

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

**UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER ACADEMIQUE EN SCIENCES DE LA NATURE ET
DE LA VIE**

Spécialité : Biotechnologie végétale

Thème

**EFFET D'UNE SOLUTION NUTRITIVE DE BASE
SUR LA CROISSANCE DES PLANTULES TOMATE
VARIETE « SAINT PIERRE » SOUS SERRE**

Présentée par :

Mme : OULD SLIMANE HASSIBA

Devant le jury composé de :

Mr. SNOUSSI.S.A. Professeur,	USD. Blida	Promoteur
Mme. ABDUL HUSSAINE.M.S.	MCA, Blida	Présidente
Mr. ZOUAOUI.A	MA. Blida	Examineur

Année Universitaire 2012/2013.

Remerciements

Je remercie Dieu tout puissant qui nous a donné la force et la santé afin d'accomplir ce modeste travail.

Je tiens à remercier mon promoteur Mr Snoussi S.A d'une part pour m'avoir donné la possibilité de réaliser cette thèse et d'autre part pour la grande autonomie et la confiance qu'il a eu à mon égard pendant ce travail.

Je remercie vivement Mme ABDUL-HUSSAINE M. S qui m'a fait l'honneur de présider le jury.

Mes remerciements vont aussi à Mr Zouaoui A pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Qu'il me soit permis également de remercier mes amis Benaimeche Leila, Takarli Faiza, El Gholem imene pour leurs précieuses aides.

J'adresse mes remerciements a Mr Djazouli Z.E et Mme Sahraoui Faiza qui ont collaboré à la réalisation des analyses statistique.

Un grand merci aux personnes les plus chères au monde, à mes parents qui m'ont soutenu jusqu'à la dernière minute, et qui m'ont donné la force et le courage de continuer sur ce chemin.

Un merci tout spécial à mon mari, Karim, pour son soutien, sa patience, et ses encouragements qui m'ont apporté tout au long de ce travail.

Enfin, je tiens à remercier toutes personnes ayant participé de loin ou de prêt à la réalisation de ce travail.

DEDICACES

*Merci à mon DIEU qu'il m'a donné la force pour accomplir ce mémoire
Avec les sentiments de la plus profonde humilité, je dédie ce modeste travail aux
plus chères personnes de ma vie :*

*A mes chers parents qui m'ont apporté leur soutien moral dans les moments
Difficiles ;*

*A mes deux trésors, qui sont la source de mon inspiration et ma présence dans
la vie ; Lydia et Nadine*

A mon très cher mari karim

A mes frères et mes sœurs

Mes nièces et neveux

A mes collègues : Leila, Faiza, Nadia, et ma plus chère amie Kheira

A Monsieur Arab qui m'a apporté son soutien moral

Résumé

Notre travail consistait à étudier le comportement de la tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) variété Saint pierre cultivée sur sol enrichi d'une fertigation à deux fréquences d'apport dans le cycle d'irrigation.

A travers notre étude, la réponse de cette variété aux trois traitements, nous a permis de déduire selon les mesures biométriques et biochimique mesurés que l'apport de la solution nutritive tous les trois jours a présenté les meilleures performances pour l'ensemble des paramètres étudiés (croissance, production et teneur en chlorophylle dans les feuilles).

A l'inverse les plantes irriguées par l'eau de Blida uniquement, ont présenté un aspect chétif suite à l'insuffisance de ce milieu en éléments nutritifs nécessaire à la bonne croissance des plantes.

Mot clé : solution nutritive- tomate -saint pierre - chlorophylle.

Abstract

Our work consisted in studying the behavior of the tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) variety Saint Peter cultivated on ground enriched by a fertigation with two frequencies of contribution in the cycle of irrigation.

Through our study, the answer of this variety to three treatments (processings), allowed us to deduct according to the biometric measures and biochemical measured that the contribution of the nourishing solution every three days presented the best performances for all the studied parameters (growth, production and content in chlorophyll in sheets (leaves)).

On the contrary plants irrigated by the water of Blida only presented a sick aspect further to the insufficiency of this nourishing environment (middle) in elements necessary for the good growth of plants.

Key words: Nutritive solution, Tomato "Saint-pierre"-chlorophyll.

ملخص

عملنا يتمثل في دراسة سلوك نبتة البندورة (*lycopersicum esculentum*) ميل نوع سانت بيتر المزروعة في تربة غنية يمكننا تخصيبها بعملية الري بالتقطير مع الترددات في عملية الري.

ومن خلال دراستنا نستنتج ان الإستجابة لهذا النوع النباتي نحو المحلول المغذي كانت كالتالي:

من حيث المقاييس البيوميترية و البيوكيميائية نستطيع القول أن هذا النوع النباتي يتأثر بطريقة ايجابية عندما تكون اضافت المحلول المغذي كل ثلاثة ايام.

على العكس فان النباتات المسقية بمياه البلدية لم تعطي نتاج جيدة لفقير هذه الاخيرة للاملاح المعدنية اللازمة.

الكلمات الدالة: محلول مغذي, بندورة, سان بيار, كلوروفيل.

Sommaire

Introduction	01
PARTIE I.ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
Chapitre I. Culture de la tomate	
1-Généralités sur la tomate.....	02
2-Importance économique et production mondiale de la tomate	03
3- Production actuelle de la tomate en Algérie	04
4- Utilisation de la tomate.....	05
5- Exigences de la culture de tomate.....	06
5.1- Exigences climatiques	06
5.1.1- Température.....	06
5.1.2- Lumière.....	06
5.1.3- Humidité.....	06
5.2- Exigences hydriques.....	07
5.3- Exigences édaphiques.....	07
5.4- Exigences nutritionnelles	07
6-Principales maladies de la tomate.....	07
6.1-Maladies cryptogamiques.....	08
6.2. Maladies bactériennes et virales.....	09
6.3- Principaux parasites de la tomate	10
7- Désordres physiologiques observés sur la tomate :	12
Chapitre II. La nutrition hydrominérale	
1-Quelques généralités sur la nutrition hydrominérale des plantes.....	13
1.1- Généralités	13
1.2- Les besoins hydrominéraux des plantes	13
1.2.1- La nutrition hydrique	13
1.2.2- La nutrition minérale des plantes	14
A-Trois éléments organiques.....	14
B-Six éléments minéraux majeurs.....	14
1- L'azote	14
2-Le potassium.....	15
3-Le phosphore.....	15

4- Le calcium	15
5- Le magnésium	16
6- Le soufre	16
C- Sept éléments minéraux mineurs	17
1- Le fer	17
2- Le cuivre	16
3- Le bore	17
4- Le molybdène	17
5- Le zinc	18
6- Le manganèse	18
7- Le silicium	19
Chapitre III. Fertigation	
1- Définition de la technique	20
2- Le principe de la fertigation	20
3- La solution nutritive	21

PARTIE II. ETUDE EXPERIMENTALE

Chapitre I. Matériels et Méthodes

1- Objectif d'expérimentation	23
2- Matériel et méthode	23
2.1- Matériel végétal	23
2.2- Conditions expérimentales	23
2.2.1- Lieu de l'expérience	23
2.2.2- Le substrat	25
2.2.3- Conteneurs	25
2.2.4- La pré germination et repiquage	26
2.2.5- Dispositif expérimental	27
2.3- Traitements utilisés	28
2.3.1- Caractéristique de l'eau de Blida	28
2.3.2- Correction de l'eau de Blida	29
2.3.3- Formulation et préparation de la solution nutritive	30
2.4- Entretien de la culture	34
2.4.1- Irrigation	34
2.4.2- Doses et fréquences d'irrigation	34

2.4.3- Traitements phytosanitaires	34
2.4.4- Aération.....	35
2.4.5- Palissage.....	35
2.4.6- Ebourgeonnage.....	35
2.4.7- Binage.....	35
2.5- Les paramètres biométriques mesurés.....	35
2.5.1- Paramètres morphologiques.....	35
2.5.1.1- La vitesse de croissance.....	35
2.5.1.2- hauteur finale des plantes.....	35
2.5.1.3- Diamètre des tiges.....	36
2.5.2- Biomasse fraîche produite.....	36
2.5.3- Biomasse sèche produite.....	36
2.5.4- Le taux de matière sèche.....	36
2.5.5- Paramètres de production mesurés :	36
2.5.5.1- Nombre des fleurs produites.....	36
2.5.5.2- Nombre de fruits formés.....	36
2.5.6- Estimation de la production de tomate :.....	37
2.6- Dosage d'un paramètre biochimique : la chlorophylle.....	37
Chapitre II. Résultats et Discussion	
1. Aspect général des plantes de tomate	38
2- Paramètre de croissance	39
2-1 La vitesse de croissance des plants	39
2.2- Hauteur finale des plantes	40
2.3- Diamètre final des plants	41
2.4- Nombre des feuilles par plant	42
2.5- Poids frais total des plants.....	43
2.6- Poids frais des feuilles.....	43
2.7- Poids frais des tiges.....	44
2.8- Poids sec des feuilles.....	45
2.9- Poids sec des tiges.....	45
2.10- Poids sec total des plants.....	46
2.11- Taux de matière sèche des feuilles	46
2.12- Taux de matière sèche des tiges	47
2.13- Taux de matière sèche des plants	48

3- Quantité de la chlorophylle	49
4-Paramètres de production.....	50
4.1- Nombre de fleurs	50
4.2- Nombre de fruits.....	51
4.3- Taux d'avortement.....	51
4.4- Estimation de la production	52
4.5-Diamètre des fruits	52
Conclusion	54

Liste des tableaux

Tableau N°01 : Production mondiale de la tomate en 2007.....	03
Tableau N°02 : Evolution de la tomate maraichère en Algérie entre 2001-2009.....	04
Tableau N°03 : Composition chimique de fruit de tomate en (%)......	05
Tableau N°04 : Les maladies cryptogamique de la culture de tomate, leurs traitements possibles et les conseils pratiques.....	08
Tableau N°05 : Les maladies bactériennes et virales de la culture de tomate, leurs traitements possibles et les conseils pratiques.....	09
Tableau N°06 : Moyennes des températures par semaine enregistrées sous serre en (C°).....	25
Tableau N°07 : Teneur des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida.....	29
Tableau N°08 : Les besoins et l'apport des cations (K, Ca et Mg) en meq/l.....	31
Tableau N°09 : Composition de l'eau de Blida pH = 7.8.....	32
Tableau N°10 : Eau de Blida transformée en solution nutritive de base à pH = 5,8.....	32
Tableau N°11 : Composition de solutions mères complémentaires d'oligo-élément A et B.....	33
Tableau N°12 :Doses et fréquences nécessaires pour la culture de tomate.....	34
Tableau N°13 : Hauteur finale des plantes [cm].....	40
Tableau N°14 : Diamètre final des tiges [mm].....	41
Tableau N°15 : Nombre des feuilles par plant.....	42
Tableau N°16 : Poids frais total des plants (feuille +tige) (g).....	43
Tableau N°17 : Poids frais des feuilles (g).....	43
Tableau N°18 : Poids frais des tiges (g).....	44
Tableau N°19 : Poids sec des feuilles (g).....	45
Tableau N°20 : Poids sec des tiges (g).	45
Tableau N°21 : Poids sec des plants (feuille+tige) (g).....	46
Tableau N°22 : Taux de matière sèche des feuilles [%].....	47
Tableau N°23 : Taux de matière sèche des tiges [%].....	47
Tableau N°24 : Taux de matière sèche des plants [%].....	48
Tableau N°25 : Quantité de la chlorophylle.....	49
Tableau N°26 : Nombre de fleurs (B1+B2).....	50
Tableau N°27 : Nombre de fruits (B1+B2).....	51

Tableau N°28: Taux d'avortement (%).....	51
Tableau N°29: Estimation de la production en (g).....	52
Tableau N°30 : Diamètre des fruits (mm).....	52

Liste des figures

Figure N° 01: Vue du site expérimental (Anonyme, 2012).

Figure N°02 : Essai de germination des graines de tomate.

Figure N°03 : Aspect général des plantules de tomate au début des traitements.

Figure N°04 : Schéma du dispositif expérimental.

Figure N°05 : Vue du dispositif Expérimental.

Figure N°06 : Aspect général des plantes de tomate en cours d'expérience.

Figure N°07: Vitesse de croissance des plantes (cm/j).

La liste des abréviations

ITICMI : institut technique de cultures maraichères et industrielles

Meq/l : milliéquivalent par litre

µg/g MF: microgramme par gramme de la matière fraîche

MF : matière fraîche

MS : matière sèche

pH : potentiel hydrogène

T1, T2, T3: traitements utilisés.

(a, b, c) : groupes homogènes

P : probabilité

Qx: quintal

Ha: hectare

Gr/L: gramme/litre

UV: ultra violé

nm: nanomètre

chl: chlorophylle

VC: vitesse de croissance

j : jour

H: hauteur

D: diamètre

B1+B2: bouquet 1+bouquet 2

PS: poids sec

PF: poids frais

TA : Taux d'avortement

PARTIE I

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

INTRODUCTION

Introduction :

Les légumes frais ont pris de nos jours, une importance prépondérante dans l'alimentation humaine. Il est en effet admis de manière incontestable aujourd'hui que l'usage abondant de légumes constitue un facteur essentiel d'un bon équilibre physiologique. La tomate est aujourd'hui l'une des cultures légumières les plus répandues et les plus importantes économiquement. On la cultive en annuelle dans la plupart des pays, et elle constituée d'une source alimentaire riche en minéraux et en vitamine. (LAUMONNIER, 1979).

En Algérie, la culture de la tomate possède un intérêt considérable puisqu'elle occupe la deuxième place en maraîchage après la pomme de terre. Les producteurs accordent une grande importance à cette culture. Celle-ci est cependant confrontée à une multitude de problèmes, parmi lesquelles nous citons: l'érosion des sols, les inondations, les maladies bactériennes, la grande variabilité saisonnière, l'absence ou l'utilisation irrationnelle et abusive des engrais chimiques et enfin la non maîtrise des techniques d'irrigation.

Cependant une technique très intéressante vient de s'imposer :

C'est la fert-irrigation ou fertigation en hors sol en utilisant une solution nutritive suffisamment diluée pour éviter des risques d'intoxication et de phytotoxicité nécessitant des doses importantes pour satisfaire la totalité des besoins au cours de cycle végétatif.

La plante de tomate parvient à ses besoins minéraux essentiellement par absorption racinaire. Les éléments minéraux sont transportés vers les différentes parties de la plante, notamment dans les feuilles où se réalise la photosynthèse.

Les produits élaborés sont redistribués dans toute la plante en assurant sa croissance et son développement. La production en quantité et en qualité d'une culture de tomate est fortement influencée par son alimentation en éléments minéraux.

A ce titre, il nous a paru intéressant d'étudier l'effet de l'adjonction et de la fréquence d'une solution nutritive dans le cycle des irrigations sur la croissance de la tomate variété saint pierre.

CHAPITRE I

LA CULTURE DE LA TOMATE

1-Généralités 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 (Atherton et Rudish, 1986). C'est une plante herbacée, vivace à l'état naturel, et annuelle en culture.

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 *Lycopersicum esculentum* (Jean-Marie, 2007).

Les premières recherches variétales débuteront au 20ème siècle, pour produire des tomates plus régulières, plus productives, et plus résistantes aux maladies. Les modes de production évoluent également la production de tomates 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).

Ses feuilles sont alternes et sans stipules. Elles sont composées, pennées, à 7,9 ou 11 segments ovales, incisés ou dentelés grossièrement et alternant avec des segments plus petits. Les fleurs sont actinomorphes, autogames, de couleur jaune et pentamères. Les fruits sont traditionnellement sphériques et rouges. Ils peuvent être de diverses tailles, couleurs et formes. Il existe ainsi des variétés blanches, jaunes, oranges ou noires violacées (Jean-Marie, 2007).

Selon Chaux et Foury (1994), les graines sont petites (300 à 400 graines par g), rondes, de couleur jaunâtre à grisâtre, souvent poilues. Le cycle complet de graine à graine est de 90 à 120 jours en conditions optimales. Suivant les variétés, la première fleur apparaît 50 à 60 jours après le semis et il faudra encore de 55 à 70 jours après l'apparition de fleur pour que la tomate soit mûre (Jean-Marie, 2007).

D'après Chaux (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 technologique.

2-Importance économique et production mondiale de la tomate :

Selon Dominique et al (2009), la tomate est après la pomme de terre, le légume le plus consommé dans le monde, soit frais soit après transformation. Elle est cultivée sous toutes les latitudes dans des conditions très variées, ce qui démontre une grande plasticité originelle et témoigne de l'efficacité du travail des sélectionneurs.

Tableau N°01 : Production mondiale de la tomate en 2007.

Pays	Production (10 ³ tonnes)	(%)	Pays	Production (10 ³ tonnes)	(%)
Monde	124 875	100%	Ouzbékistan	1 317	01,05%
Chine	31 644	25,34%	Maroc	1 206	00,96%
USA	11 043	08,84%	Portugal	1 085	00,86%
Turquie	10050	08,04%	Nigeria	1 057	00,84%
Inde	8 586	06,87%	Algérie	1 023	00,81%
Egypte	7 600	06,08%	Syrie	946	00,75%
Italie	7 187	05,75%	Canada	839	00,67%
Iran	4 781	03,82%	Cuba	803	00,64%
Espagne	4 651	03,72%	France	790	00,63%
Brésil	3 453	02,76%	Japon	758	00,60%
Mexique	2 800	02,24%	Argentine	660	00,52%
Russie	2 296	01,83%	Hollande	660	00,52%
Grèce	1 712	01,37%	Roumanie	627	00,50%
Ukraine	1 472	01,17%	Autres	14869	12,06%
Tunisie	960	00,76%			

(FAO in Snoussi ,2010)

Selon le tableau 01, les deux premiers pays producteurs mondiaux sont la Chine avec 25,34 % suivie des Etats-Unis avec 08,84 % totalisant plus de 10 millions de tonnes de tomates produites chaque année, la Turquie occupe le troisième rang mondial. De nombreux pays tels que l'Egypte, L'Inde, l'Iran, le Brésil, le Maroc et la Grèce produisent également chaque année plus d'un million de tonnes de tomates. Enfin, des pays comme la France et les Pays-Bas ont une production plus modeste de quelques centaines de milliers de tonnes (Snoussi ,2010).

3- Production actuelle de la tomate en Algérie :

La culture de la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole algérienne. Près de 33 000 ha sont consacrés annuellement à la culture de tomate (maraîchère et industrielle), donnant une production moyenne de 11 millions de quintaux et des rendements moyens d'environ 311 Qx/ha (MADR ; 2009).

Ces derniers demeurent faibles et assez éloignés de ceux enregistrés dans d'autres pays du bassin méditerranéen (Tunisie, Maroc, Espagne, France, Italie) producteurs de tomate, où les rendements varient entre 350 Qx/ha à 1500 Qx/ha (FAO, 2008).

Tableau N°02 : Evolution de la tomate maraichère en Algérie entre 2001-2009.

Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Superficies Ha	16760	17820	18650	19432	21089	2043	20079	19655	20789
Productions Qx	3735340	4013640	4569330	5121950	5137280,4	5489336	5673134	5592491	6410343
Rendements Qx/Ha	222,87	225,20	245,00	263,60	243,60	268,60	282,50	284,50	308,00

(FAO in Snoussi, 2010)

Les données du tableau 02 montrent une augmentation de la superficie et de la production due à la consommation élevée de ce légume notamment à compter de l'année 2004 qui se stabilisent aux alentours de 20000Ha avec une production moyenne de 5.570755 Qx. L'accroissement de la superficie de 15,94% a engendré une augmentation de la production de 37,12% par rapport à l'année 2001. Cette augmentation de la production n'est pas liée uniquement à l'augmentation des superficies mais aussi aux techniques utilisées dans le calendrier cultural et l'entretien de la culture qui se sont améliorées progressivement.

Selon (Snoussi, 2010) les principales contraintes de production de la tomate maraichère peuvent être résumées comme suit :

- Le faible encadrement et même l'absence par les vulgarisateurs dans certaines exploitations agricoles
- Faible utilisation des nouvelles techniques de production, semences sélectionnées, plants certifiés
- Non respect du calendrier cultural
- Absence de traitements préventifs contre les attaques parasitaires
- Faible taux de couverture des besoins en eau, alors que c'est une espèce exigeante en eau 4000 à 5000m³/Ha
- Circuit commercial mal organisé (offre excédentaire ou déficitaire selon les années, ce qui se répercute sur les prix)

4- Utilisation de la Tomate :

La tomate tient une place importante dans l'alimentation humaine. Elle s'utilise en frais, en salade et en jus, ou transformée, sous forme de purée, de concentré, de condiment et de sauce.

Des industries de transformation de la tomate sont implantées dans toutes les régions du monde et sont approvisionnées par des milliers d'hectares de cultures mécanisées (Jaiszal, 1997 in Aribi ,2010).

Tableau N°03 : composition chimique de fruit de tomate en (%)

Eau	95				
Matières sèches totales	Matières sèches solubles	Sucres (glucoses, fructose)	5	79	5
		Acides (citrique, mantique)	12		
		Sels minéraux	7		
		Pigments caroténoïdes* Pesés volatils, vitamines**	5		
	Matières sèches insolubles (cellulose, matières pectiques)	21			

(Dominique et al,2009)

*pigments jaunes, oranges (béta carotène= provitamine A) ou rouges (lycopène).

**vitamines C (18 à 25 mg /100g de fruits), vitamine B et vitamine E.

Nous remarquons que le fruit de tomate est composé essentiellement d'eau 95% de son poids. Les sucres se trouvent en quantité importante 55%, le taux d'acidité est considérable ce qui donne un gout acide au fruit. L'absence des lipides et parfois on trouve des traces de protides sans oublier les sels minéraux comme le : Ca, K, Na, P, Fe.

Les pigments caroténoïdes « rouge, jaune, orange » donnent la coloration des fruits. La cellulose et la pectine qui constituent la matière sèche insolubles se trouvent en quantité considérables.

5- Exigences de la culture de tomate :

5.1- Exigences climatiques :

5.1.1- Température :

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

Les basses températures (<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. Elles peuvent entraîner aussi des ramifications des bourgeons, difficultés de nouaison et de formation des fleurs fasciées (Chibane, 1999).

Par contre, les températures élevées favorisent la croissance de la plante au détriment de l'inflorescence qui peut avorter. La persistance d'un temps chaud et sec peut entraîner un allongement anormal du pistil rendant aussi une autopollinisation difficile (Chibane, 1999).

5.1.2- Lumière :

La lumière est un facteur écologique essentiel pour la tomate. Elle intervient dans des nombreux phénomènes physiologiques, 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 1ers bouquets surtout à des températures basses. (Chaux et Foury, 1994). Par contre, un manque de lumière peut inhiber cette induction florale. (Chaux, 1972).

5.1.3- 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.

5.2- 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 à10% de matière sèche. (Letard, 1995).

Selon le même auteur les besoins annuels de la tomate d'eau varient entre 7000 et 8000m³/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 importants. Les temps nuageux ralentissent le mûrissage des tomates. Cependant, des cultivars adaptés sont disponibles. (Shankara et al, 2005).

5.3- 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).

5.4- Exigences nutritionnelles :

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

6-Principales maladies de la tomate :

La tomate est sensible à différents champignons, bactéries et virus. Le nombre d'agents pathogènes qui affectent cette espèce est très élevée. Ce sont plus de 200 maladies qui ont été décrites sur la tomate au niveau mondial. Ces maladies

peuvent être localisées au niveau des folioles, les racines, le collet, la tige, et au niveau des fruits.

6.1-Maladies cryptogamiques :

Le tableau 04 résume les maladies cryptogamiques qui touchent la culture de tomate, leurs agents causals, les symptômes ainsi que les traitements possibles.

Tableau N° 04 : Maladies cryptogamiques de la culture de tomate.

Maladies	Agent causal	Symptômes et dégâts	lutte
mildiou	<i>Phytophthora infestant</i>	grandes taches brunes sur les feuilles et les tiges.	contrôle du climat de la serre, destruction des plants lorsque plus de 25% du feuillage ou des fruits est atteint afin d'éliminer les foyers d'infection, lutter biologiquement par <i>Entérobactérie_aérogènes</i> , inoculation des trous de plantation par <i>Trichoderma</i> , destruction des résidus de récolte, et dès qu'il y'a apparition de température et humidité favorables, pulvériser chaque semaine du peroxyde d'hydrogène dilué ou du sulfate de cuivre en prévention sous les feuilles
Alternariose	<i>Alternaria solani</i>	tâches noires de taille variables sur les feuilles	il faut éviter les arrosages par aspersion, utilisation des variétés résistantes, et appliquer un traitement au préalable des semences.
Pourriture grise	<i>Botrytis cinerea</i>	feutrage gris sur les feuilles et sur fruits.	Éviter les condensations d'eau, bonne aération des serres.
Fusariose	<i>Fusarium oxyspoum</i>	flétrissement des feuilles avec brunissement des vaisseaux et pourriture des racines.	Le traitement de la PPI exige une utilisation des substrats et les plants sains, élimination des plants malades en cours de culture, pratique d'un buttage des plants pour l'obtention de l'émission de nouvelles racines qui remplaceront les racines nécrosées.
Oïdium	<i>Leveillu lataurica</i>	Feutrage blanc sur feuilles	il est nécessaire d'utiliser des variétés résistantes ou tolérantes, nettoyage des outils de travail, et supprimer rapidement les parties ou sujets atteints afin que la maladie ne se propage pas trop vite.

(Snoussi 2010)

6.2. Maladies bactériennes et virales :

Le tableau 05 résume les maladies bactériennes et virales qui touchent la culture de tomate, leurs agents causals, les symptômes ainsi que les traitements possibles.

Tableau N° 05 : Maladies bactériennes et virales de la culture de tomate.

Maladies	Agent causal	Symptômes et dégâts	lutte
Chancres bactériens	<i>Clavibacter michiganensis</i> ssp <i>michiganensis</i>	tiges spongieuses avec présence de cavités d'air. Petites tâches chancreuses sur les folioles de couleur blanc marron. Jaunissement de la moelle en bordure des vaisseaux sur les tiges. Présence de petites taches blanches, brunes au centre sur les fruits.	il faut utiliser des semences saines, arrachage des plantes malades ainsi que les plantes voisines, éviter l'irrigation par aspersion, en fin de végétation, éliminer les débris de cultures.
Moelle noire	<i>Pseudomonas corugata</i>	tige molle colorée en brun	prendre des mesures préventives.
Moucheture bactérienne et Gale bactérienne	<i>Xantomonas vesicatoria</i>	tâches nécrotiques noires sur les feuilles et sur les fruits	Il faut éviter les excès d'eau sur les plantes. Pour cela, aérer au maximum les cultures sous abris, et éviter l'irrigation par l'aspersion, élimination des débris végétaux en cours ou en fin de culture, utilisation de semences désinfectées.
<i>Cucumber Mosaic Virus</i>	CMV	Lorsque l'infection est précoce, on peut observer une stérilité des plantes ou une mal formation des fruits.	il est indispensable d'éliminer les quelques plantes touchées avec introduction des ravageurs naturels de pucerons tels que la guêpe parasite <i>Aphidius ervi</i> , les hyménoptères parasites <i>Aphelinus abdominalis</i> et <i>Aphydus colemani</i> , des prédateurs indigènes <i>Chrysopa carnea</i> et <i>Adalia bipunctata</i> , la cécidomye <i>Aphydolete saphidimyza</i> .
<i>Tomato Infectious Chlorosis Virus</i>	TICV	on peut observer un jaunissement internervaire sur les feuilles basales puis médianes, une jaunisse généralisée à l'ensemble des folioles d'une feuille et un retard du développement de la plante. Aucun symptôme n'est visible sur le fruit mais une réduction de calibre est possible en cas de très forte infestation. Apparition de nécroses ce qui entraîne de grandes pertes de rendement.	il est préférable d'utiliser des variétés tolérantes à ce virus et utiliser du prédateur naturel de T .vaporarium : <i>Encarsia formosa</i> et <i>Eretmocerus eremicus</i> .

(Snoussi 2010)

6.3- Principaux parasites de la tomate :

➤ **Nématodes** : se présentent sous forme de nombreuses nodosités (gales) sur les racines .On peut citer *Meloïdogyne icognita*, et *Meloïdogyne arenaria*. Pour ce qui est des traitements liés à la PPI, une solarisation ou une désinfection du sol à la vapeur, utilisation des semences certifiées et des variétés résistantes, respecter la rotation longue (4 années au minimum), élimination des repousses dans les parcelles atteintes, possibilité de la culture hors-sol.

➤ **Acariens** : provoquent un arrêt de la végétation. Présence de petites punctuations jaunes sur les folioles, présence de nombreuses toiles soyeuses, plages luisantes sur tiges, folioles de couleur vert bronze, dessèchement et chute des folioles et des feuilles. Pour la PPI, on recommande en cours de culture l'élimination des plantes contaminées, l'utilisation d'auxiliaires telles que les acariens prédateurs *Phytoseiulus persimilis* et *Amblyseis californicus*, la cécidomye *Feltiella acarisuga*.

➤ **Aleurodes** : provoquent une production de miellat se couvrant de fumagine : Pour les traitements liés à la PPI, il faut utiliser des parasites *Macrolophus caliginosus*, prédateur de *B. tabaci* ; *Encarsia formosa* et *Eretmocerus eremicus*.

➤ **Pucerons** : ils provoquent l'enroulement des feuilles, crispation des jeunes folioles avec arrêt de croissance. Pour la PPI, il est recommandé l'utilisation de panneaux jaunes englués, l'utilisation d'auxiliaires telles que les hyménoptères parasites *Aphidius ervi*, *Aphydius colemani* et *Aphelinus abdominalis* , des prédateurs indigènes *Chrysopa carnea* et *Adalia bipunctata*, la cécidomye *Aphydoletes aphidimyza*.

➤ **Noctuelles** : elles provoquent la perforation des folioles, trous sur fruits provoquant la maturation prématurée avec des cavités dans les fruits. L'espèce la plus fréquente : *Heliothes armigera* : Lambda-cyhalothrine 22,8% (0,5l/Ha). En ce qui concerne le traitement lié à la PPI, il faut lutter biologiquement avec les auxiliaires: les tachinaires (diptères) qui parasitent les chenilles de lépidoptères, les ichneumonidés (hyménoptères), utilisation de pièges lumineux et l'utilisation de préparation biologique à base de spores issues de la bactérie *Bacillus thuringiensis*.

➤ **Thrips** : il y a une observation de plages de cellules mortes comme des tâches claires formées de petits points blancs nacrés brunissant peu à peu. Sur les jeunes pousses, la salive toxique induit un raccourcissement des entre nœuds. Les

Thrips se nourrissent de grains de pollen, détruisent les étamines et entraînent les couleurs de fleurs. Pour le traitement lié à la PPI, les plantes qui manquent d'eau sont particulièrement sensibles aux thrips, pratique de la rotation avec les plantes résistantes aux thrips afin de briser leur cycle de développement, pratique de jet d'eau pour permettre leur élimination, utilisation d'auxiliaires telles que les acariens prédateurs *Amblyseius cucumeris*, et *Amblyseius degenerans*, des punaises prédatrices *Orius laevigatus*, et *Orius majusculus*.

➤ **Mineuses** : elles provoquent des galeries sinueuses entre les épidermes. En cas de forte attaque dessèchement total du feuillage. Pour ce qui est de la PPI, il faut utiliser des auxiliaires : les punaises prédatrices *Nesidiocoris tenuis* et *Macrolophus caliginosus*, piégeage massifs à l'aide de pièges sexuels (Pheromones). Il faut 30 à 40 pièges à l'hectare.

On peut citer la mineuse de la tomate : *Tuta absoluta* qui cause actuellement de gros ravages dans beaucoup de pays et notamment l'Algérie et ce depuis 2008 où sa signalisation a été faite pour la première fois dans la commune de Achacha dans la wilaya de Mostaganem (Algérie). En 2009, 16 wilayas productrices de tomate sont touchées par ce ravageur (Mostaganem, Chleff, El Tarf, Oran, Ain Defla, Boumerdès, Alger, Bouira, Tizi Ouzou, Béjaia, Jijel, Skikda, Mila, Tlemcen, M'Sila et Biskra) et actuellement ce ravageur est présent maintenant dans toutes les wilayates productrices de tomate. Suite à l'échec de la lutte chimique intensive menée par les agriculteurs; un plan d'action a été mis en place par les services du MADR pour la lutte contre ce ravageur, s'appuyant essentiellement sur le piégeage massif par l'utilisation des pièges à phéromones sexuelles. L'objectif est de capturer le maximum de papillons mâles de la mineuse et de les éliminer du circuit de multiplication et de reproduction. Cette technique a donné des résultats significatifs au niveau national et a permis de réduire considérablement les infestations causées par ce ravageur. (Snoussi, 2010).

L'espèce *Tuta absoluta* attaque essentiellement la famille des solanacées. Actuellement, les solanacées dont la tomate sont confrontées à ce ravageur qui cause de gros dégâts allant jusqu'à la perte de production en l'absence de moyens de contrôle. Depuis 1970, le seul moyen de lutte est l'utilisation des produits chimiques. Mais, l'emploi excessif des pesticides est à l'origine de l'élimination d'ennemis naturels de la mineuse. De plus, il est signalé à partir de l'année 1980 la

réduction de l'efficacité de certains insecticides contre ce ravageur (Marcela et al 2005 in Snoussi, 2010).

De nombreux ennemis naturels de ce ravageur existent .Ils sont représentés par un champignon parasite *Verticillium sp*, deux prédateurs, *Nesidiocoris tenuis* (*Heteroptera Meridae*), *Orius sp* (*Heteroptera, Anthocoridae*) et un parasitoïde *Diglyphus isaea* (*Hymenoptera, Eulophidae*) .Ce dernier peut atteindre un taux de parasitisme de 45%.(Zaid 2010 in Snoussi, 2010).

7- Désordres physiologiques observés sur la tomate :

En cours du développement de la tomate, on peut également observer certains désordres physiologiques dus à l'irrégularité des irrigations, excès de chaleur, apport de fumure non rationnelle entraînant des phénomènes d'antagonismes et de synergismes tels que la nécrose apicale (Blossom end rot), tomate creuse, éclatement « BlotchyRipening » coup de soleil. En ce qui concerne la PPI, il est recommandé de maintenir une humidité constante par une bonne gestion de l'apport en eau via l'irrigation et l'utilisation de mulch. Le chlorure de calcium peut être utilisé en aspersion ou vaporisation pour contrôler la nécrose apicale sous certaines conditions, application de la chaux ou de calcium avant la plantation, utilisation du nitrate de calcium sous forme d'engrais liquide pour des petites parcelles. (Snoussi ,2010).

CHAPITRE II

LA NUTRITION HYDROMINERALE

1-Quelques généralités sur la nutrition hydrominérale des plantes :

1.1- Généralités :

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. (ZIEGLER, 2008).

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 nécessaires pour le fonctionnement du système racinaire. (MORARD, 1995) et (VILAIN, 1993).

1.2- Les besoins hydrominéraux des plantes :

1.2.1- La 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 des 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 et mécaniques, mais aussi par ses propriétés chimiques. De ce fait, par ses rôles physiologiques nombreux et complexes, il entre dans :

La rigidité de la plante.

- Le maintien des structures chimiques et biochimiques.
- 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).

1.2.2- La nutrition minérale des plantes :

D'après SKIREDJ(2006), l'analyse des plantes montre qu'elles contiennent, à des proportions différentes, onze éléments en grandes quantités (N , Ca , C , Cl , H , Mg , O , P , K , Na , S) et 18 éléments en quantités réduites (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 indispensables, 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-Six éléments minéraux majeurs :

N, Ca, Mg, P, K et S. Il y a une grande variabilité dans les teneurs de ces éléments dans les tissus foliaires selon les espèces, variétés et conditions du milieu de culture. Il y a dominance surtout de N et de K. A titre indicatif, les feuilles de la pomme de terre contiennent 2 à 2,5 % de N ; 1 à 3 % de K ; 1,5 à 2,5% de Ca ; 0,5 % de Mg; 0,2 % de P et moins de 0,1 % de S. (SKIREDJ, 2006).

1- L'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 fondamentaux de la matière vivante. C'est le facteur essentiel des rendements.

En cas de carence, l'ensemble de la plante présente une végétation chétive, rabougrie,

naine et retardée. Les feuilles sont d'abord vert pâle, jaunâtres, puis elles deviennent jaunes, avec quelques fois des teintes rouges. Les feuilles âgées meurent prématurément. Il y a des perturbations dans la croissance des organes végétatifs de la plante.

2- Le potassium :

Selon les travaux de SKIREDJ(2006), cet élément est très mobile dans la plante et est rapidement distribué dans les différents organes du végétal. Le potassium joue un rôle fondamental dans l'absorption des cations, dans l'accumulation des hydrates des protéines, l'organisation de la cellule, le maintien de la turgescence de la cellule et la régulation de l'économie de l'eau des plantes (régulation des stomates).

Le potassium est un élément de résistance des plantes au gel et à la sécheresse. C'est un activateur du système enzymatique.

La carence en potassium donne des taches brunes puis des trous dans les feuilles. (DIEHIL, BAILLIERE, 1975).La carence peut être vraie, par manque de l'élément dans le milieu nutritif ou induite par antagonisme avec le magnésium ou le calcium ou par excès d'azote.

3-Le phosphore :

Le phosphore exerce des rôles à la fois plastique et métabolique. Il est présent dans les constituants comme les acides nucléiques (A.R.N et A.D.N) et les composés à nucléotides (N.A.D ; N.A.D.P ; A.T.P).il s'associe aussi aux protéiques et aux lipides pour former des phospho-protéines et des phospho-lipides (VILAIN,1987).

Il participe à de nombreuses réactions biochimiques, il favorise le métabolisme des glucides et des protéides, et leur transporteur dans la plante. Les ions phosphoriques servent, dans les cellules, de transporteurs d'énergie, dans la photosynthèse, l'énergie solaire stockée momentanément, sur des molécules de phosphates qui peuvent les libérer intensément, permettant les réactions biochimiques. Entant que constituant cellulaire, il participe avec l'azote à la croissance générale de la plante, notamment au développement du système racinaire (SOLTNER, 1988).

4- Le calcium :

Le calcium est un constituant des parois cellulaires et sel dissous dans la plante, présent 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 sucs cellulaires ou il neutralise les acides organiques et minéraux (SOLTNER,

1988). Il intervient dans la synthèse des protéides, la constitution des noyaux cellulaires et des chloroplastes, il possède aussi une action antitoxique à l'égard des excès de potassium ou de sodium que la plante est susceptible d'absorber (DIEHL, 1975).

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 des jeunes pousses, bientôt suivis de nécrose marginale des feuilles (DIEL, 1975).

5- Le magnésium :

La teneur en magnésium est souvent proche de 1%. La chlorophylle, riche en magnésium, renferme 5 à 15% du magnésium total de la plante. Les caractéristiques du magnésium sont voisines de celles du calcium et du potassium (VILAIN, 1987).

Le magnésium est un constituant de la chlorophylle et associé du phosphore, il favorise l'absorption du phosphore et son transport dans les graines, où il favorise la synthèse de la phytine et celle des lipides (SOLTNER, 1988).

De ce fait, il constitue un élément fondamental dans la formation des rendements et de l'obtention de la qualité des produits récoltés. Son excès crée un déséquilibre, une absorption insuffisante du potassium, une croissance excessive des racines et des tiges, une diminution de la floraison et une fructification insuffisante (HUGUET, COPPENET, 1992).

Les plantes carencées en cet élément présentent des chloroses plus ou moins vert-jaune entre les nervures des feuilles âgées, suivies parfois de nécrose. Les feuilles restent souvent vertes à la périphérie. Les extrémités et les bords sont en partie bombés vers le haut. (EL ALAOUI, 2009).

6- 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

Exemple : 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).

C-Sept éléments minéraux mineurs:

1- Le fer :

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

Les besoins en fer des végétaux cultivés sont relativement minimes, puisque les exportations dépassent rarement quelques centaines de grammes à l'hectare pour les récoltes normales. La teneur des tissus varie entre 20 et 250 mg/kg de matière sèche. Cet élément se porte surtout vers les organes jeunes en voie de croissance. Il joue un rôle important dans le fonctionnement des chloroplastes et dans l'activité des catalases et peroxydases (DIEHL, 1975).

2-Le cuivre :

Les teneurs en cuivre des racines sont, en général, plus élevées que celles des parties aériennes. Le cuivre aurait une mobilité « variable » en fonction de l'état nutritionnel du végétal : ce micro élément serait relativement mobile dans les plantes normalement alimentées : par contre, cet élément est non mobile dans les plantes déficientes (MORARD, 1995).

Le cuivre, comme le fer, entre dans la constitution d'un grand nombre d'enzymes d'oxydation (SOLTNER, 1988).

Il intervient dans la photosynthèse, il joue dans le métabolisme des protéines, aussi le cuivre joue un rôle important au moment de la floraison (MORARD, 1995).

3-Le bore :

Son rôle dans la plante est également mal connu, on admet qu'il peut intervenir dans la formation des membranes cellulaires (DIEHL, 1975).

D'après MORARD(1995) les teneurs et les besoins des dicotylédones sont supérieurs à ceux des monocotylédones. Du point de vue, la répartition dans la plante. Les feuilles âgées contiennent plus de bore que les feuilles jeunes.

Le bore est un élément très peu mobile.

Selon PENNINGFELD et al in LEMAIRE et al(1989), un excès en bore provoque un jaunissement du bord des feuilles gagnant toute la surface, laissant des grandes tâches brunes sur les bords puis chute des feuilles.

MORARD(1995) note qu'une carence en bore perturbe le développement des tissus méristimatiques 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-Le molybdène :

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

Il intervient dans la plante conjointement à une enzyme : le nitrate réductase. Son action paraît favorable à l'activité des bactéries symbiotiques fixatrices de l'azote atmosphérique (DIEHL, 1975).

La déficience en molybdène est conditionnée par plusieurs facteurs notamment le pH du sol, la matière organique, et les interactions avec les autres éléments minéraux. C'est le seul oligo-élément dont la carence est favorisée par l'acidité du sol et disparaît généralement suite à un chaulage. Ainsi, l'absorption de molybdène par les plantes est favorisée par un pH élevé (SKIREDJ, 2006). Sa carence provoque une réduction de la croissance, le feuillage est vert clair et il y a apparition d'anomalies sur la partie végétative.

5-Le zinc :

Selon MORARD (1995), la fonction principale de zinc concerne particulièrement l'activation des enzymes : anhydrase carbonique, oxydase, peroxydase, catalase .Il intervient dans le métabolisme du soufre et dans la biosynthèse des glucides et des protéines. Cet élément joue un rôle dans la synthèse de l'auxine ou de sont précurseur.

Le même auteur note qu'un excès de zinc conduit à une chlorose surtout des jeunes feuilles, y compris nervures. Les vieilles feuilles ont les nervures rouges ou noires puis se dessèchent. Les bourgeons terminaux meurent.

6-Le manganèse :

Le manganèse intervient dans la photosynthèse lors de la première étape de la chaîne de transport d'électrons de la phase éclairée (MORARD,1995).

Pour l'excès de manganèse, on a un aspect chlorotique, et les feuilles tordues et frisolées.PENNINGSFELD et al in(LEMAIRE et al,1989)

Dans un sol riche en matière organique, à pH neutre ou alcalin, les risques d'apparition d'une carence en manganèse sont importants. Le pH agit sur l'assimilation du manganèse en favorisant l'oxydation de Mn^{2+} soluble.

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

7-Le silicium :

Cet élément, qui existe en quantité importante dans les cendres de certains végétaux (graminées), se localise surtout dans les organes végétatifs : 52% de la matière sèche du blé à l'épiaison contre 0,007% dans les graines. Il circule certainement dans la plante sous forme colloïdale et il joue un rôle assez obscur.

DIEHL(1975) le considère comme vecteur du fer de certains oligoéléments en milieu alcalin.

CHAPITRE III

LA FERTIGATION

1-Définition de la technique de fertigation:

La fertigation ou ferti-irrigation est une façon pratique de faire un apport d'engrais, combinant irrigation et fertilisation. Toute opération combinée est avantageuse (YELLE, 2006).

Cela permet d'éviter des passages supplémentaires au champ : on réduit la main-d'œuvre, on réduit les effets physiques (compaction) de ces passages sur le sol et on perturbe moins le plant.

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.

Dans le cas de la plasticulture, la fertigation est particulièrement bien adaptée. De ce fait, c'est une composante importante, sinon essentielle, d'un système de plasticulture.

La fertigation a d'abord été une nécessité pratique pour fractionner l'azote dans plusieurs cultures de légumes-fruits comme la tomate, les concombres, les poivrons ou l'aubergine. L'application de tout l'azote au départ avant la pose du plastique et la plantation, à moins de disposer d'un engrais à libération lente particulièrement bien dosé, aurait été suicidaire pour la plupart de ces cultures, le poivron en particulier. En effet, trop d'azote d'un coup provoque un excès de croissance végétative et inhibe la nouaison, sinon la floraison (YELLE, 2006)

2-Principe de la fertigation :

Selon YELLE(2006), 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.

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).

3- La solution nutritive :

COIC (1984), confirme qu'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 eau et ions minéraux soient parallèles. Cette solution nutritive doit être complète et équilibrée « équilibre entre l'eau et chacun des ions suivant les besoins relatifs de la plante, en plus une égalité équivalente entre anions et cations ».

L'équilibre entre les éléments minéraux dans la solution nutritive agit sur leurs assimilations par la plante. Une teneur trop élevée de l'un des éléments peut être préjudiciable à l'absorption de quelques autres (JEANNEQUIN, 1987).

Selon SNOUSSI (1980), le pH joue un rôle fondamental dans la régulation de l'absorption des différents éléments constitutifs de la solution nutritive.

En ce qui concerne le contrôle du pH, BLANC(1987) montre qu'à l'exception des espèces acidophiles 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 différente selon l'espèce cultivée (SNOUSSI, 1980).

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.

Selon 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'emballer.

PENNINGSFELD (1969) in SNOUSSI (1984), indique que la préparation des solutions nutritives 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 ruisseaux et de rivières peuvent être utilisées sous réserve qu'elles ne contiennent aucune substance toxique et que leur teneur 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 nutritives au cas où la concentration est trop élevée dépassant 0,2 g/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.

PARTIE II

ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I

MATERIELS ET METHODES

1-Objectif d'expérimentation :

Notre expérimentation consiste à étudier le comportement de la tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) variété **Saint pierre** cultivée dans un milieu naturel (sol) enrichi d'une solution nutritive apportée tous les trois jours ou tous les six jours et ce dans le cycle des irrigations par l'eau tout au long du cycle de développement des plantes.

2- Matériels et méthodes :

2.1- Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé dans notre expérimentation est la tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), variété **Saint pierre**. C'est une variété très cultivée en Algérie, dont les semences proviennent de l'ITCMI de staouali. Elles sont récoltées en 2011, et présentent un taux de germination de 98%.

Selon KOLEV (1976), la variété Saint pierre présente les caractéristiques suivantes ;

- Variété vigoureuse à feuillage moyen et vert.
- Les fruits sont gros, rond, lisses et bien colorés.
- C'est une variété fixée, très productive.
- Convenable pour la consommation en frais et pour la transformation industrielle.
- C'est une variété de saison.

2.2- Conditions expérimentales :

2.2.1- Lieu de l'expérience ;

Notre expérimentation a été réalisée au niveau de la station expérimentale du département d'agronomie de Blida dans une serre en polycarbonate dont ;

- L'orientation est nord-sud.
- L'aération est assurée par des fenêtres en verre placées latéralement de part et d'autres de la serre.
- Le chauffage de la serre est assuré par 12 radiateurs à eau chaude, néanmoins, il a été en panne durant la période d'expérimentation.



Figure N° 01: Vue du site expérimental (Anonyme, 2012).

L'évolution de la température interne de la serre a été contrôlée par un thermomètre suspendu au centre de la serre.

Des relevés quotidiens de la température ambiante à l'intérieur de la serre ont été effectués durant trois moments de la journée (9h, 12h,16h).et qui sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau N°06: Moyennes des températures par décades enregistrées sous serre en (C°).

Périodes	Température C°		
	09h 00	12h 00	16h 00
12/01/2013 au 21/01/2013	10,9	19,2	19
22/01/2013 au 31/01/2013	9,10	19,4	20,66
01/02/2013 au 10/02/2013	8,44	19,2	25,25
11/02/2013 au 20/02/2013	9,5	22,2	23,14
21/02/2013 au 02/03/2013	9,22	19,8	17,66
03/03/2013 au 12/03/2013	15,44	26	25,33
13/03/2013 au 22/03/2013	13,11	23,70	23,60
23/03/2013 au 01/04/2013	19,70	25,90	24,60
02/04/2013 au 11/04/2013	17,55	26,90	26,30
12/04/2013 au 21/04/2013	20,50	29,80	27,20
22/04/2013 au 01/05/2013	19,20	20,10	19,70

Nous remarquons que la moyenne des températures par décade durant le cycle végétatif répondait aux besoins des plantes, à l'exception de quelques basses températures enregistrées néanmoins elles n'ont pas influencé le développement physiologique des plantes.

2.2.2- Le substrat :

Le substrat utilisé dans notre expérimentation est le sol de la station expérimentale. Selon les résultats des analyses du sol, le sol présente une texture limono-argilo-sableuse ce qui convient aux exigences édaphiques de la tomate.

2.2.3- Conteneurs :

Les conteneurs utilisés sont des pots en plastique de couleur marron, ayant une capacité de 1l et présentant des orifices de drainage à leur base permettant l'évacuation des eaux en excès.

2.2.4- La pré germination et repiquage :

- La pré germination des semences utilisées de la variété **Saint pierre** à été effectuée le 01/01/2013. Les graines ont été mises dans des boites de pétri contenant du papier buvard imbibé d'eau à raison de 45 graines par boite. Ces dernières ont été placées dans une étuve à une température de 25°C jusqu'à la germination complète. L'eau distillée est ajoutée de temps à autre afin d'éviter le dessèchement du papier filtre.

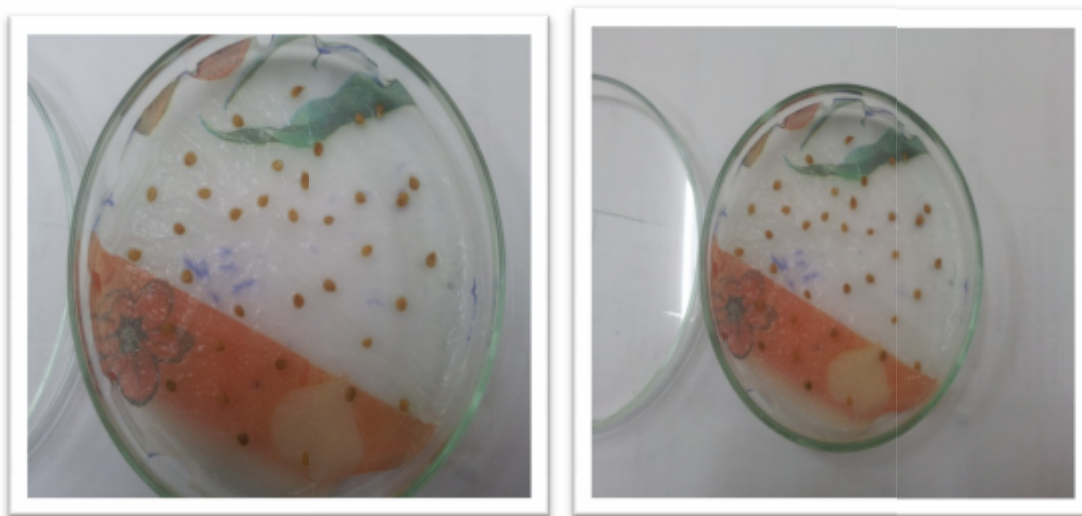


Figure N°02 : Essai de germination des graines de tomate.

- La transplantation des graines germées dans les alvéoles remplies de tourbe a été réalisée le 05/01/2013 à raison de deux à trois germes par alvéole.

- Le repiquage des jeunes plantules de tomate a été faite le 12/01/2013 à raison d'une plantule par pot rempli de sol.

- Les plantules ont été arrosées avec l'eau tiède du robinet pour favoriser la bonne reprise des jeunes plantules. Après l'apparition des deux feuilles cotylédonaires, nous avons procédé à l'application des différents traitements et ce le 15/01/2013 soit 3 jours après le repiquage.

-



Figure N°03 : Aspect général des plantules de tomate au début des traitements.

2-2-5- Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental adopté au cours de notre expérimentation est un dispositif en randomisation totale dont les traitements sont affectés d'une manière aléatoire selon la table des permutations aléatoires de (01) à (10).

Le dispositif comporte trois traitements (T1, T2, T3). Pour chaque traitement, on avait 10 observations soit **30** observations en total.

Espèce : **tomate**
variété : **Saint pierre**

↑	P10	P10	P10
	P 9	P 9	P 9
	P 8	P 8	P 8
	P 7	P 7	P 7
	P 6	P 6	P 6
	P 5	P 5	P 5
	P 4	P 4	P 4
	P 3	P 3	P 3
	P 2	P 2	P 2
	P 1	P 1	P 1
	IRRIGATION T 1	T 2	T 3



Figure N° Vue du dispositif

Expérimental

Figure N°04 : Schéma du dispositif expérimental.

- ❖ T1, T2 et T3 : traitements.
- ❖ P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10 : Plantes ou observations.
- ❖ T1 : irrigation par l'eau courante de Blida
- ❖ T2 : irrigation par la solution nutritive tous les 3 jours.
- ❖ T3 : irrigation par la solution nutritive tous les 6 jours.

2.3- Traitements utilisés :

2.3.1- Caractéristique de l'eau de Blida :

Durant l'expérimentation, on a utilisé une solution nutritive reconstitution à base de l'eau de Blida qui a une concentration globale de sels avoisinant de 0.49 g/l (concentration supérieur à la norme de 0,2g/l indiqué par Penneingsfeld et Kurzman(1969) in Mallen (1997). De ce fait l'analyse de l'eau de Blida est jugée nécessaire avant la préparation de la solution nutritive.

L'analyse de l'eau de Blida est présentée dans le tableau suivant ;

Tableau N°07: Teneur des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida :

Element	Teneur en mg/l	Teneur en meq /l
K ⁺	00.00	00.00
Ca ⁺⁺	56.00	2.80
Na ⁺	29.90	1.30
Mg ⁺⁺	21.60	1.80
NO ₃ ⁻	21.70	0.35
SO ₄ ⁻⁻	38.40	0.80
CL ⁻	21.30	0.60
HCO ₃ ⁻	245.00	4.08
Total	433.90	11.73
PH=7,8		

Source

CHEBALLAH ,(1994).

D'après le tableau 7, nous remarquons que l'eau de Blida, présente une teneur en ions bicarbonates assez élevée (4.08 méq /l), ce qui rend le milieu plus basique (pH = 7.8), nocif pour les jeunes plantules de tomate.

2.3.2- Correction de l'eau de Blida :

La correction de l'eau consiste donc à utiliser l'acide nitrique (HNO₃) et phosphorique(H₃PO₄) pour permettre d'une part la destruction partielle des bicarbonates et ramener le pH au voisinage de 5.5 à 5.8 (PH favorable à la croissance et au développement des végétaux) et de l'autre part d'apporter des éléments utiles tels que les nitrates et les phosphates.

➤ **L'apport d'ammonium** (1,8 méq / l de NH_4^+) est assuré par l'apport de $\text{NO}_3^-\text{NH}_4^+$.

- **Phosphates (PO_4^{3-})** : l'apport du phosphore est fixé à 3,3 meq/l.

Le phosphore est sous sa forme trivalente ($\text{PO}_4^{3-} = 1,1 \text{ meq/l}$) peuvent satisfaire les besoins de la plante en cet élément.

La quantité d'acide nécessaire pour ajuster le pH de l'eau à 5,8 est de 3,3 méq/l, ceci 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^- .

- **Sulfates (SO_4)**: -besoins de sulfates est fixé à 1,5 meq/l.
-disponibilité est 0,8 meq/l.
-apport est 0,7 meq/l.
- Total des anions disponibles : $7,65+1,5= 9,15$
- disponibilité de **chlorure** et de **sodium** est supérieur aux besoins normaux des plantes (0.2 meq /l), donc aucun apport complémentaire n'est réalisé.
- Somme totale des cations essentielles K, Ca et Mg dans la solution nutritive finale = (k + Ca + Mg) déjà présents dans l'eau + (K + Ca + Mg) apportés sous forme de nitrates et de sulfates.

$$\text{Total} = (0 + 2,8 + 1,8) + 6,55 = 11,15 \text{ méq / l.}$$

Selon les normes définies par Coic et Lesaint(1983), les proportions relatives de ces 3 éléments doivent apporter selon les proportions suivantes:

$$\text{K} = 39,6\%$$

$$\text{Ca} = 47,6\%$$

$$\text{Mg} = 12,8\%$$

Les besoins et les apports réalisés des cations essentiels (K, Ca et Mg) sont portés dans le tableau suivant :

Tableau N°08: Les besoins et l'apport des cations (K, Ca et Mg) en meq/l

Elément dans l'eau	Les besoins	Apports réalisés
K = 0.00	4.41	4.41
Ca = 2.80	5.31	2.51
Mg = 1.80	1.43	-
Total	11,15	6,92

• L'apport de Mg n'est pas indispensable vu la teneur de l'eau en cet élément est supérieure au besoin de la plante. Donc la somme des cations (k+ca+mg) disponible dans l'eau ; 11,15 méq / l – 1,8 méq / l (Mg) = 9,35 méq / l donc 9,35 meq/l d'anions qui seront partagés entre K et Ca tout en respectant les proportions K+ Ca = 87.2 % soit:

$$K = 9.35 \times \frac{3}{39.6 + 4} = 4.25 \text{ méq/l}$$

$$Ca = 9.35 \times \frac{4}{39.6 + 4} = 5.10 \text{ méq/l}$$

- Apport de K est 4,25 meq/l
- Apport de Ca est 5,10 meq/l

Toutes les valeurs sont reportées 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
	0.35	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	0.35	00	0.80	0.60	

Tableau10: Eau de Blida transformée en solution nutritive de base pH = 5,8

Eau de Blida	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	Total
	0.35	00	0.80	0.60	
K+					4,25
0	3,55		0,70		
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	

La solution nutritive a été élaborée à base de solution mère de macroéléments, puis diluées au moment de l'emploi. Afin d'éviter toute précipitation de sels, il est important de respecter un ordre de dissolution 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 complémentaire d'oligoéléments composées de la solution A et de la solution B préconisées par Coic et Lesaint (Auder et Warrence ; 2002).

Le contrôle de pH de la conductivité électrique est obligatoire avant chaque utilisation.

Tableau N°11 : Composition des solutions mères complémentaires d'oligo-éléments A et B

Solution -A-			Solution -B-		
Eléments	Dose (g/l)	Prélèvement (ml/l)	Elément	Dose (g/l)	Prélèvement (ml/l)
Molybdate d'ammonium (NH ₄) ₆ MO ₇ 4H ₂ O	0,5	0,1	Sequestrène de Fer	2	5
Acide borique H ₃ BO ₃	15				
Sulfate de manganèse MnSO ₄ , 4H ₂ O	20				
Sulfate de cuivre CuSO ₄ , 5H ₂ O	2,5				
Sulfate de zinc ZnSO ₄ , 7H ₂ O	10				

Source : COIC & LESAIN (1975)

Ainsi, une solution nutritive obtenue est prête à l'utilisation pour la réalisation de notre essai.

2.4- Entretien de la culture :

La culture de la tomate a nécessité les opérations d'entretien suivantes

2.4.1- Irrigation :

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

2.4.2- Doses et fréquences d'irrigation :

Il est important dans une culture de connaître les besoins journaliers en eau de la culture, pour pouvoir rationaliser les besoins selon les stades de développement du végétal et ce pour éviter les déficits et les éventuels excès de solution nutritive.

L'irrigation par les différents traitements a été effectuée le 15/01/2013, soit 3 jours après le repiquage.

Le tableau ci-dessous montre les doses et les fréquences apportées durant la période expérimentale.

Tableau N°12:Doses et fréquences nécessaires pour la culture de tomate

Date	Stade végétatif	Dose des irrigations	Fréquence des irrigations
15/01/2013 au 18/01/2013	Au moment de la germination	20ml	1 fois/jours
19/01/2013 à La coupe	Croissance au début floraison	60ml	2 fois/jours
	Pleine floraison à la pleine nouaison	100ml	
	Pleine nouaison au grossissement des fruits	150ml	

2.4.3- Traitements phytosanitaires :

Au cours de notre essai, nous avons utilisé comme traitement préventif un fongicide l'*Antracol* (70% Propineb) contre le **Mildiou** et l'**Alternaria** des Tomates. A cet effet, nous avons appliqué une pulvérisation foliaire à raison de 20g/10 l d'eau au jour du 18/02/2013 et ce, avant floraison.

2.4.4- Aération :

L'excès de la chaleur peut avoir des conséquences néfastes sur notre culture. A chaque fois que la température dépasse les 30°C, nous avons aéré assez tôt le matin pour renouveler l'air ambiant et réduire les températures et l'humidité au niveau de la serre.

2.4.5- Palissage :

Le type de palissage adapté pour la tomate est le palissage sur ficelles. Notre serre est équipée de fils de fer sur lesquels sont attachées des ficelles permettant de maintenir les plants dressés.

La tige principale est enroulée régulièrement autour de la ficelle au fur et à mesure de la croissance et développement des plantes.

2.4.6- Ebourgeonnage :

Cette opération consiste à supprimer les bourgeons axillaires se développant à l'aisselle des feuilles. L'ébourgeonnage a été effectué régulièrement sur la tomate au cours de sa croissance et son développement végétatif. Ainsi cette dernière a été conduite sur un seul bras.

2.4.7- Binage :

L'opération de binage semblait être nécessaire pour faciliter l'aération du sol et afin de permettre un bon développement racinaire des plants de tomate.

2.5- Les paramètres biométriques mesurés :

Des mesures biométriques ont été réalisées sur les plants de tomate au moment des différents stades de développement correspondant au niveau de chaque plante et pour chacun des traitements.

2.5.1- Paramètres morphologiques :

2.5.1.1- Vitesse de croissance :

La vitesse de croissance des plantules est obtenue par le rapport de la hauteur mesurée des plants de chaque traitement par rapport au nombre de jours correspondant à chaque mesure. Ce paramètre est exprimé en cm / jour.

2.5.1.2- 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.

2.5.1.3- Diamètre des tiges :

Le diamètre des tiges pour chacun des plants de tomate est mesuré à l'aide d'un pied à coulisse au moment de la coupe et ce par traitement.

2.5.2- Biomasse fraîche produite(g) :

L'opération consiste à faire des pesées des différents organes frais de la plante en gramme, à l'aide d'une balance de précision. Les mesures ont porté sur :

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

2.5.3-Biomasse sèche produite(g) :

La biomasse sèche a été mesurée après le dessèchement des poids frais des tiges et des feuilles de toutes les plantes de chaque traitement dans une étuve à 75°C jusqu'à la stabilité du poids sec. Les paramètres étudiés sont ;

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

2.5.4- Le taux de matière sèche :

Le taux de matière sèche est exprimé en pourcentage [%] et qui est calculé selon la formule suivante:

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

Il en résulte :

- Taux de matière sèche des feuilles en (%)
- Taux de matière sèche des tiges en (%)
- Taux de matière sèche total (tiges + feuilles) en (%)

2.5.5- Paramètres de production mesurés :

2.5.5.1- Nombre des fleurs produites :

Ce comptage est réalisé au niveau de chaque plant de chaque traitement et ce tous les trois jours.

2.5.5.2-Nombre de fruits formés :

Le nombre des fleurs nouées est compté durant toute la période de nouaison au niveau de chaque plante et pour chacun des traitements.

2.5.6- Estimation de la production de tomate :

En cours de maturation des fruits, nous avons effectué la récolte des fruits de tomate de chaque plant pour comparer ainsi la production résultante des différents traitements testés.

2.6-Dosage d'un paramètre biochimique : la chlorophylle

Le principe consiste en la détermination de la teneur en chlorophylle par mesure de la densité optique de l'extrait foliaire à deux longueurs d'onde.

L'opération du dosage de la chlorophylle a été effectuée sur trois échantillons de feuilles de trois plants de tomate de chaque traitement.

L'extraction de la chlorophylle a et b est réalisé selon la méthode de Francis et al (1970).qui consiste à :

- Travailler dans une chambre noire afin d'éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière;

-Peser 0,1 g de feuilles fraîches coupées en petites morceaux;

- Placer l'échantillon dans un mortier;

- Ajouter 10 ml du mélange d'acétone et d'éthanol;

- Broyer le tout jusqu'à l'obtention d'une solution totalement dépourvue de résidus;

- Après 48 heures, les solutions obtenues sont passées au spectrophotomètre (UV) à longueurs d'ondes (645 et 470 nm) pour procéder à la lecture des densités optiques.

Pour la mesure de la densité optique, initialement nous avons procédé à :

- Régler préalablement le " Zéro optique " de l'appareil avec la solution de mélange d'acétone et d'éthanol ;

- Lecture de la solution à doser pour chaque longueur d'onde soit trois (03) échantillons pris au hasard pour chaque traitement ;

- Enfin, nous avons déterminé la teneur en chlorophylle selon la formule ci-dessous:

➤ Chl a ($\mu\text{g/g MF}$) = $12,7 \times \text{DO}_{(663)} - 2,59 \times \text{DO}_{(645)} \times V / (1000 \times W)$.

➤ Chl b ($\mu\text{g/g MF}$) = $22,9 \times \text{DO}_{(645)} - 4,68 \times \text{DO}_{(663)} \times V / (1000 \times W)$.

➤ Chl c ($\mu\text{g/g MF}$) = $[1000 \times \text{DO}_{(470)} - 1.7 \times \text{Chl a} - 63.14 \times \text{Chl b}] / 214$

V : volume solution extraite.

W le poids de matière fraîche de l'échantillon.

CHAPITRE II

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Aspect général des plantes de tomate :

Durant notre expérimentation, on a remarqué que les traitements testés ont présenté un effet marqué sur les plantes de tomate variété Saint pierre.

Il a été observé que les plants traités ayant reçu une solution nutritive intercalée entre le cycle d'irrigation des plantes tous les trois jours (T2) et tous les six jours (T3) sont mieux développés que les plants irrigués par l'eau de robinet du Blida uniquement. Les plants alimentés par le T1 présentaient un aspect chétif, de couleur vert jaunâtre, des tiges minces et des hauteurs moins importantes, un feuillage moins développé et un nombre réduit de fleurs et fruits. Par contre les plantes irriguées par les traitements T2 et T3 sont vigoureuses de couleurs vertes foncées plus épaisses avec des hauteurs importantes et un nombre de feuilles, de fleurs et de fruits plus élevés.



Figure N°06 : Aspect général de la Tomate variété « Saint pierre » en cours d'expérience

2- Paramètre de croissance :

2-1 La vitesse de croissance des plants :

La figure ci-dessous montre l'évolution de la vitesse de croissance des plantes de tomate après l'application des différents traitements et mesurée tous les dix jours à compter de la date de repiquage.

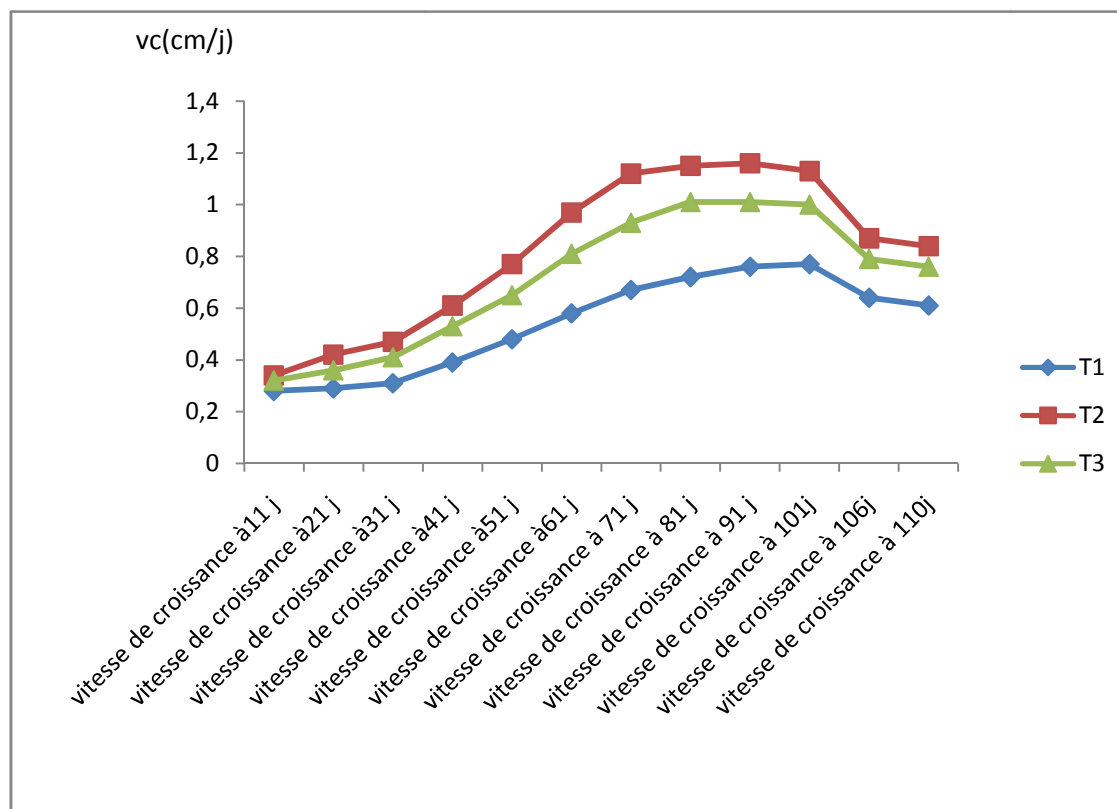


Figure 07: Vitesse de croissance des plantes de tomate (cm/j).

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence hautement significative du facteur traitement sur le paramètre mesuré durant les différentes périodes, ce qui explique bien l'effet du traitement sur la vitesse de croissance.

D'une manière générale, nous remarquons que la vitesse de croissance des plantes de tomate augmente dans le temps pour l'ensemble des traitements appliqués. Néanmoins, les plantes irriguées par les traitements T2 et T3 présentent une croissance végétative plus rapide par rapport aux plantes irriguées par le T1 ; ceci en raison de l'enrichissement de la solution nutritive en éléments minéraux qui

sont venus s'ajouter à ceux contenus dans le sol et qui a joué un rôle déterminant dans la croissance végétative.

D'après la figure 06 on peut distinguer pour l'ensemble des traitements, trois phase de croissance ;

➤ Phase 1 : Ralentissement de la vitesse de croissance du 11j au 31j après le repiquage qui peut être expliquée par la période d'adaptation des jeunes plantules de tomate dans les milieux nutritifs correspondants.

➤ Phase2 : Augmentation importante de la vitesse de croissance de 31j au 81j après le repiquage au niveau de T2 suivi par le traitement T3 a une vitesse moins importante au niveau de traitement T1 par rapport aux deux traitements (T2 et T1). Ceci peut être expliqué par la richesse de la solution nutritive en éléments fertilisants, notamment la présence de l'élément d'azote, du phosphore, du potassium et la présence des oligoéléments. Selon les travaux de DIEHIL (1975), l'azote est un élément indispensable à la multiplication cellulaire puisqu'il intervient dans la composition du noyau, donc il favorise l'augmentation de la croissance des végétaux.

Les nitrates NO_3^- d'après ELIARD (1987), facilitent la pénétration des cations K^+ et Ca^{++} par synergisme, ce qui améliore la photosynthèse des plantes et donc la croissance végétative.

➤ Phase 3 Stabilité de la vitesse de croissance de 81j au 101j au niveau des deux traitements (T1 et T2) ce qui s'explique par l'arrêt de la croissance des plants.

La diminution de la vitesse de croissance de 101j au 106j s'est traduite par l'étêtage des plants de tomate au stade du 2ème bouquet floral.

2.2- Hauteur finale des plantes :

La hauteur des plantes a été mesurée à chaque prélèvement à partir de collet jusqu'à l'apex au niveau de chaque plant et pour chaque des traitements

Tableau13 : Hauteur finale des plantes [cm]

Traitement	T1	T2	T3
Hauteur finale des plantes	67,55	92,53	83,29
	±4.91	±3.65	±3.07
	c	a	b

L'analyse de la variance montre qu'il existe une action hautement significative du facteur traitement sur la hauteur finale des plantes.

Nous constatons que les plantes irriguées par le traitement T2 (apport de la solution nutritive tous les trois jours) présentent le paramètre mesuré le plus important, suivi par le T3. Ceci s'explique par la composition parfaite du milieu qui est riche en éléments minéraux indispensables au cycle de développement des plants. De ce fait on peut dire que l'apport de la solution nutritive manifeste une action bénéfique sur la hauteur des plantes.

Les hauteurs les plus faibles sont enregistrées au niveau des plantes irriguées par l'eau de Blida (T1). Ces valeurs faibles sont dues au manque d'éléments utiles tels que l'azote, le phosphore et le potassium ce qui se traduit par une réduction de la taille des plantes. Ces observations se concordent avec celles de DIEHL(1975) où la carence en azote se traduit par une réduction de taille et une teinte vert jaunâtre. Aussi, les travaux de SOLTNER (1988) notent qu'une carence en phosphore entraîne une réduction de taille des plantes.

2.3- Diamètre final des plants :

La mesure du diamètre final des tiges a été effectuée en fin de culture, à l'aide d'un pied à coulisse juste au dessus du collet, sur tous les plants de tous les traitements. Les résultats de ce paramètre sont présentés dans le tableau 14 :

Tableau14 : Diamètre final des tiges [mm]

Traitements	T1	T2	T3
Diamètre final des tiges	0,84	1,03	0,99
	± 0.11	± 0.09	±0.10
	b	a	ab

L'analyse de la variance montre qu'il existe une action hautement significative du facteur traitement sur le diamètre final des plantes.

Le tableau 14 indique que le diamètre des tiges le plus faible est constaté au niveau des plantes irriguées par l'eau de Blida (T1). Par contre Les mesures effectuées durant la coupe ont montré que les plants irrigués par la solution nutritive tout les trois jours (T2) suivi par les plants irrigués par la solution nutritive

tout les six jours (T3) ont enregistré les meilleurs diamètres des tiges. Ceci nous permet de dire que la composition de la solution nutritive a contribué à une meilleure alimentation hydrominérale des plantes se traduisant par des tiges d'une vigueur accrue.

Les carences en éléments essentiels provoquent d'abord l'arrêt de la croissance des tissus jeunes, puis rapidement cet état de déficience s'uniformise dans les différents organes. Il en résulte des troubles des fonctions de la plante, entraînant inévitablement un ralentissement et un retard de croissance avec apparition de phénomène de plasmolyse aboutissant ainsi à la formation des tiges moins rigide et donc peu développées. (MENGEL, 1982, DAOUD ET HALITIM, 1994, SNOUSSI, 2001).

2.4- Nombre des feuilles par plant :

Ce comptage est réalisé au niveau de chaque plant au moment de la coupe.

Tableau15 : Nombre des feuilles par plant

Traitements	T1	T2	T3
Nombre des feuilles	10,9	13,1	12,1
	± 0.32	±0.88	±0.57
	C	A	B

L'analyse de la variance présente une différence hautement significative du facteur traitement sur le nombre de feuille par plante. Ce qui explique bien l'effet du traitement sur la densité du feuillage.

Le tableau15 détermine que les meilleures performances sont toujours enregistrées au niveau du traitement T2 avec un nombre de feuilles plus important, suivi par le traitement T3. ces résultats sont liés surtout à la présence de l'élément azote en quantité convenable jouant un rôle important dans la formation des feuilles.

Le nombre de feuilles est nettement réduit au niveau du traitement T1. Les carences en éléments minéraux conduisent à une faible activité photosynthétique, et par conséquent le feuillage est moins important.

2.5- Poids frais total des plants:

Le poids frais total (feuille+tige) est pesé au niveau de chaque plant par traitement au moment de la coupe.

Tableau16 : Poids frais total des plants (feuille +tige) (g)

Traitements	T1	T2	T3
poids frais total des plants	101,04 ±7,16 c	155,14 ± 8,94 a	126,07 ± 7,24 b

L'analyse de la variance montre qu'il existe une action hautement significative du facteur traitement sur le poids frais total des plants. Ce qui explique l'effet de traitement sur le paramètre étudié.

Les valeurs obtenues pour le poids frais total par plant durant la coupe montrent que les plants irrigués par le traitement T2 (apport de la solution nutritive tous les trois jours) présentent le paramètre mesuré le plus important, suivi par le T3 (apport de la solution nutritive tous six jours). Cette forte biomasse peut être expliquée par le bon développement du système racinaire permettant à la plante d'extraire le maximum d'éléments minéraux.

Les plants irrigués par l'eau de Blida (T1) présentent le paramètre le plus faible. Cette diminution de la croissance est une réponse à la déshydratation, elle contribue à la conservation des ressources en eau, ce qui permet la survie de la plante. BINZET (1988).

2.6- Poids frais des feuilles:

Le poids frais des feuilles est pesé au niveau de chaque plant par traitements.

Tableau17: Poids frais des feuilles (g)

Traitements	T1	T2	T3
poids frais des feuilles	55,81 ±3,69 c	91,44 ±4,84 a	73,03 ±3,34 b

L'analyse de la variance présente une différence hautement significative du facteur traitement sur le poids frais des feuilles. Ce qui explique bien l'effet du traitement sur le paramètre étudié.

Le poids frais des feuilles le plus élevé est observé chez les plantes alimentées par la solution nutritive tout les trois jours (T2) suivi par les plantes alimentées par la même solution nutritive tout les six jours (T3).

Les plantes irriguées par l'eau de Blida uniquement présentent une biomasse fraîche faible. Ceci peut être expliqué par le manque des éléments essentiels pour le bon développement et la croissance tels que: N, P, K, Mg, Fe.

2.7- Poids frais des tiges:

Le poids frais des tiges est pesé au niveau de chaque plant par traitement au moment de la coupe.

Tableau18: Poids frais des tiges (g)

Traitements	T1	T2	T3
poids frais des tiges	45,22	63,7	53,04
	±4,49	±7,08	±5,04
	c	a	b

L'analyse de la variance présente une différence hautement significative du facteur traitement sur le poids frais des tiges.

D'après le tableau 18 nous remarquons que Les plantes irriguées par l'eau de Blida uniquement (T1) présentent les valeurs les plus faibles et donc un aspect chétif à cause d'une nutrition minérale déséquilibrée et incomplète donnant un poids frais de tige le plus faible durant tous le cycle de développement des plantes. Par contre les plantes alimentées par la solution nutritive (T2, T3) présentent une biomasse fraîche des tiges plus importante. Les meilleures valeurs sont enregistrées au niveau des plants du traitement T2. Ce résultat est du à l'équilibre ionique parfait du milieu ce qui favorise une meilleure absorption hydrominérale.

2.8- Poids sec des feuilles:

Le poids sec des feuilles est obtenu par séchage des feuilles à l'étuve à 70°C jusqu'à stabilisation du poids sec.

Tableau19: Poids sec des feuilles (g)

Traitements	T1	T2	T3
Poids sec des feuilles	9,46	11,00	10,43
	±0,63	±0,58	±0,48
	c	a	b

L'analyse de la variance révèle que les traitements testés ont une influence significative sur la production de la biomasse sèche de feuille durant le cycle de développement.

D'après le tableau19 nous constatons que les meilleures performances sont enregistrées au niveau des plantes du traitement T2 suivi du traitement T3. On peut commenter ces résultats par l'équilibre quantitatif et qualitatif des ions minéraux dans le milieu alimentaire ou nutritif, ce qui favorise l'absorption hydrominérale et augmente l'activité photosynthétique se traduisant par une biomasse importante produite par les plantes.

.Les plantes du traitement T1 présentent une biomasse sèche faible. Ceci s'explique par l'absence des éléments nécessaires pour la synthèse des produits de métabolisme de la plante.

2.9- Poids sec des tiges:

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

Tableau20: Poids sec des tiges (g)

Traitements	T1	T2	T3
Poids sec des tiges	8,70	10,50	9,18
	±0,86	±1,27	±0,87
	c	a	b

L'analyse de la variance présente une différence hautement significative du facteur traitement sur le poids sec des tiges.

D'après le tableau 20 nous remarquons que Les plantes irriguées par l'eau de Blida uniquement (T1) présentent les valeurs les plus faibles. Par contre les plantes alimentées par la solution nutritive (T2, T3) présentent un poids sec des tiges plus important.

2.10- Poids sec total des plants:

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

Tableau21: Poids sec des plants (feuille+tige) (g)

Traitements	T1	T2	T3
Poids sec total de plants	18,16	21,50	19,61
	±1,31	±1,56	±1,18
	c	a	b

Les résultats d'analyse de la variance indiquent que les traitements testés ont un effet significatif sur la production de la matière sèche totale. Les plantes irriguées par le traitement T2 présentent le paramètre mesuré le plus important, suivi par le traitement T3. Les travaux de GOSSELLIN et TRUDEL(1983) ont bien montré que la plus grande masse sèche de la partie aérienne est obtenue en augmentant la dose d'azote.

Les poids sec les plus faibles sont enregistrés au niveau des plantes irriguées par l'eau de Blida uniquement (T1).

2.11- Taux de matière sèche des feuilles :

Le taux de matière sèche est exprimé en pourcentage d'un rapport poids sec sur poids frais :

$$\text{Taux de matière sèche des feuilles [\%]} = \frac{\text{Poids sec des feuilles}}{\text{Poids frais des feuilles}} \times 100$$

Tableau 22 : Taux de matière sèche des feuilles [%]

Traitements	T1	T2	T3
Taux de MS des feuilles	16,96 ±0,48 a	12,03 ±0,61 c	14,29 ±0,65 b

L'analyse de la variance montre qu'il existe une action hautement significative du facteur traitement sur le taux de matière sèche des feuilles.

Les taux les plus élevés sont enregistrés au niveau des plantes irriguées par l'eau de Blida (T1). Ceci s'explique par le manque des éléments nutritifs qui peut produire une sécheresse précoce et une dessiccation prématurée des feuilles et par conséquent leur poids frais se rapproche de poids sec et donc la matière sèche devienne très importante.

A l'inverse les plantes irriguées par les traitements T2 et T3 présentent les taux de matière sèche les moins importants. Il est également important de noter que la présence des ions sodique (Na^+) liés aux chlorures (Cl^-) et aux sulfates (SO_4^{-2}) dans la solution diminue le taux de la matière sèche des feuilles.

Le taux de matière sèche le moins élevé est enregistré au niveau du traitement T2 (12.03%).

2.12- Taux de matière sèche des tiges :

$$\text{Taux de matière sèche des tiges [\%]} = \frac{\text{Poids frais des tiges} \times 100}{\text{Poids frais des tiges}}$$

Tableau 23 : Taux de matière sèche des tiges [%]

Traitements	T1	T2	T3
Taux de MS des tiges	19,23 ±0,34 a	16,48 ±0,67 c	17,31 ±0,21 b

L'analyse de la variance montre qu'il existe une action hautement significative du facteur traitement sur la production de la matière sèche des tiges.

La valeur du taux de matière sèche des tiges la plus importante est indiquée au niveau du traitement T1 (19,23%). Ceci explique que les plantes irriguées par l'eau de Blida présentent une faible teneur en eau, par contre les plantes du traitement T2 suivi par le traitement T3 ont enregistré des faibles taux de matière sèche et donc une forte teneur en eau, suite à la richesse de la solution en éléments nutritifs.

2.13- Taux de matière sèche des plants :

$$\text{Taux de matière sèche total [\%]} = \frac{\text{Poids sec total}}{\text{Poids frais total}}$$

Tableau 24 : Taux de matière sèche des plants [%]

Traitements	T1	T2	T3
Taux de MS total des plants	17,98	13,86	15,56
	±0,05	±0,41	±0,06
	a	c	b

L'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative du facteur traitement sur le taux de matière sèche des plants. Comme pour le taux de la matière sèche des feuilles et des tiges, nous constatons que les plantes irriguées par le traitement T2 présentent le taux de matière sèche totale le plus élevé (17.98%). Par contre les plantes du traitement T2 suivi par le traitement T3 ont enregistré des taux les moins importantes. Ceci s'explique que l'irrigation par la solution nutritive améliore l'état hydrique de la plante et par conséquent le taux de la matière sèche de ses organes sera moindre que le précédent. De ce fait, l'ossature de ces plantes est plus riche en eau, ce qui donne une rigidité importante aux tissus végétaux de la partie aérienne.

3- Quantité de la chlorophylle :

Les résultats de la chlorophylle (A, B et C) sont présentés dans les tableaux ci-dessous

Tableau 25: Quantité de la chlorophylle

Traitement	T1	T2	T3
Chlorophylle (A)	0,18 ±0,05 c	0,28 ±0,01 a	0,24 ±0,05 b
Chlorophylle (B)	0,29 ±0,08 c	0,46 ±0,03 a	0,4 ±0,06 b
Chlorophylle (C)	1,31 ±0,16 c	1,97 ±0,01 a	1,67 ±0,17 b

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence hautement significative du facteur traitement sur la teneur en chlorophylle.

D'après le tableau 25 nous remarquons que les feuilles de tomate renferment une teneur en chlorophylle C supérieure à celles de la chlorophylle A et B.

Les teneurs en chlorophylle (A, B, C) les plus élevées sont enregistrées au niveau du traitement T2 suivi par le traitement T3. Cela est dû au milieu favorable et le bon équilibre ionique établi dans la solution, ainsi la richesse en élément fertilisants responsables du développement de la chlorophylle, tels que l'azote (N), le potassium (K), soufre (s), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg). Selon les travaux de DIEHL(1975), l'azote augmente la quantité de chlorophylle et une carence de cet élément se traduit par une teinte vert jaunâtre.

Le même auteur, note que le magnésium est un constituant de chlorophylle et un rapport de calcium convenable contribue dans la synthèse des protides et la

constitution des chloroplastes. Aussi, ELTARD (1987) note que le potassium favorise la synthèse des sucres en intervenant dans l'assimilation chlorophyllienne.

Les plantes irriguées par l'eau de Blida (T1) présentent la quantité la plus faible quelque soit le type de chlorophylle. A ce titre, des travaux similaires de Parida et Das (2005) ont montré que la diminution de l'activité photosynthétique est due à plusieurs facteurs tels que :

- ✓ La déshydratation des membranes cellulaires ce qui réduit leur perméabilité au CO₂,
- ✓ La réduction de l'approvisionnement en CO₂ à cause de la fermeture hydro active des stomates,
- ✓ Le changement dans l'activité des enzymes causé par la modification dans la structure cytoplasmique.

4-Paramètres de production

4.1- Nombre de fleurs :

Ce comptage est réalisé au niveau de chaque plant au moment de la coupe.

Tableau 26: Nombre de fleurs (B1+B2)

Traitements	T1	T2	T3
Nombre de fleurs (B1+B2)	16,9 ±3,27 c	23 ±6,41 a	19,3 ±4,32 b

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence significative du facteur traitement sur le paramètre étudié, ce qui explique bien l'effet du traitement sur la floraison

Selon les résultats obtenus, le nombre de fleurs est plus faible au niveau des plantes du traitement T1. Par contre les plantes du traitement T2 présentent le nombre de fleurs le plus élevé suivi par les plantes du traitement T3. Ceci est dû à la présence de l'élément phosphore en quantité suffisante. D'après Vilain (1987), le phosphore régularise la mise à fleurs ainsi que la mise à fruits, donc on peut dire que le phosphore est un facteur de précocité et de qualité.

4.2- Nombre de fruits :

Ce comptage est réalisé au niveau de chaque plant au moment de la coupe.

Tableau 27: Nombre de fruits (B1+B2)

Traitements	T1	T2	T3
Nombre de fruits (B1+B2)	9,3	18,4	12,5
	±3,27	±6,2	±2,92
	c	a	b

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence hautement significative du facteur traitement sur le nombre de fruits, ce qui explique bien l'effet du traitement sur le paramètre étudié.

Le tableau 27 montre que Le nombre de fruit le plus faible est enregistré chez les plantes du traitement T1. Par contre les nombres de fruits les plus importants sont présentés au niveau du traitement T2 suivi par les plantes du traitement T3. Cela peut s'expliquer par l'équilibre parfait du milieu nutritif et sa richesse en éléments minéraux indispensable à la fructification des plantes.

4.3- Taux d'avortement :

Les résultats du taux d'avortement ont été calculés à base du comptage du nombre des fleurs totales et du nombre de fruits par plante et par traitement.

Tableau 28: Taux d'avortement (%)

Traitements	T1	T2	T3
Taux d'avortements	3,82	2,42	3,14
	±1.04	±0.85	±0.56
	a	c	b

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence hautement significative du facteur traitement sur le taux d'avortement, ce qui explique bien l'effet du traitement sur le paramètre étudié.

Le taux d'avortement est plus élevé au niveau des plantes du traitement T1. Par contre le taux d'avortement est plus faible chez les plantes du traitement T2 suivi par le traitement T3, cela peut s'expliquer par l'équilibre parfait de la solution nutritive et sa richesse en éléments minéraux indispensable à la fixation de fleurs et du fruits des plantes.

4.4- Estimation de la production :

Les résultats de la production estimée ont été obtenus à base du comptage du nombre des fleurs totales et du nombre de fruits par le poids moyen du fruit par plant et au niveau de chaque traitement.

Tableau29: Estimation de la production en (g)

Traitements	T1	T2	T3
Estimation de la production	302.32	567.36	479.06
	± 106.97	± 118.94	± 71.51
	c	a	b

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence hautement significative du facteur traitement sur la production estimée, ce qui explique bien l'effet du traitement sur le paramètre étudié.

La production estimée est plus élevée au niveau des plantes du traitement T2, dont la production moyenne est évaluée à 567.36 g/plant, suivi par le traitement T3 où la production prévue est de 479.06 g/plant. Par contre elle est plus faible chez les plantes du traitement T1 dont la production estimée est de 302.32 g/plant. cela peut expliquer que la richesse de la solution en éléments nutritifs tels que (N, P, k) joue un grand rôle dans l'augmentation de production.

4.5-Diamètre des fruits :

Les résultats de ce paramètre sont présentés dans le tableau 30.

Tableau 30 : Diamètre des fruits (mm)

Traitements	T1	T2	T3
Diamètre des fruits	44,5	59,5	54,5
	±9,57	±5,00	±9,57
	c	a	b

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence significative du facteur traitement sur le diamètre du fruit, ce qui explique bien l'effet du traitement sur le paramètre étudié.

Selon le tableau 30, nous remarquons que les traitements T2 et T3 influent positivement sur le calibre des fruits, ceci est dus à la présence de l'élément de potassium (k) en quantité suffisante dans la solution nutritive.

Le traitement T1 présente le diamètre des fruits le plus faible.

Des observations similaires ont été notées par Yelle (2006) où il conclut que l'apport de potassium en fertigation a un impact positif sur la qualité de fruits.

CONCLUSION

Conclusion :

Notre expérimentation a été réalisée dans le but de déterminer l'impact d'une solution nutritive et de sa fréquence d'apport sur la croissance et la production de la tomate (*Lycopersicon esculentum* mill) variété saint pierre cultivée en pot sous serre en polycarbonate.

Le présent travail est porté sur l'étude de quelques aspects de la croissance, de la production ainsi que sur la réponse biochimique analysée à travers l'expression de la production de la chlorophylle vis-à-vis une irrigation par l'eau de Blida et une irrigation par une solution nutritive intercalée dans le cycle d'irrigation de la tomate, à savoir tous les trois jours et tous les six jours durant le cycle de développement de la plante.

L'ensemble des résultats a permis d'aboutir aux conclusions suivantes:

-De point de vue croissance, nous constatons que l'incorporation de la solution nutritive et sa fréquence exerce un effet positif sur ses paramètres mesurés. Des augmentations remarquables sont enregistrées chez les plantes de tomate au point de vue la vitesse de croissance, hauteur, diamètre des tiges, poids frais, poids sec (feuilles et tiges), nombre des feuilles produites ainsi que le nombre des fleurs et de fruits. Les accroissements sont dus à la forte teneur en eau et une biomasse fraîche massive au niveau des plantes alimentées par les traitements (T2) et (T3) et ce suite à l'enrichissement de ces milieux en éléments minéraux indispensable à la croissance et au développement des plants.

-Concernant le paramètre biochimique, on a enregistré que les plantes irriguées par l'eau de Blida présentent un taux de chlorophylle le plus faible par rapport aux traitements T2 et T3 où le taux de chlorophylle est à son maximum.

D'après les résultats encourageants enregistrés à travers cet essai, il est souhaitable d'approfondir ces recherches dans le but de l'utilisation de ces solutions nutritives à l'échelle expérimentale, mais aussi pour des applications pratiques à grande échelle et notamment dans les régions arides.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Athrthon et Rudish., 1986** : The tomato crop. A scientific basis for improvement. London Chapman and Hall. 661 In Bernard
- Barbara.Shankara, J. van L. de Jeude, M. de Goffau, M. Hilmi, v., 2005** : La culture de la tomate production, transformation et commercialisation. Agrodod. Pp 1-105
- Binet. P, Brunel. J.P ; 1967** : « Physiologie végétale », Tome I, Ed. Doin, Paris,238p
- BINZET,M.L,HESS,F.D.,BRESSAN,R.et HASEGAWA,P.M.,1988** :Intracellulr compartimentation of ions in salt adapted tobacco cells”, Plant physiol. 86, .607-614.
- BLANC.D, 1987** : les cultures hors sol. Ed. I.N.R.A, Paris. 405p.
- Calu, 2006** : *Arabidopsis thaliana* et *Thellungiella halophila*, plantes modèles dans l'étude du stress salin. Spectro Sciences
- Chaux. C, 1972** : production légumière. Edition J. B. Baillièrre et fils. Paris, 441p
- Chaux. C et Foury. C, 1994:** production légumière, T3. Edition tec-doc Lavoisier, Paris,
- CHEBALLAH .A ,1994** : Valorisation des eaux salines. Influence des eaux naturelles brutes et corrigées sur la production du haricot (*Phaseolus vulgaris* L) variété contender en hors –sol. Thèse Ing. INESA Blida, 70 p
- 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 et Lesaint. C, 1983** : Culture hydroponique. Ed, maison rustique. Paris. P
- Cornillon.P, 1985** : Effet de la température des racines sur l'absorption des éléments par la tomate.Ann. Argon., 28(4), pp409-423.
- DAOUD, R., HALITIM, A., 1994** : Irrigation et salinisation au Sahara algérienne, Secheresse, V.5, n°3, 151-160.
- Diehil, R., 1975** : “Agriculture générale”, J.B. Baillièrre, Paris, 400p
- Dominique. B, Laterrot. H, Marchoux. G, Candresse. T, 2009** : les maladies de la tomate : identifier, connaître, maîtriser. Edition Quae, 690p.
- EI Alaoui.S.B , 2009** : Référentiel pour la conduite technique de tomate. Pp 15
- ELIARD, J.L., 1987** : Manuel d'agriculture générale, J.B. Ballièrre, Pris, 310p.

FAO, 2008 : Food and Agriculture Organization, l'Organisation mondiale pour l'Alimentation et l'Agriculture.

Gilbert, 2009 : Etude de la biosynthèse de l'ascorbate et des métabolismes associés chez la Tomate Thèse doctorat d'Etat de L'université Bordeaux 2.pp 236

HELLER.R, 1977 : Abrégé de physiologie végétale.1 nutrition. Ed. MASSON. Paris.155p.

Huguet, C., et Coppenet, M., 1992 : "Le magnésium en agriculture", Ed. INRA, ,270p.

JEANNEQUIN B., 1992 : « Les plastiques en agriculture », C.A.P. Revue horticole, 1992, pp 153-161

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

Judd WS., Campbell C.S., Kellogg E.A., Stevens P., 2002 : Botanique systématique une perspective phylogénétique.Ed. De boeck université 398-400pp

KOLEV. N, 1976 : Les cultures maraîchères en Algérie. Tome 1 légume, fruits. Ed. I.T.C.M.I. Staouali Alger. P.207.

LAUMONNIER.R., 1979 :« Cultures légumières » E.d ,G.D.Bailliere,Paris,,PP 92-113

LEMAIRE.A, DARTIGUE.A, RVIERE.L.M, CHARPETIERS, 1989 : Les cultures en pots et en conteneurs. INRA ed,Paris 184 p.

LETARD.M, et PATRICIA. E., 1995 : Maitrise de l'irrigation fertilisante de la tomate. CTFL. Paris 220p.

MENGEL, K., KIRKBY, E.A., 1982: Principles of plant nutrition, Potash Inst
3ème Ed. Worblanfen Bern, Switzerland, 655p.

Morard .P, 1995 : Les cultures végétales en hors sol. Publication agricole. Paris p31.

PARIDA .A., DAS .A.B, DAS .P, 2002: NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove,Bruguiera arvilla, in hydroponic cultures. J. Plant Biol. 45, 28–36.

PARIDA .A.K, DAS. A.B, 2005: Salt tolerance and salinity effect on plants: review.Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol.60, pp 324-349.

Penningsfelds.A et Kurzman .T ,1969: Culture sans sol hydroponiques et sur tourbe, Maison Rustique, Paris ,219p.

Shankara, J. van L. de Jeude, M. de Goffau, M. Hilmi, v. Barbara., 2005 : La culture de la tomate production, transformation et commercialisation. Agrodoc. Pp 1-105.

Skiredj, A., 2006 : "Besoins des plantes en eau et en éléments nutritifs", Fertigation: s: guide pour améliorer la production des cultures, Rabat, 1-9.

Snoussi S.A, 1980: Caractérisation de quelques substrats disponible dans la région d'Alger en vue de leur utilisation en culture hydroponique. Thèse Ing Agro. I.N.A, ELHARACH, Alger. P 67.

SNOUSSI, S.A., 2001 : Valorisation des eaux salines pour la nutrition des plantes cultivées Thèse Doctorat. INA El-Harrach, 152p

Snoussi, 2010 : Etude de base sur la Tomate en Algérie. Pp 53

SOLTNER.D, 1988 : Les bases de la production végétale tome II. Le sol. COLL.SCI. Agri Pp373-377

Vilain. M, 1993 : Production végétale .2ème Ed, vol 1 : Les composantes de la production. 2ème édition. Ed. JB. Balliere. Paris .p 428.

VILAIN.M, 1987 : Production végétal VOL I les composante de la production.Ed.J.B.BAILLIERE.Paris 416 p.

Yelle PE., 2006 : centre de référence en agriculture et agroalimentaire. Colloque sur l'irrigation. Québec. Pp340

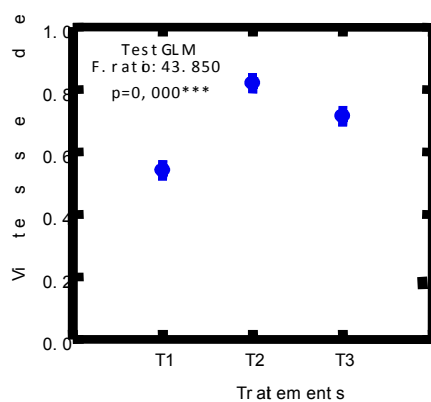
Ziegler, 2008 : L'hydroponie ou culture hydroponique maladies des plantes, agriculture et écologie. Pp16.

ANNEXES

Annexe 01: La vitesse de croissance des plants (cm/j).

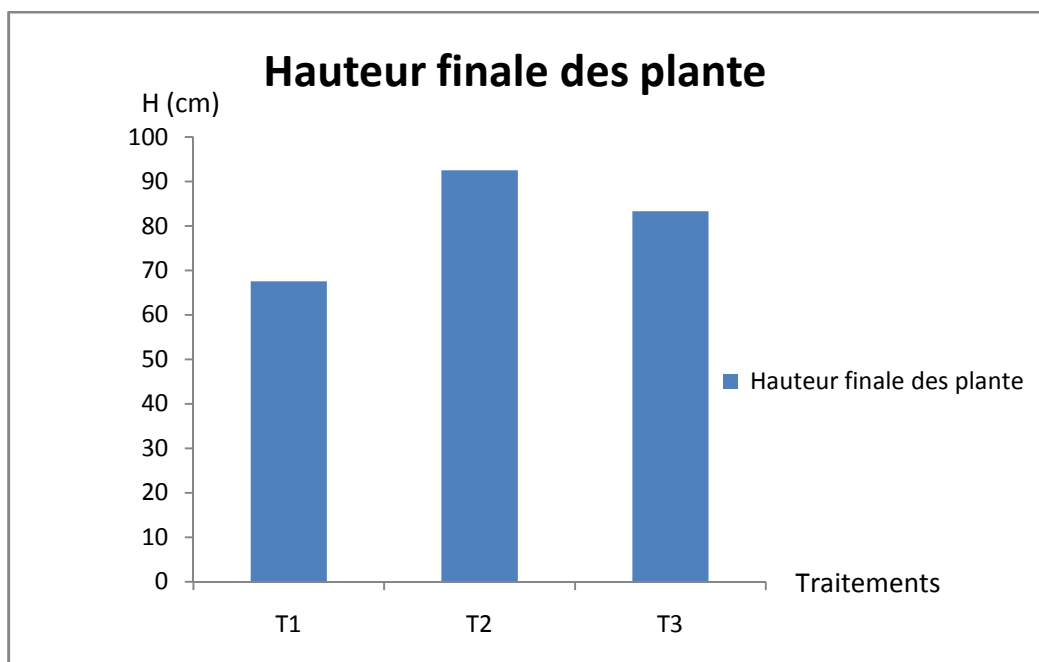
Traitement	T1	T2	T3
vitesse de croissance			
vitesse de croissance à 11 j	0,28	0,34	0,32
vitesse de croissance à 21 j	0,29	0,42	0,36
vitesse de croissance à 31 j	0,31	0,47	0,41
vitesse de croissance à 41 j	0,39	0,61	0,53
vitesse de croissance à 51 j	0,48	0,77	0,65
vitesse de croissance à 61 j	0,58	0,97	0,81
vitesse de croissance à 71 j	0,67	1,12	0,93
vitesse de croissance à 81 j	0,72	1,15	1,01
vitesse de croissance à 91 j	0,76	1,16	1,01
vitesse de croissance à 101j	0,77	1,13	1
vitesse de croissance à 106j	0,64	0,87	0,79
vitesse de croissance à 110j	0,61	0,84	0,76

ss
i
o
r
c

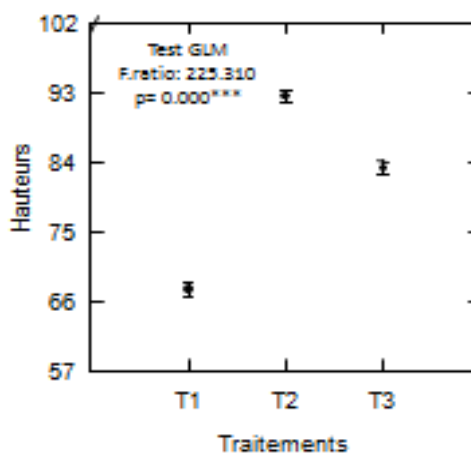


Résultats de la vitesse de croissance des plants par l'analyse statistique du G.L.M.

Annexe 02:

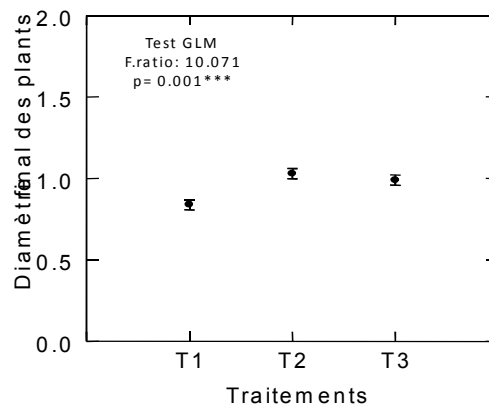
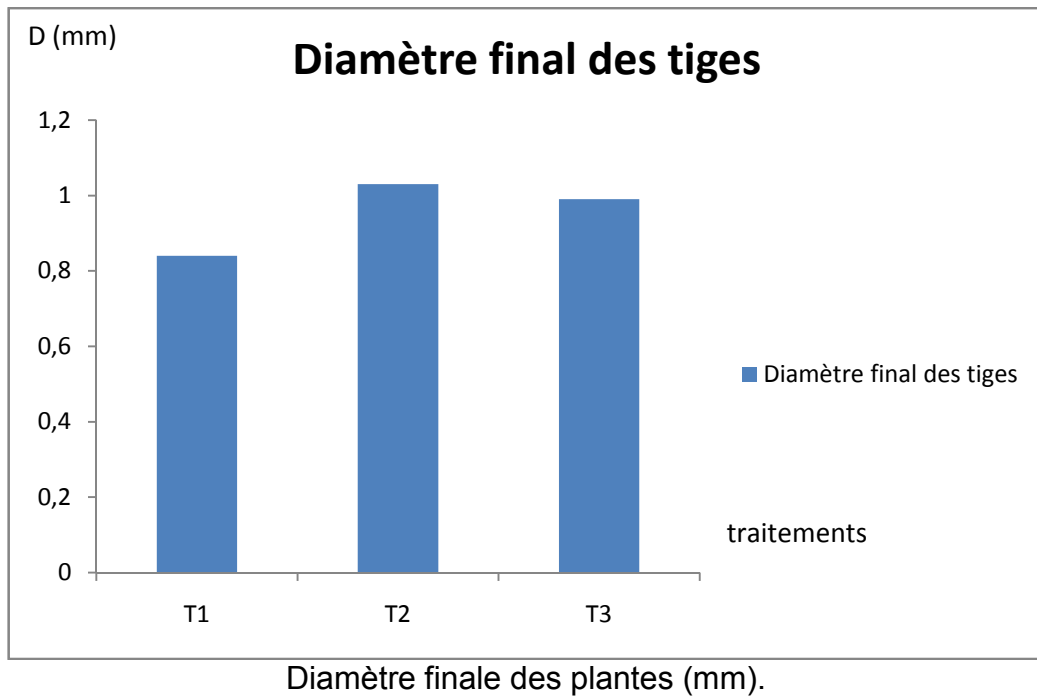


Hauteur finale des plantes (cm).



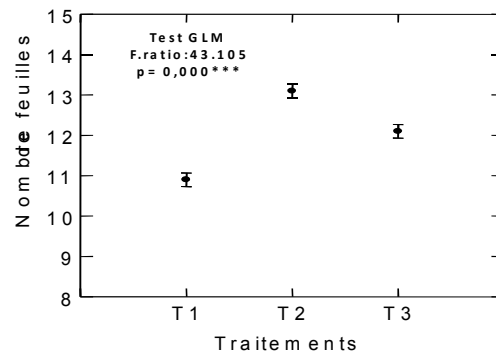
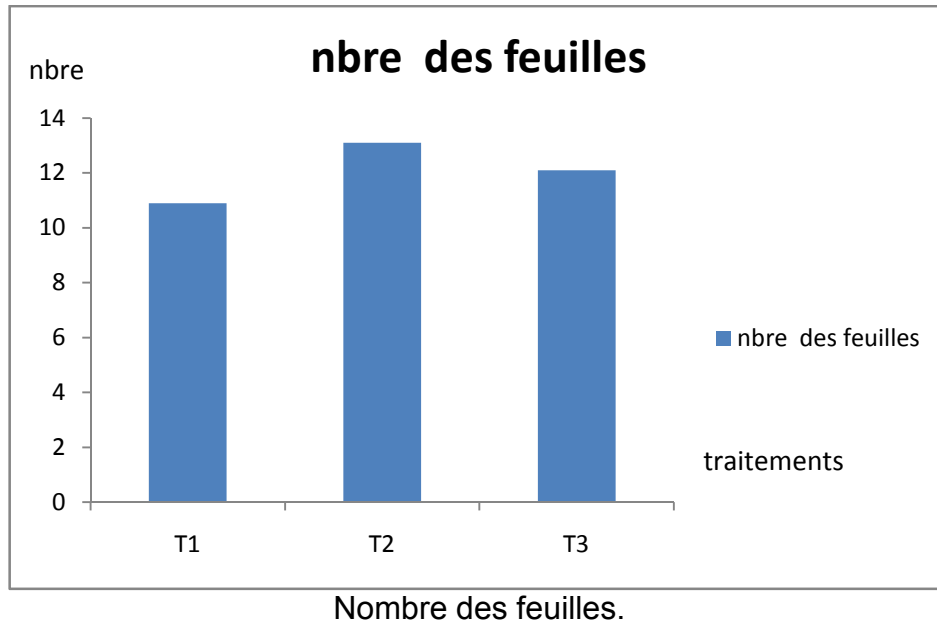
Résultats des hauteurs finales des plante par analyse statistique du G.L.M.

Annexe 03 :



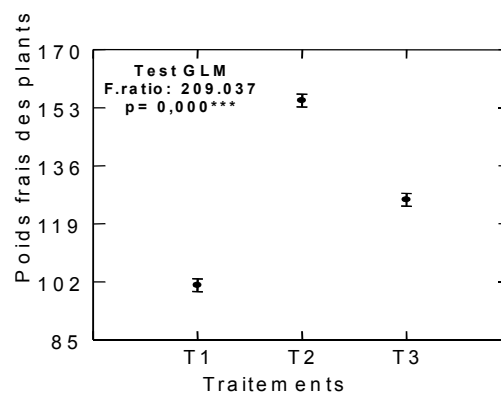
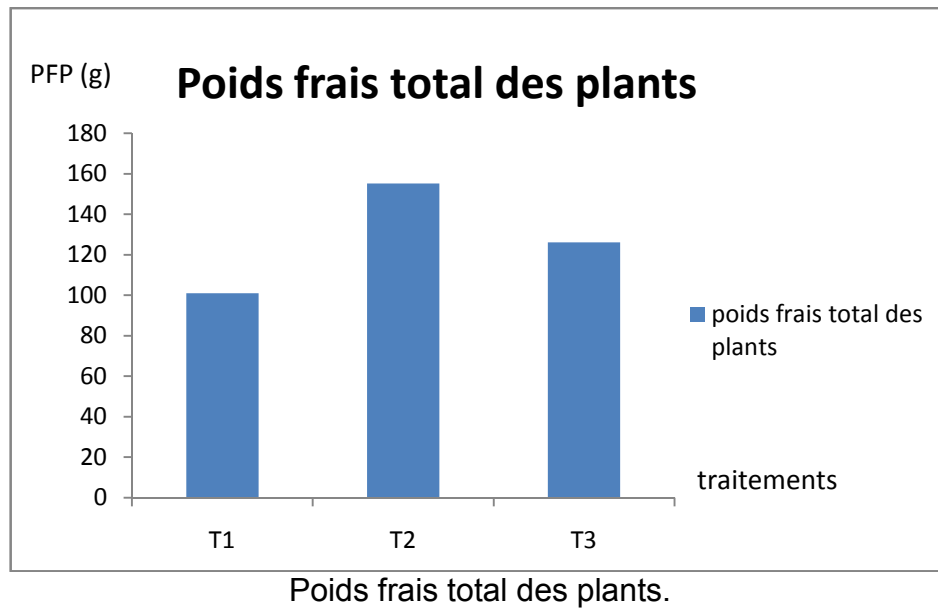
Résultats de diamètre final des plants par l'analyse statistique du G.L.M.

Annexe 04:



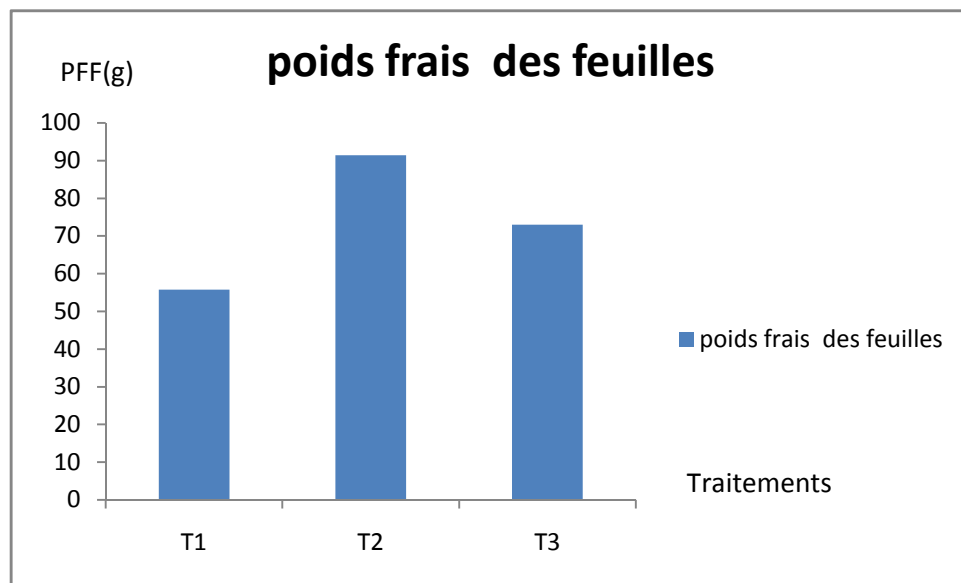
Résultats du nombre de feuilles par l'analyse statistique du G.L.M.

Annexe 05:

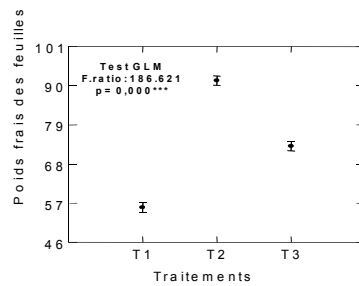


Résultats du poids frais total de plants par l'analyse statistique du G.L.M.

Annexe 06:

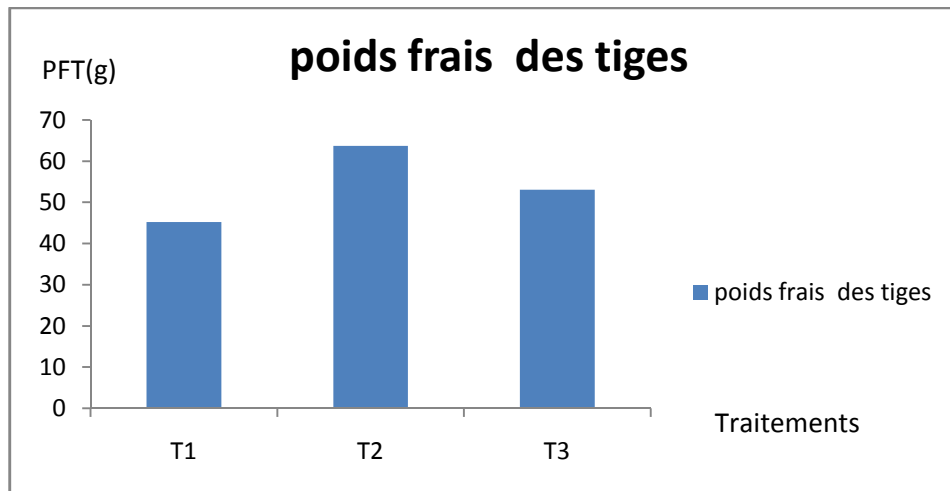


Poids frais des feuilles.

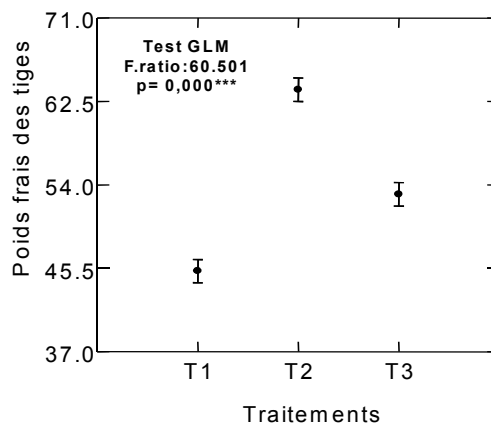


Résultats du poids frais des feuilles par analyse statistique du G.L.M.

Annexe 07 :

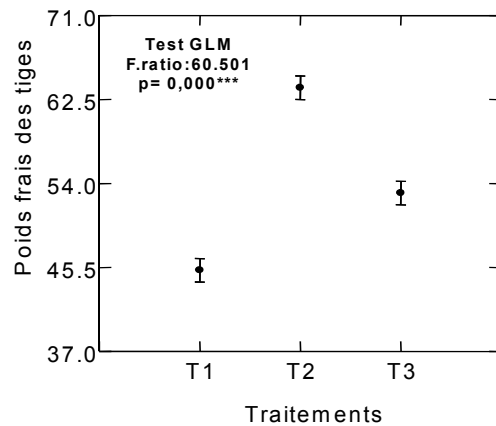
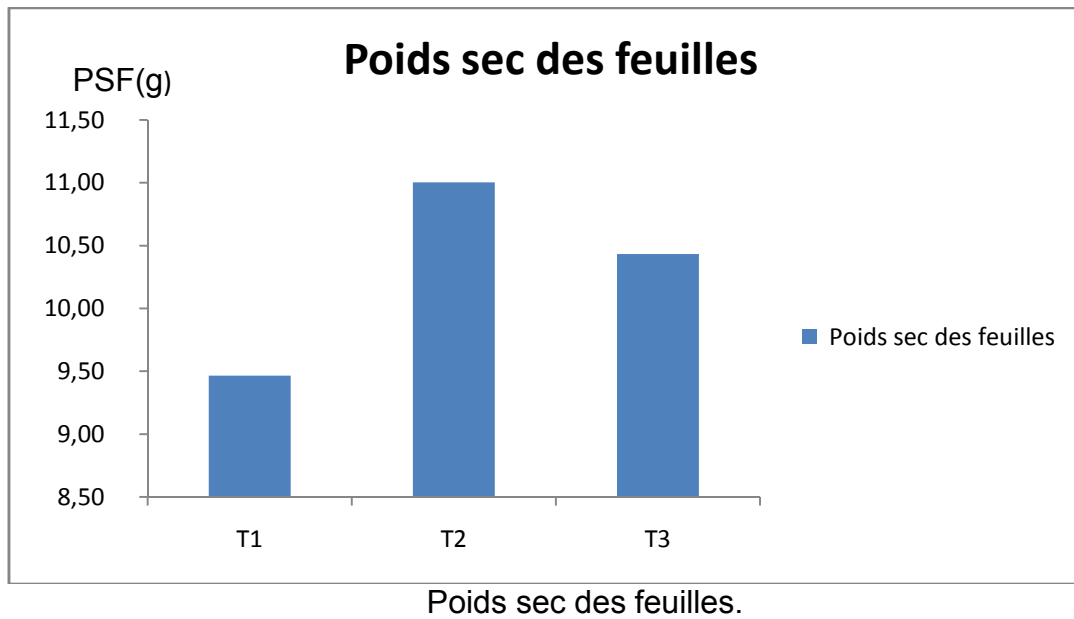


Poids frais des tiges.



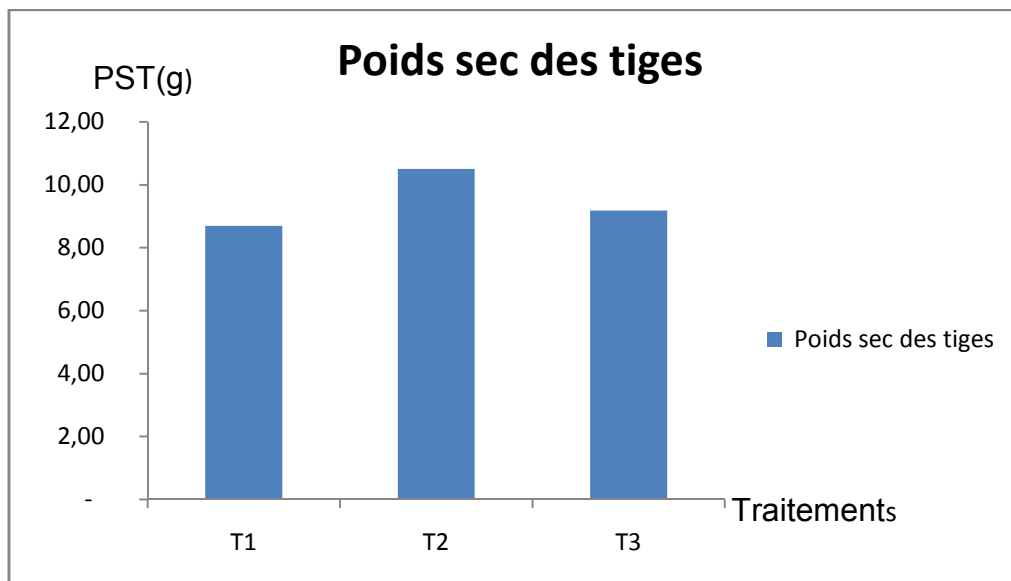
Résultats du poids frais des tiges par l'analyse statistique du G.L.M.

Annexe 08:

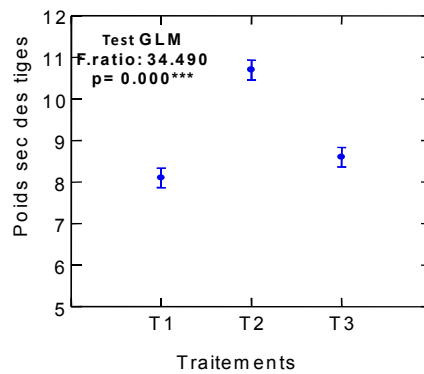


Résultats du poids frais des tiges par l'analyse statistique du G.L.M.

Annexe 09:

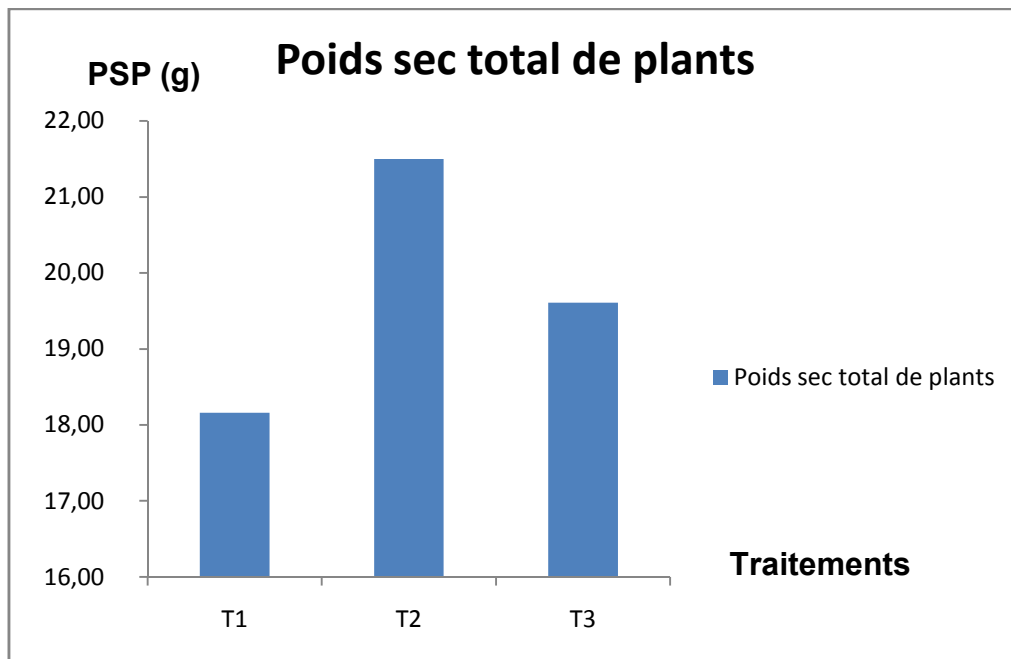


Poids sec des tiges.

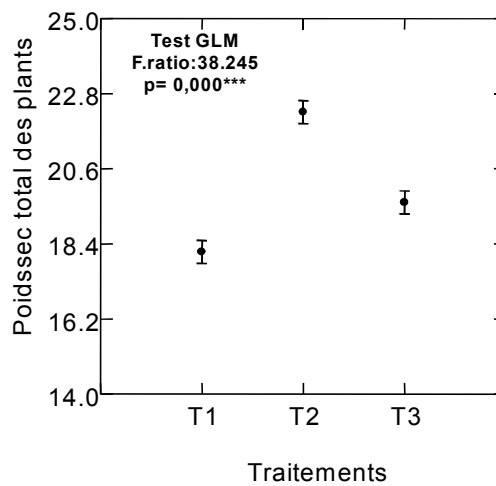


Résultats du poids sec des tiges par une analyse statistique du G.L.M.

Annexe 10:

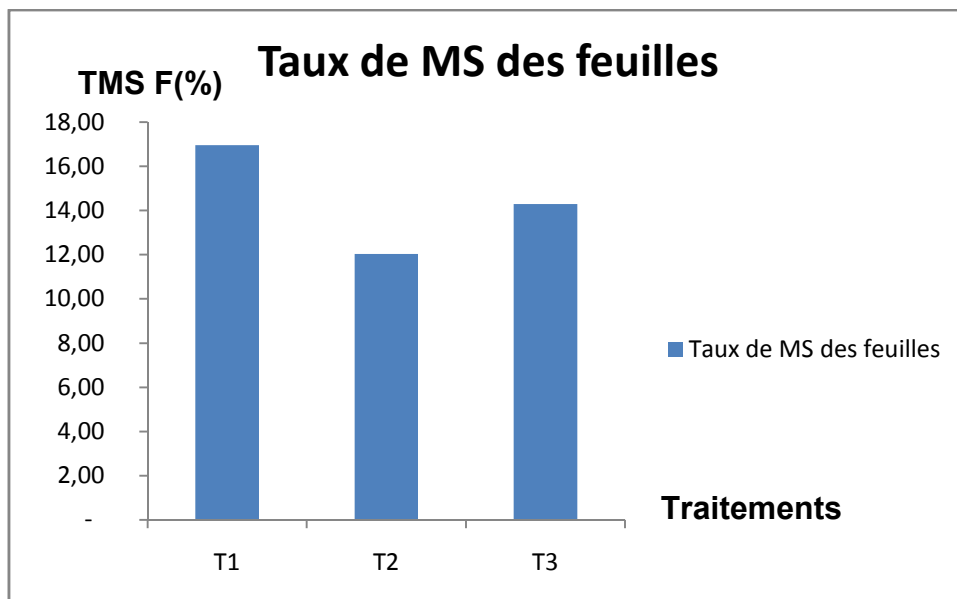


Poids sec total des plants.

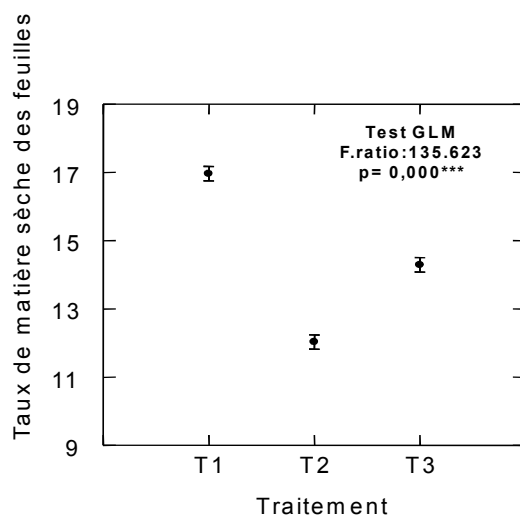


Résultats du poids sec total des plants par l'analyse statistique du G.L.M.

Annexe11 :

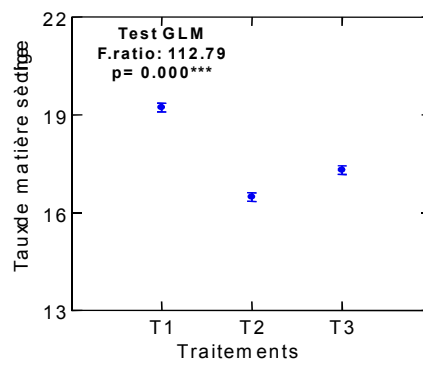
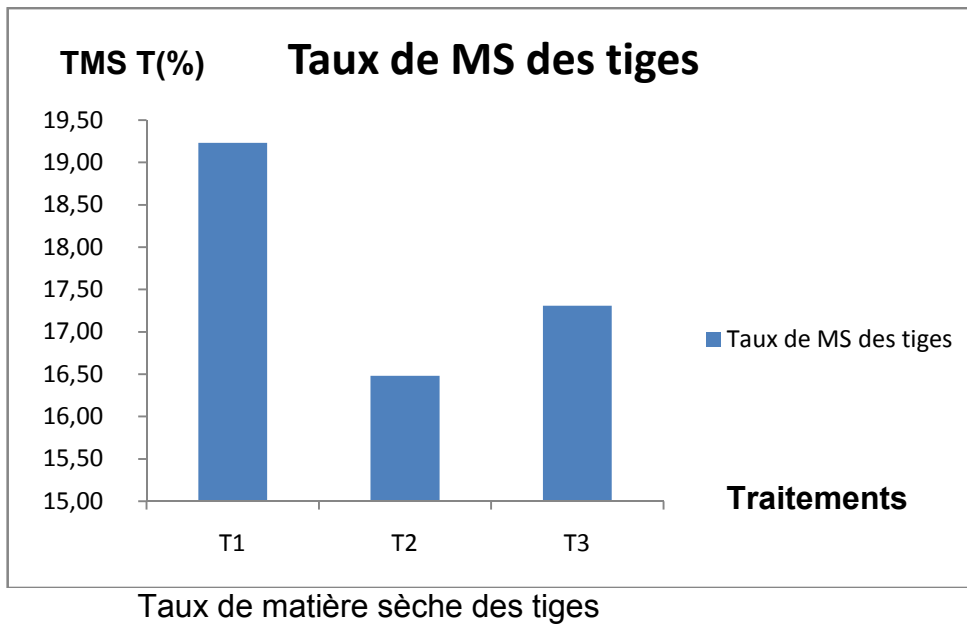


Taux de matière sèche des feuilles.



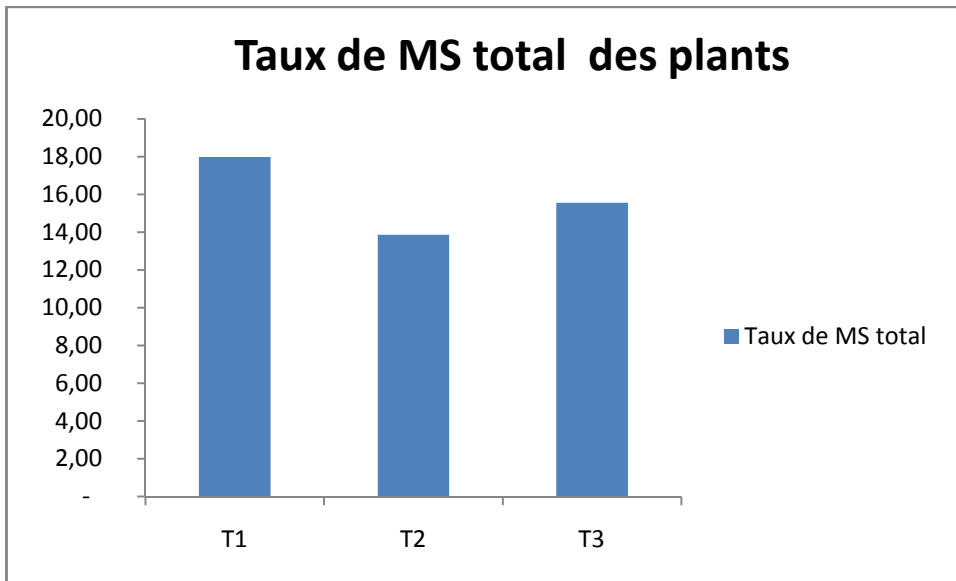
Résultats du taux de matière sèche des feuilles par l'analyse statistique du G.L.M.

Annexe 12:

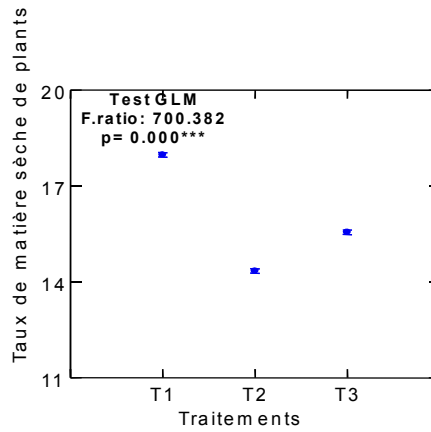


Résultats du taux de matière sèche des tiges par une analyse statistique du G.L.M.

Annexe 13:

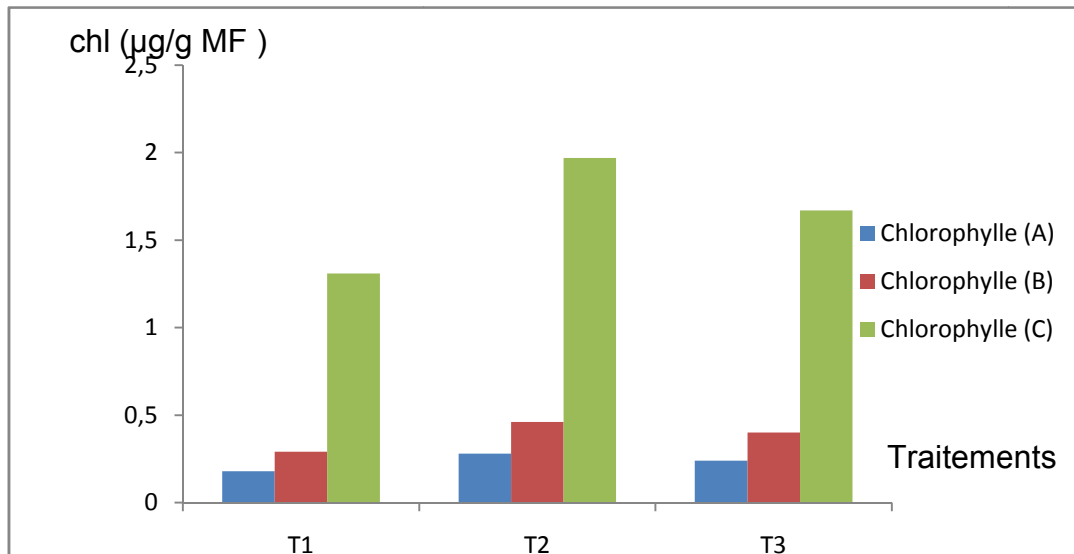


Taux de matière sèche des plants.



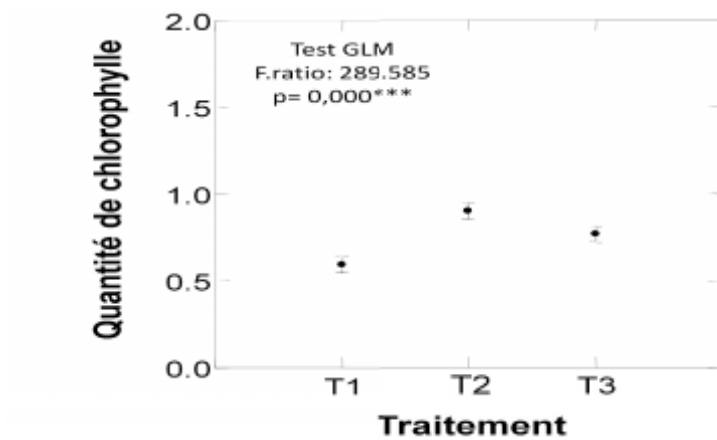
Résultats du taux de matière sèche des plants par l'analyse statistique du G.L.M .

Annexe 14:



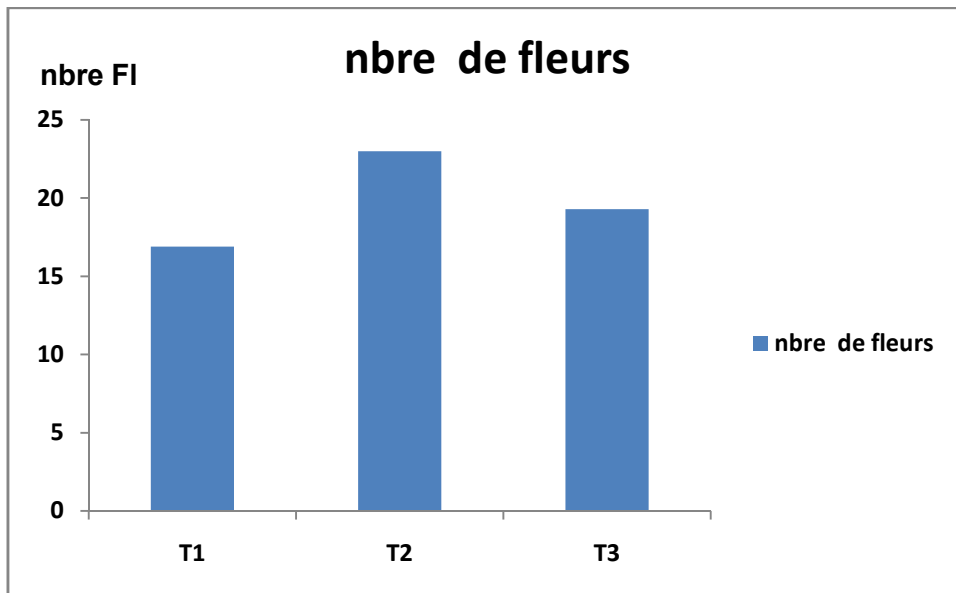
Quantité de la chlorophylle (µg/g)

MF)

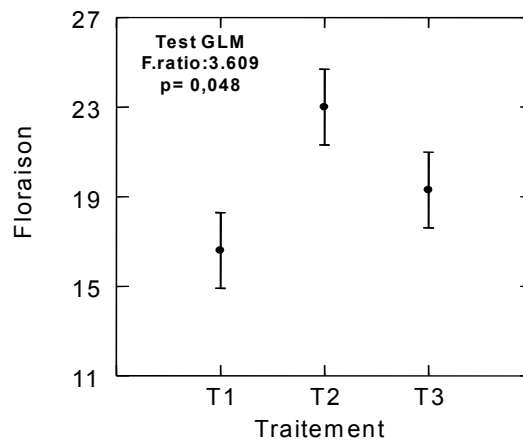


Résultats de la quantité de la chlorophylle par une analyse statistique du G.L.M.

Annexe 15:

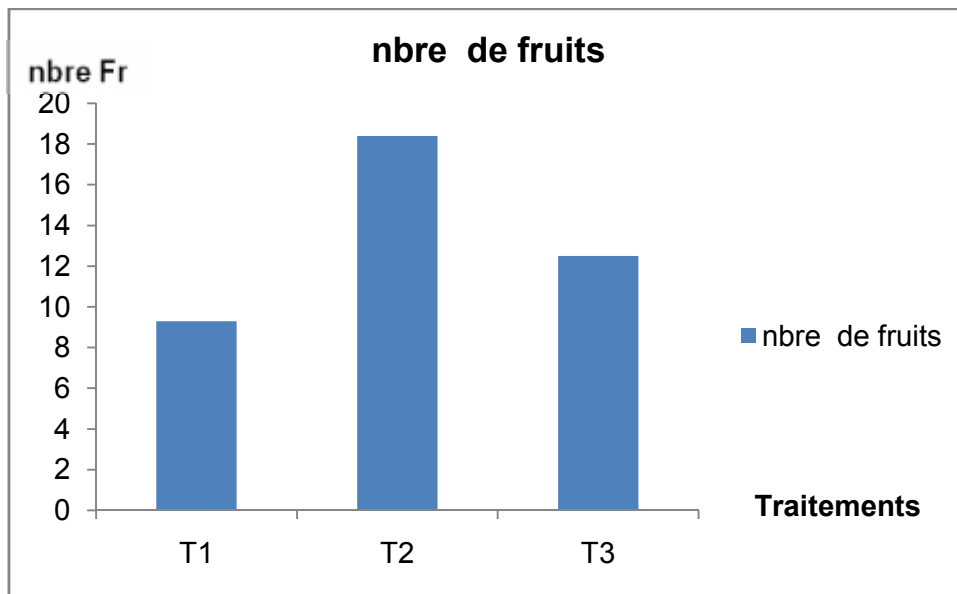


Nombre de fleurs (B1+B2)

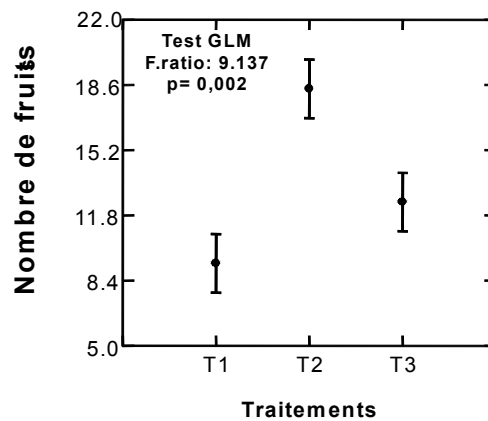


Résultats de la floraison par l'analyse statistique du G.L.M.

Annexe 16:

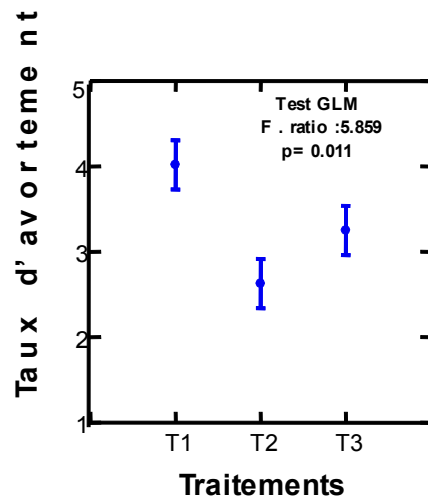
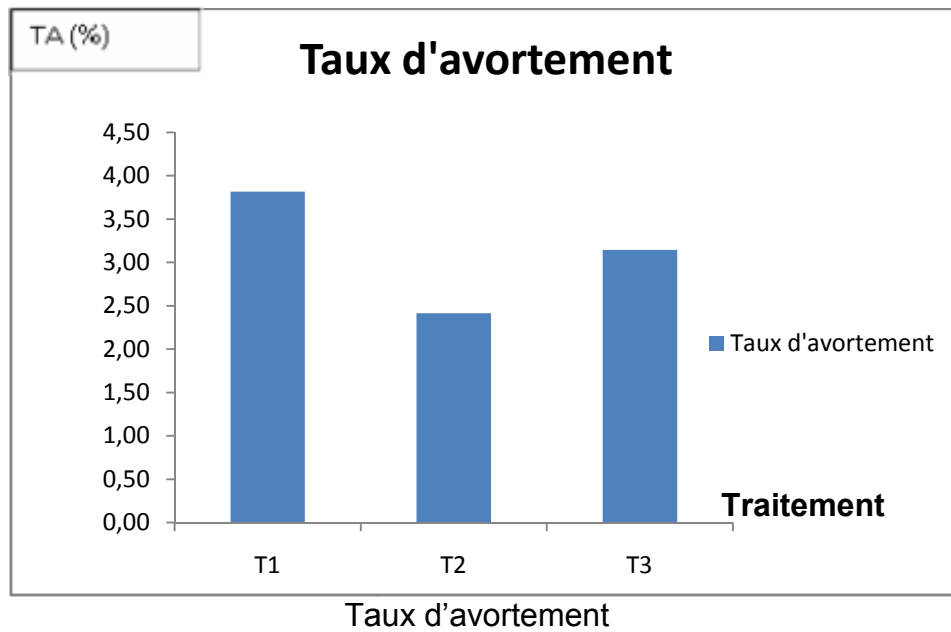


Nombre de fruits (B1+B2)



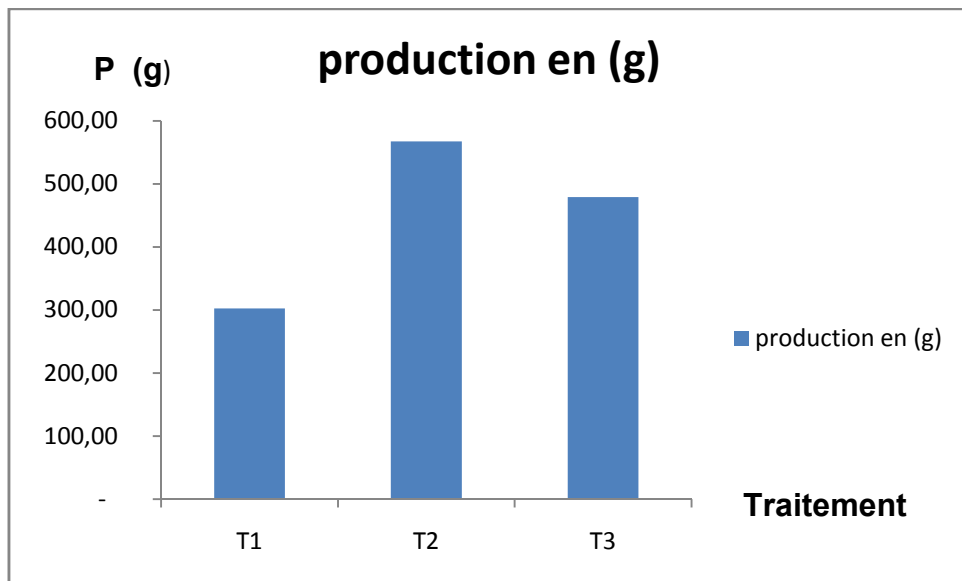
Résultats pour une analyse statistique du G.L.M. pour le nombre de fruits

Annexe 17 :

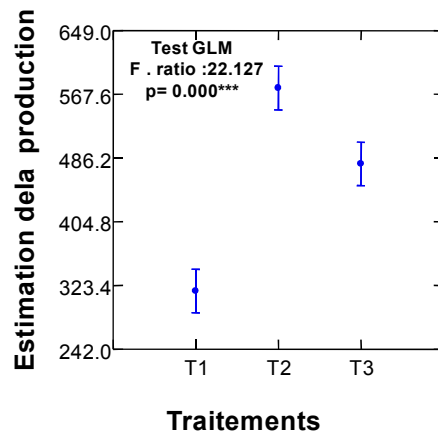


Résultats du taux d'avortement par l'analyse statistique du G.L.M.

Annexe 18 :

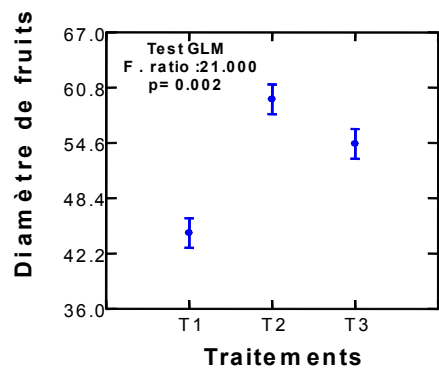
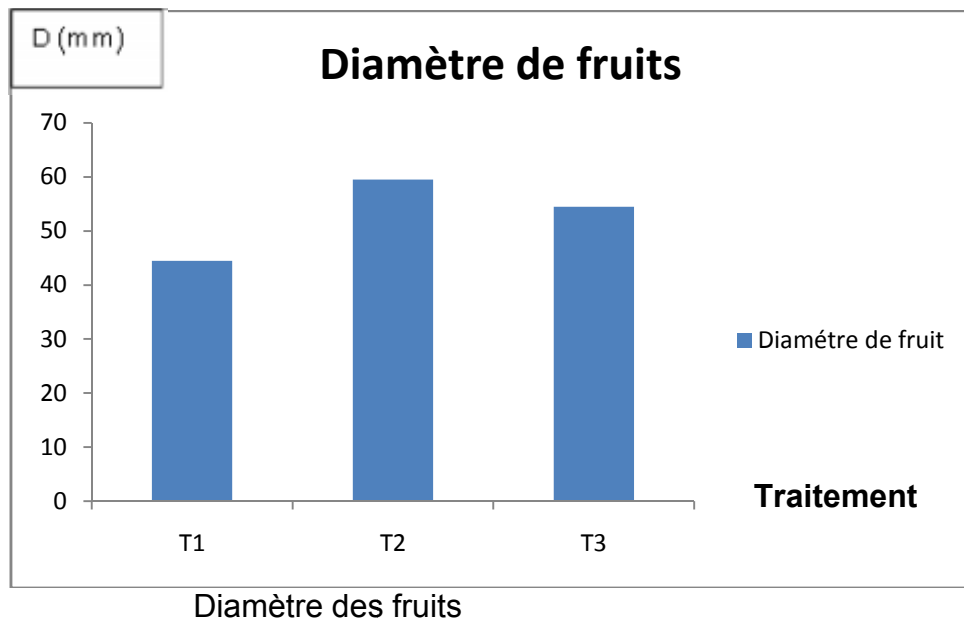


Estimation de la production



Résultats de l'estimation de production des plants par l'analyse statistique du G.L.M.

Annexe 19 :



Résultats du diamètre de fruits par l'analyse statistique du G.L.M.