65	6,48	4,57
	a	b	c	d	d	d	d	d

Poids finale des fruits récoltés :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	4,51 E9	7	6,44 E8	65,78	0,0000	1758,9	45,1%
Var résiduelle	3,13 E8	32	9,80 E6				
Var total	4,82 E9	39					

Taux A	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	7265,13	12277,0	18477,4	27853,6	33255,5	39714,5	34489,3	23635,5
	±	±	±	±	±	±	±	±
	1494,74	1600,85	1129,18	2512,56	3274,41	2629,91	2377,54	6536,91
	g	f	e	c	b	a	b	d

Paramètres de qualité :

Taux de sucre :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	8,59	7	1,22	89,35	0,0000	0,126	14,93%
Var résiduelle	0,22	16	0,013				
Var total	8,81	23					

Taux S	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	3,26	3,46	3,73	4,0	4,2	4,93	4,83	4,73
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,11	0,11	0,11	0	0,2	0,11	0,05	0,11
	d	d	c	b	b	a	a	a

Taux de chlorophylle a (05/02/2016) :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	0,62848	7	0,0897	5776,92	0,0000	0,0337	10,14%
Var résiduelle	0,00024	16	0,0000155				
Var total	0,62873	23					

CHL a	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	1,37	1,43	1,51	1,67	1,73	1,88	1,717	1,71
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,004	0,002	0,004	0,001	0,004	0,004	0,003	0,004
	h	g	f	e	b	a	c	d

Taux de chlorophylle b (05/02/2016) :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	0,4975	7	0,071	336,03	0,0000	0,0301	15,65%
Var résiduelle	0,0033	16	0,00021				
Var total	0,5009	23					

CHL b	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	0,697	0,735	0,884	1,003	1,0006	1,072	1,098	1,049
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,006	0,008	0,006	0,005	0,009	0,008	0,006	0,036
	f	e	c	c	c	b	a	b

Taux de chlorophylle a (24/02/2016) :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	1,419	7	0,202	26456,1	0,0000	0,0507	13,70%
Var résiduelle	0,00012	16	0,00000766				
Var total	1,419	23					

CHL a	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	1,379	1,482	1,704	1,937	1,952	2,043	2,042	1,964
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,003	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001	0,004	0,001
	g	f	e	d	c	a	a	b

Taux de chlorophylle b (24/02/2016) :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	0,3915	7	0,0559	1787,36	0,0000	0,026	13,36%
Var résiduelle	0,00050	16	0,00003				
Var total	0,392	23					

CHL b	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	0,781	0,781	0,920	1,012	1,053	1,153	1,062	1,049
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,004	0,006	0,004	0,004	0,003	0,004	0,010	0,003
	f	f	e	d	bc	a	b	c

Taux de chlorophylle a (23/04/2016) :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	0,4475	7	0,063	2779,91	0,0000	0,028	10,19%
Var résiduelle	0,0003	16	0,000023				
Var total	0,4479	23					

CHL a	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tomate	1,054	1,264	1,367	1,436	1,445	1,491	1,472	1,424
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,002	0,001	0,001	0,003	0,002	0,010	0,004	0,005
	h	g	f	d	c	a	b	e

Taux de chlorophylle b (23/04/2016) :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	2,2819	7	0,325	11926,5	0,0000	0,0643	48,6%
Var résiduelle	0,00043	16	0,00002				
Var total	2,2823	23					

CHL b	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	0,086	0,182	0,697	0,711	0,844	0,954	0,901	0,807
	±	±	±	±	±	±	±	±
Tomate	0,006	0,005	0,004	0,002	0,006	0,001	0,006	0,006
	h	g	f	e	c	a	b	d

Analyse statistique de concombre :

1-Paramètres de croissance :

La hauteur finale des plantes :

Tableau de l'ANOVA :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	9853,2	7	1407,6	190,22	0,0000	2,543	11,82%
Var .résiduelle	236,8	32	7,4				
Var total	10090,0	39					

HF	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Concombre	103,8	117,4	135,2	140,6	146,0	149,8	149,4	145,8
	±	±	±	±	±	±	±	±
	5,63	2,60	2,16	1,34	2,44	2,16	0,89	1,64
	e	d	c	b	a	a	a	a

Le diamètre des tiges :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	71,1	7	10,15	14,77	0,0000	0,244	14,21%
Var .résiduelle	22,0	32	0,68				
Var total	93,1	39					

DT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Concombre	8,0	9,6	10,6	11,2	11,4	12,2	12,0	11,8
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,70	0,89	0,54	0,83	0,89	1,09	0,70	0,83
	d	c	bc	ab	ab	a	ab	ab

Nombre final des feuilles :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	388,8	7	55,54	54,19	0,0000	0,519	11,99%
Var .résiduelle	32,8	32	1,02				
Var total	421,6	39					

Nbr F	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Concombre	21,6	22,8	27,8	29,0	29,2	30,8	29,4	28,6
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,89	1,30	1,30	0,70	0,83	0,83	1,14	0,89
	c	c	b	b	b	a	b	b

Poids frais totale :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	220645	7	31520,6	24321,6	0,0000	11,89	40,1%
Var .résiduelle	41,47	32	1,29				
Var total	220686	39					

PFT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Concombre	72,92	96,95	123,13	200,7	234,52	290,55	245,54	235,29
	±	±	±	±	±	±	±	±
	1,27	1,25	0,77	1,12	0,97	0,76	1,24	1,49
	g	f	e	d	c	a	b	c

Poids sec totale :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	5563,99	7	794,85	19385,6	0,0000	1,888	34,6%
Var .résiduelle	1,31	32	0,041				
Var total	5565,31	39					

PST	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Concombre	16,85	20,26	24	35,94	41,63	51,58	43,92	41,92
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,32	0,27	0,21	0,25	0,15	0,08	0,08	0,06
	h	g	f	e	d	a	b	c

Taux de la matière sèche :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	138,41	7	19,77	2734,65	0,0000	0,298	9,88%
Var .résiduelle	0,231	32	0,0072				
Var total	138,64	39					

TMS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Concombre	23,11	20,90	19,49	17,91	17,75	17,75	17,88	17,81
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,08	0,10	0,10	0,05	0,03	0,01	0,10	0,11
	a	b	c	d	e	e	de	de

Paramètres de rendement :

Nombre finale de fleurs :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	543,5	7	77,64	103,52	0,0000	0,603	41,2%
Var .résiduelle	24,0	32	0,75				
Var total	567,5	39					

NFF	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Concombre	4,4	4,8	4,8	10,0	11,6	13,8	12,6	12,0
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,54	0,83	0,83	1,0	0,54	0,83	1,14	1,0
	d	d	d	c	b	a	b	b

Nombre finale des fleurs nouées :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	651,1	7	93,01	82,68	0,0000	0,663	53,46%
Var .résiduelle	36,0	32	1,12				
Var total	687,1	39					

NFFn	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Concombre	3,0	2,6	3,2	8,0	10,6	13,2	11,4	10,8
	±	±	±	±	±	±	±	±
	1,0	1,14	0,83	1,0	0,54	0,83	1,51	1,30
	d	d	d	c	b	a	b	b

Poids des fruits récoltés :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	82467,5	7	11781,1	1427,64	0,0000	7,282	20,76%
Var .résiduelle	264,067	32	8,25				
Var total	82731,6	39					

PF r	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Concombre	147,06	164,22	187,43	244,88	251,10	273,58	266,78	239,58
	±	±	±	±	±	±	±	±
	1,26	1,24	0,91	1,42	1,65	1,12	4,14	6,22
	h	g	f	d	c	a	b	e

Nombre de fruits récoltés :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	730,3	7	104,32	170,33	0,0000	0,693	62,1%
Var résiduelle	19,6	32	0,612				
Var total	749,9	39					

NFr	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Concombre	1,2	1,6	2,4	8,0	9,8	12,2	11,0	10,2
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,44	0,54	0,89	0,70	0,44	0,83	1,22	0,83
	d	d	d	c	b	a	b	b

Taux d'avortement :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	15,5	7	2,21	8,86	0,0000	0,122	34,5%
Var résiduelle	8,0	32	0,25				
Var total	23,5	39					

Taux A	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Concombre	3,2	3,2	2,4	2,4	1,8	1,6	1,6	1,8
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,44	0,44	0,54	0,54	0,44	0,54	0,54	0,44
	a	a	b	b	c	c	c	c

Poids finale des fruits récoltés :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	5,65 E7	7	8,07E6	228,63	0,0000	192,21	69,8%
Var résiduelle	1,12 E6	32	35307,4				
Var total	5,76 E7	39					

Taux A	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Concombre	176,66	262,83	450,13	1860,84	2460,78	3337,56	2936,41	2442,55
	±	±	±	±	±	±	±	±
	66,72	90,21	168,0	130,11	112,4	227,68	349,68	194,83
	e	e	e	d	c	a	b	c

Paramètres de qualité :

Taux de sucre :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	2,232	7	0,318	19,14	0,0000	0,067	18,52%
Var résiduelle	0,266	16	0,016				
Var total	2,499	23					

Taux S	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Concombre	1,26	1,33	1,73	2,06	1,86	2,13	2,03	1,8
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,11	0,05	0,11	0,11	0,11	0,11	0,15	0,2
	f	f	e	b	c	a	c	d

Taux de chlorophylle a (05/02/2016) :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	0,502	7	0,071	3329,71	0,0000	0,030	8,57%
Var résiduelle	0,0003	16	0,000021				
Var total	0,503	23					

CHL a	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Concombre	1,482	1,563	1,693	1,707	1,827	1,967	1,836	1,72
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,008	0,001	0,005	0,001	0,006	0,003	0,003	0,003
	h	g	f	e	c	a	b	d

Taux de chlorophylle b (05/02/2016) :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	0,821	7	0,117	3005,34	0,0000	0,038	22,22%
Var résiduelle	0,0006	16	0,00003				
Var total	0,821	23					

CHL b	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Concombre	0,524	0,606	0,796	0,883	1,003	1,044	1,054	0,893
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,003	0,006	0,006	0,008	0,008	0,006	0,006	0,002
	f	e	d	c	b	a	a	c

Taux de chlorophylle a (24/02/2016) :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	0,583	7	0,083	223,02	0,0000	0,032	8,71%
Var résiduelle	0,005	16	0,0003				
Var total	0,589	23					

CHL a	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Concombre	1,603	1,638	1,742	1,788	1,955	2,022	2,002	1,954
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,001	0,004	0,01	0,014	0,051	0,004	0,003	0,003
	f	e	d	c	b	a	a	b

Taux de chlorophylle b (24/02/2016) :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	0,536	7	0,076	18,78	0,0000	0,033	21,05%
Var résiduelle	0,065	16	0,004				
Var total	0,601	23					

CHL b	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Concombre	0,588	0,642	0,794	0,611	0,693	1,002	0,964	0,846
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,008	0,003	0,09	0,09	0,12	0,003	0,01	0,003
	d	d	bc	d	c	a	a	b

Taux de chlorophylle a (23/04/2016) :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	2,225	7	0,317	35815,4	0,0000	0,063	23,7%
Var résiduelle	0,00014	16	0,0000088				
Var total	2,225	23					

CHL a	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Concombre	0,848	0,912	1,077	1,268	1,564	1,588	1,622	1,583
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,003	0,001	0,004	0,0005	0,0005	0,005	0,003	0,001
	h	g	f	e	d	b	a	c

Taux de chlorophylle b (23/04/2016) :

Source de variation	S.C.E	DDL	CM	Test F	PROBA	ET	C.V %
Var Facteur 1	1,0861	7	0,1551	4507,00	0,0000	0,0443	41,9%
Var résiduelle	0,0005	16	0,000034				
Var total	1,0866	23					

CHL b	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	0,288	0,287	0,425	0,557	0,706	0,967	0,477	0,439
	±	±	±	±	±	±	±	±
Concombre	0,006	0,003	0,004	0,001	0,004	0,011	0,003	0,006
	g	g	f	c	b	a	d	e