

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA
FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES ET BIOLOGIQUES
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE**

***EFFET DE LA CONCENTRATION ET DU POTENTIEL
HYDROGENE D'UNE EAU NON CONVENTIONNELLE POUR
L'IRRIGATION SUR LA TOMATE VARIETE « SAINT-PIERRE »
CULTIVEE EN HORS-SOL***

Projet de Fin d'Etude en vue de l'obtention
Du diplôme MASTER
Domaine : Science de la nature et de la vie
Spécialité : Biotechnologie végétale

Présenté par :

DIF FATIHA

Devant le jury composé de :

Présidente : Dr BOUTEKRABT L Maitre de conférence A USDB

Promoteur : Pr SNOUSSI S.A Professeur, USDB

Examineur : Mr ZOUAOUI A Maître assistant A, USDB

Année universitaire 2012/2013

REMERCEMENTS

Grace a dieu le tout puissant qui nous a donnés le courage, la volonté et la santé de préparer ce mémoire.

Au moment de présenter ce travail, il m'est infiniment agréable d'adresser mes sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué à son accomplissement.

Tout d'abord, Je tiens à remercier mon promoteur Mr le professeur SNOUSSI S.A, qui m'a dirigé tout au long de ce travail, pour ses conseils, sa confiance et pour ses directives les plus précieuses.

J'exprime ma reconnaissance et mes sincères remerciements à :
Mm BOUTEKRABT L, qui nous a fait l'honneur d'assurer la présidence du jury.
Mr ZOUAOUI A, d'avoir accepté d'examiner ce Travail et aussi d'avoir m'aider pour le bon achèvement de ce travail par leurs précieux conseils.

Mes plus vifs remerciements vont aussi à tous les personnes qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents.

A mes sœurs : SABRINA et HAYETTE.

A mes frères : MOHAMED et ABD ELHAKIM.

A Mes nièces et neveux : MOHAMED,

WISSAM, SERINE, HANAA.

A toute ma famille et surtout ma cousine :

AMINA

A Mes chers amies : IMANE, NAZIHA et

AMINA

A mes collègues : NAWEL, YUCEF,

MAHDIA, ZAHRA, NADHIRA, REKIA,

AMIN, ABDELHALIM, ABDELREZAK.

Et surtout a Mr ZOUAOUI et Mr ABBAD. Et

tous qui connaissent DIF FATIHA.

Résumé :

La salinité élevée affecte le tiers des terres irriguées à l'échelle mondiale et constitue un facteur limitant prépondérant de la production végétale dans les zones arides et semi-arides.

Notre travail porte sur l'influence de la salinité et du potentiel hydrogène sur la croissance et le développement de la tomate variété Saint-pierre vis-à-vis d'une eau saline naturelle, corrigée et diluée.

L'étude de la réponse de cette variété aux différentes solutions testées, nous a permis d'effectuer des mesures biométriques, de production et des dosages biochimiques .

Les résultats obtenus ont montré que dans le cycle d'irrigation avec une eau saline corrigée améliore les paramètres de croissance, biochimique et de production d'une façon significative par rapport à ceux obtenus avec une irrigation par une solution saline naturelle

Aussi, il y a lieu de noter que la correction du pH uniquement d'une eau saline naturelle a amélioré considérablement les paramètres mesurés précédemment.

Mot clés : salinité- zones arides et semi-arides – potentiel hydrogène (pH)- tomate- Saint-pierre.

Abstract

High salinity affects one the third of on a worldwide scale irrigated grounds and constitutes a dominating factor limiting crop production in the arid and semi-arid regions.

Our work concerns the influence of salinity and the hydrogen potential on the growth and the development of the tomato variety Saint-stone with respect to natural water, corrected and diluted.

The study of the response of this variety to different tested solutions enabled us to take biometric measures, the production's, biochemical parameters essays.

The results showed that in the cycle of irrigation with corrected solution, the parameters of growth and production are improved in a significant way compared to those obtained with irrigation by a rough natural saline solution.

Also, it is noted that the correction of the pH only of natural saline water has greatly improved the parameters measured previously.

Key words: salinity- arid and semi arid areas- potentiel hydrogenate (pH) - tomato- Saint-stone

الملخص

الملوحة العالية تؤثر على ثلث الاراضي المرورية علي المستوية العالمي و تشكل العامل المحدد للانتاج النباتي في المناطق الجافة و شبه جافة.

يتمحور عملنا في تأثير الملوحة و درجة الحموضة في نمو و تطور الطماطم بالنسبة للماء المالح الطبيعي و المصحح و المميّه.

قمنا بدراسة المؤشرات الفيزيولوجية و البيوكيميائية و المورفولوجية لنبات الطماطم مسقية بالمحالييل المبينة سابقا.

اغلبية النتائج تظهر ان السقي بالمياه المالحة المصححة تحسن معايير النمو و الانتاج بطريقة ذات دلالة بالنسبة المتحصل عليها من السقي بالمحلول المالح الطبيعي الصافي.

و يلاحظ ايضا ان تصحيح درجة الحموضة للماء المالح الطبيعي يعطي تحسن ملحوظ للمؤشرات المذكورة سابقا.

الكلمات المفتاحية:

الملوحة- المناطق الجافة و شبه الجافة- درجة الحموضة- الطماطم.

SOMMAIRE

	1	
Introduction		
Chapitre I : La salinité	2	2
I.1. Généralités.....	2	
I.2. Définition de la salinité.....	2	
I.3. Origines et causes de la salinité.....	2	
I.4. Classification des sols salés.....	3	
I.5. La salinité dans le monde.....	4	
I.6. La salinité en Algérie.....	4	
I.7. Salinisation des sols.....	5	
I.8. La salinisation des eaux.....	6	
I.9. Les conséquences de la salinité sur la plante.....	6	
I.10. Précautions à prendre en irrigation localisée pour lutter contre la salinité.....	10	7
Chapitre II : La culture hors sol		
II.1. Généralités.....	12	12
II.2. Définition.....	13	
II.3. Les différents systèmes de culture hors sol.....	13	
II.4. Les avantages et les inconvénients de la culture hors sol.....	14	
II.5. Les composantes de systèmes hors sol.....	15	
Chapitre III: Etude de la plante : Tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill)		18
III.1. généralités		
III.2. Classification.....	19	
		19

III.3. Les exigences de la tomate.....	20
III.3.1. Les exigences climatiques.....	20
III.3.2. Les exigences édaphiques.....	23
III.3.3. Les exigences nutritionnelles.....	24
III.4. Travaux d'entretien.....	25
III.5. importance économique.....	27
III.6. principales maladies et ennemis de la tomate.....	31
III.7. la récolte.....	32
Matériel et méthodes	32
	32
1. L'objectif de l'expérimentation	
2. Matériel végétal.....	32
3. Conditions expérimentales.....	33
4. Description des différents traitements	38
5. Entretien de la culture	45
	47
6. Les paramètres étudiés	47
6.1. Les paramètres biochimiques	48
6.2. Les paramètres physiologiques	49
7. Paramètres de productions	
Chapitre II : Résultats et discussions.	50
1. Paramètres de croissance	
2. Les paramètres biochimiques	70

3.	Les paramètres de production	75
4.	Discussion générale	75
5.	Classements des traitements selon les paramètres biochimiques	77
6.	Classements des traitements selon les paramètres de production	
	Conclusion.....	80

LISTES DES ILLUSTRATIONS, GRAFIQUES ET TABLEAUX

La liste des figures :

Figure N° 01: Vue du site expérimental.....	34
Figure N° 02 : Aspect général des conteneurs.....	36
Figure N° 03 : Pré germination des graines de tomates dans les boites de pétri.....	37
Figure N° 04 : Aspect général des jeunes plantules de tomate après le repiquage.....	37
Figure N° 05 : Stade végétatif en début de traitements.....	37
Figure N° 06 : Schéma du dispositif expérimental.....	38
Figure N° 07 : Vue du dispositif expérimental.....	39
Figure N° 08 : Elaboration de la solution saline diluée à 20%.....	45
Figure N° 09 : Elaboration de la solution saline diluée à 40.....	45
Figure N° 10: Aspect général des plantes irriguées par le traitement salin naturel (T1) comparé au traitement corrigé (T3).....	51
Figure N° 11: Aspect général des plantes irriguées par le traitement salin (pH : 5,5-5,8) (T2) comparé au traitement corrigé (T3).....	51
Figure N° 12 : La comparaison entre les plantes irriguées par le traitement corrigé (T3) et ses dilutions	52
Figure N° 13 : Vitesse de croissance des plantes de tomate (cm/j).....	52

Liste des tableaux

Tableau 1: Caractéristiques des différentes catégories des sols salés.....	4
Tableau 2: Températures moyennes optimales au développement de la tomate.....	22
Tableau 3: La production mondiale annuelle de tomates	27
Tableau 4: Les dix premiers producteurs de tomates 2008-2010.....	27
Tableau 5: Evolution de la tomate maraichère en Algérie entre 2002-2012.....	28
Tableau 6: Les principales maladies cryptogamiques et bactériennes de la tomate.....	29
Tableau 7: Les principales maladies virales de la tomate	30
Tableau 8: Les principaux ravageurs et insecte de la tomate.....	31
Tableau 9: Moyennes des températures par décade enregistrées sou serre en °C.....	35
Tableau 10: Teneurs des différents éléments minéraux dans l'eau de Blida.....	40
Tableau11: Eau d'Oued Cheliff naturelle, reconstituée avec l'eau de Blida en meq/l(T1).....	41
Tableau 12: Eau d'Oued Cheliff naturelle, reconstituée avec l'eau de Blida (T2).....	42
Tableau 13: Eau d'Oued cheliff corrigée, reconstituée avec l'eau de Blida (T3).....	43
Tableau 14: Composition des solutions complémentaires d'oligo-éléments "A" et "B"	44
Tableau 15: Doses et fréquences d'irrigation nécessaire pour la culture de tomate.....	46
Tableau 16: Programme des traitements phytosanitaires réalisés	47
Tableau 17: Hauteur moyenne des tiges en (cm).....	53
Tableau 18: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1	54
Tableau 19: Diamètre moyen des tiges en (mm).....	55
Tableau 20: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1	56
Tableau 21: Nombre des feuilles / plante.....	56
Tableau 22: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	57
Tableau 23: Biomasse fraiche totale en [g].....	58
Tableau 24: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	58
Tableau 25: Biomasse fraiche des feuilles, des tiges et des racines [g].....	59

Tableau 26: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1	
Tableau 27: La longueur des racines [Cm].....	61
Tableau 28: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	62
Tableau 29: Biomasse sèche totale (g).....	63
Tableau 30: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	64
Tableau 31: Biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines [g].....	64
Tableau 32: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	65
Tableau 33 : La matière sèche totale [%].....	66
Tableau 34 : Quantité du proline dans les feuilles médianes de la plante.....	67
Tableau 35: Quantité de la chlorophylle (A) [µg/g MF]	68
Tableau 36: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	69
Tableau 37: Quantité de la chlorophylle (B) [µg/g MF].....	69
Tableau 38: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	70
Tableau 39: Quantité de la chlorophylle (C).....	70
Tableau 40: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	71
Tableau 41: Nombre de fleurs par bouquet floral et par plant.....	72
Tableau 42: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	73
Tableau 43: Nombre de fleurs nouées par bouquet floral et par plant	73
Tableau 44: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	74
Tableau 45: Taux d'avortement des fleurs par bouquet floral.....	75
Tableau 46: Classements des traitements selon les paramètres biométriques.....	76
Tableau 47: Classements des traitements selon les paramètres biochimiques.....	77
Tableau 48: Classements des traitements selon les paramètres de production.....	79

LA LISTE DES ABREVIATIONS

% : pourcent

°C : degré Celsius

CE : conductivité électrique

cm : centimètre

C.V : coefficient de variation.

D.D.L : degré de liberté.

DO : densité optique

ESP : le pourcentage de sodium échangeable

g : gramme

ha : hectare

Kg : kilogrammes

Km : kilomètre

L : litre

mèq : milliéquivalent

MF : matière fraîche

mg : milligramme

ml : millilitre

mm : millimètre

MS : matière sèche

nm : nanomètre

P : probabilité

pH : potentiel hydrogène

Qx : quintaux

S.C.E : somme des carrés des écarts

T : tonne

t° : température

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

Chapitre I : La salinité

I.1. Généralités :

Les terres arides et semi arides représentent un tiers de la surface du globe. Dans ces zones, la salinité des sols et des eaux d'irrigation est l'un des facteurs limitatifs de la productivité végétale et du rendement agricole. (ZID et GRIGNON, 1991 ; BAATOUR et *al.*, 2004).

Ces écosystèmes sont caractérisés par une faible et une forte irrégularité des précipitations (MNIF et CHAIEB, 2004 ; REZGUI et *al.*, 2004) associées à une importante évaporation favorisant l'accumulation des sels dans le sol (HAYEK et ABDELLEY, 2004). Ce phénomène affecte près de 7% de la surface globale dans le monde (MUNNS, 2002). L'Algérie se situe parmi les pays touchés, presque 3,2 millions d'hectares de la surface sont salins (HAMDY, 1999).

I.2. Définition de la salinité :

Selon (FRAJ, 2004), la salinité est une quantité globale des sels solubles contenus dans l'eau d'irrigation ou dans la solution du sol, du fait que :

- Les ions des sels solubles retiennent l'eau et sont à l'origine de la pression osmotique qui s'élève lorsque leur concentration augmente.
- Tous les ions en excès sont nuisibles pour les plantes.

I.3. Origines et causes de la salinité :

La salinité à plusieurs origines, elle peut provient de :

- la transformation des roches mères, par le passage de l'eau au contact de ces roches, il s'enrichit en sels, les transporte et les répand avec le temps.
- La nappe phréatique salée et peu profonde provoque une salinisation de l'horizon de surface du sol par la remontée capillaire.
- La minéralisation de la matière organique, comme tous amendements organiques, le fumier, lors de son application, peut augmenter la salinité du sol.
- Les engrais minéraux influencent la salinité du sol par l'action spécifique de chacun de leurs ions, ainsi que par les quantités solubilisées c'est-à-dire ionisées.

- Les produits des traitements de la terre et des plantes (fongicides, herbicides, insecticides) agissent aussi sur la salinité du sol. (FRAJ, 2004).

La salinité excessive affecte la rhizosphère et limite la répartition des plantes dans leur habitat naturel. Le fort éclaircissement et les rares pluies dans les régions semi-arides et arides accentuent la salinisation des périmètres irrigués et les rendent impropres aux cultures. (ZAGHDOUD et *al.*, 2011).

Les sols salés sont caractérisés généralement par des propriétés physiques, chimiques, et biologiques défavorables à la croissance des végétaux. Ainsi, les sels provenant de l'eau d'irrigation s'accumulent dans le sol en provoquant l'augmentation de la pression osmotique et peuvent conduire à la stérilisation du sol. D'une façon générale la relation entre le rendement relatif des cultures et la salinité est à peu près linéaire sur la base de comparaison entre le rendement de la même culture en sols salé et non salé (KATERJI, 1995). La salinisation du sol limite considérablement la production des cultures et par conséquent a des effets négatifs sur la sécurité alimentaire. (RHODRI et MORINI, 2002).

I.4. Classification des sols salés :

Il existe plusieurs classifications des sols dans le monde. La classification américaine, française, russe et celle de la FAO (1975).

Parmi ces classifications, celle proposée par (U.S.S.L, 1954), et aussi celle proposée par (DUCHAUFOR, 1977) et (CHERBUY, 1991) qui voient en ces sols, trois grandes classes :

- Sols salins.
- Sols salin à alcalins.
- Sols alcalins.

Tableau 1: caractéristiques des différentes catégories des sols salés.

catégorie	CE à 25C° (ms.cm ⁻¹)	ESP (%)
Sols alcalins	>4	<15
Sols salins à alcalins	>4	>15
Sols alcalins (sodiques)	<4	>15

(MERMOUD, 2006)

I.5. La salinité dans le monde :

Les terres émergées représentent 13,5 milliard d'ha. Mais, quand on a retiré les déserts, les hautes montagnes, l'Antarctique, le Groenland, il reste 3 milliards d'ha cultivables, soit 22% du total; c'est seulement 50 fois la France (NAHON, 2008). La moitié de ces 3 milliards d'ha cultivables sont déjà cultivés. Comme on prévoit à court terme le doublement des populations humaines, il est plus que temps de se préoccuper de la sauvegarde du capital sol. Or, ce capital est inextensible et menacé (NAHON, 2008).

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe. Selon la FAO et les estimations les plus récentes, elle affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente. Elle est donc très importante quantitativement puisque, encore une fois, nous n'avons qu'un milliard et demi d'ha cultivés sur la Terre. (LEGROS, 2009)

En effet, (HAMDY *et al.*, 1995) ont constaté que les terres irriguées affectées par la salinité correspondent à 27% de la surface irriguées dans le monde. Cette menace selon (CHEVERRY, 1995) occasionne, chaque année des pertes de terres, variables selon les auteurs de 10 à 12 millions d'hectares.

I.6. La salinité en Algérie :

En Algérie, il n'est recensé aucune étude cartographique fiable et précise permettant de délimiter les zones touchées par la salinité des terres et la quantification de la teneur des sels dans le sol. Néanmoins il existe quelques données fragmentaires qui donnent une idée générale sur le phénomène de salinité et de la dégradation des terres.

D'après (SZABLOCS, 1989) 3,2 million d'hectares subissent à des degrés de sévérité variable, le phénomène de salinisation dont une bonne partie se trouve localisée dans les régions steppiques où le processus de salinisation est plus marqué du fait des températures élevées durant presque toute l'année, du manque d'exutoire et de l'absence de drainage efficient.

Ce phénomène est observé dans les plaines et vallées de l'Ouest du pays (Mina, Cheliff, Habra, Sig et Maghnia) dans les hautes plaines de l'Est (Constantine, Sétif, Bordj Bou Arreridj, Oum El Bouagui), aux abords des Chotts et de Sbkhas (Chott EChergui, Chott

Gharbi, Chott Hodna, Chott Melghir, Sebkha d'Oran, de Benziane, Zemmoul, Zazhrez Gharbi et Chergui, etc....) Et dans le grand Sud (dans les Oasis, le long des oueds, etc....) (SZABLOCS,1989).

I.7. Salinisation des sols :

La salinisation est le processus par le lequel les sels solubles s'accumulent dans le sol et elle a été identifiée comme un processus majeur de la dégradation des terres. Les causes techniques les plus importantes à l'origine de la diminution de la production sur de nombreux périmètres irrigués, particulièrement dans les zones arides et semi-arides. Il est estimé, à partir de diverses données disponibles que le monde perd au moins 3 ha de terres arables chaque minute à cause de la salinité du sol. (IPTRID, 2006). La salinisation est de deux types, primaire et secondaire :

I.7.1. La Salinisation primaire :

La salinisation primaire contemporaine de la pédogenèse est dite naturelle lorsque les sels sont autochtones (présents dans le milieu) (MANIGUET, 2003) :

- Par héritage de dépôts d'évaporites paléoclimatiques ;
- Par dépôts de lacs salés intérieurs ;
- D'origine volcanique ; dans les aires volcaniques, les eaux allochtones sont alcalines, riches en sels carbonates sodiques issus du magma ou de l'hydrolyse des minéraux des laves ;
- D'origine océanique par intrusion d'eau marine dans les deltas ou les lagunes avec, par évaporation de l'eau, précipitation des sels halite, gypse, sylvite ;
- Apports éoliens liés à la déflation ;
- Liées à des eaux superficielles allochtones salées, qui peuvent être des pluies salées, des eaux de ruissellement salées lors de leur parcours sur des formations salines ;
- Par remontée capillaire des eaux souterraines salines artésiennes ou libres.

I.7.2. La salinisation secondaire :

La salinisation secondaire, résultat d'activités agricoles sur un sol déjà formé, est corollaire de l'irrigation, à la fois conséquence de la quantité d'eau apportée, de sa qualité (nature et concentration des sels) de la texture des sols et du climat. Dans les aires de grande

irrigation s'ajoute l'inadéquation du réseau de drainage des eaux usées souvent insuffisant par sa densité, par la profondeur des drains, par sa pente et son mauvais état (MANIGUET, 2003).

I.8. La salinisation des eaux :

Le manque d'eau de bonne qualité constitue désormais une contrainte majeure lorsque l'on veut créer de nouveaux périmètres irrigués. L'eau salée sera utilisée en plus à l'avenir à cause de développement de la demande de l'eau d'irrigation. Cependant, les eaux salées peuvent être utilisées en irrigation sur certains sols si des pratiques appropriées de gestion sont appliqués (HAMDY, 1991).

En outre, l'eau salée est fréquemment la seule eau disponible dans certaines régions, il devient nécessaire d'accepter ses limitations et de l'utiliser rationnellement, ce qui fait de la valorisation des eaux salées une des préoccupations importantes dans le monde aujourd'hui.

L'irrigation avec des eaux riches en sels peut entraîner la fixation de sodium par le complexe adsorbant du sol, donc un processus de salinisation, avec ses conséquences éventuelles pour les propriétés du sol : tendance à la dispersion des argiles, à la dégradation de la structure, à la perte de perméabilité et à l'asphyxie des plantes. L'intensité du processus de salinisation dépend des caractéristiques du sol, de la qualité des eaux utilisées, des conditions de leur emploi et en particulier de l'efficacité du système de drainage. Cependant ces pratiques d'irrigation accroissent le risque de salinisation, au point que plus de 20 % des sols irrigués sont affectés par un problème de salinité en Algérie (DAOUDI et HARTANI, 2007 ; BOUHLASSA et *al.*, 2008 ; ROUABHIA et DJABRI, 2010).

I.9. Les conséquences de la salinité sur la plante :

I.9.1. Effet de la salinité sur la germination :

La salinité agit sur la germination en ralentissant sa vitesse, ce qui expose plus la semence aux risques, et en diminuant plus ou moins fortement son taux de germination selon la concentration en sels dont NaCl. Elle intervient vraisemblablement par deux effets, l'un osmotique et l'autre toxique. (FRADJ, 2004).

- Les effets osmotiques se traduisent par l'inaptitude des graines à absorber des quantités suffisantes en eau pour les ramener à leur seuil critique d'hydratation, nécessaire au déclenchement du processus de germination.
- Les effets toxiques sont liés à une accumulation cellulaire de sels qui provoquent des perturbations des enzymes impliquées dans la physiologie des graines en germination, empêchent la levée de dormance des embryons et conduisent à une diminution de la capacité de germination. (REJILI et al, 2006).

I.9.2. Action sur la croissance et le développement :

Les effets de la salinité sur la croissance des plantes varient en fonction du type de salinité, de la concentration du sel, de l'espèce, de la variété, de l'organe de la plante, ainsi que de son stade végétatif (LEVIGNERON et *al.*, 1995).

La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement (GILL, 1979 ; ELMEKKAOUI, 1990 et BOUKACHABIA, 1993), les effets de la salinité se manifestent principalement par une diminution de la croissance de l'appareil végétatif, caractérisé par la faible ramification, le faible diamètre des organes, le nombre réduit des nœuds et les réductions du nombre de feuilles et de la longueur de la tige et par conséquent l'augmentation du rapport racine/tige. Une baisse des poids de matières fraîche et sèche est aussi démontrée (RUSH et al, 1981). Cette inhibition de la croissance des plantes se fait selon trois manières principales : par une toxicité ionique (surtout de Na⁺ et Cl⁻), un stress osmotique et une perturbation nutritionnelle (GREENWAY et MUNNS, 1980 ; LEVIGNERON et *al.*, 1995). Une réduction de la croissance de la partie aérienne est la première réponse observée des glycophytes à l'augmentation de la salinité au niveau des racines ; il s'agit de l'effet destructif le plus significatif en cas d'une exposition prolongée à la salinité.

Le ralentissement de la croissance peut résulter de plusieurs facteurs, à savoir :

- la perte de turgescence des cellules, due au stress osmotique, induit par les solutés externes (SERRANO et GAXIOLA., 1994),
- l'utilisation des composés carbonés et azotés à des fins de protection et d'osmorégulation, aux dépens de leur implication dans la production de biomasse (ALARCON et *al.*, 1994),

- l'accumulation excessive d'électrolytes dans les tissus de la plante, entraînant un effet de toxicité (GROUZIS *et al.*, 1976),
- le déséquilibre nutritionnel causé par l'absorption réduite des ions essentiels comme K^+ , Ca^{++} ou NO_3 en liaison avec cette accumulation excessive (HAOUALA *et al.*, 2007).

I.9.3. Action sur l'absorption :

Chez les végétaux stressés par le sel, les concentrations des solutés organiques et inorganiques varient, selon les espèces, selon l'âge de la plante et selon le traitement salin. (RAHMOUNE *et al.*, 1997 ; BEN NACEUR, *et al.*, 2002).

La sensibilité à la salinité des espèces végétales est due notamment à l'absorption et à l'accumulation d'une quantité relativement élevée de (Na^+) et (Cl^-) au niveau des feuilles (BELL, 1999 ; CICEK *et al.*, 2002). La grande accumulation de Cl^- dans les feuilles peut contribuer au maintien d'un gradient osmotique en condition de salinité modérée. C'est au niveau des feuilles que se visualise le plus l'effet toxique des ions chlorures. Les dégâts observés sur la végétation sont dus à la toxicité des chlorures (Cl^-) et non aux ions sodium (Na^+) qui sont généralement inoffensifs vis-à-vis de la plupart des plantes. La surface foliaire nécrosée est souvent directement proportionnelle à l'accumulation des chlorures (GARREC *et al.*, 1989). Celui-ci s'exprime à partir de 20 mM de Cl^- dans la solution du sol pour les espèces sensibles, et jusqu'à 80 à 100 mM chez les plantes résistantes. (MARSCHNER, 1990).

I.9.4. Effets de la salinité sur la photosynthèse :

La salinité réduit la croissance et la photosynthèse de la plante, cette réduction est due aux effets complexes d'interactions osmotiques, ioniques, et nutritionnelles (BINAIRE, 1997 in RASANEN, 2002). La présence de chlorure de sodium dans le sol a généralement pour effet de réduire l'intensité de la transpiration des glycophytes et de nombreux halophytes en l'absence de toute diminution de la turgescence (GREENWAY et MUNNS, 1980), suggèrent que la salinité affecte en premier lieu la croissance de la plante puis la photosynthèse, causant suite aux phénomènes de « feed-back » une réduction de la capacité photosynthétique. Particulièrement chez les glycophytes, la présence continue de NaCl dans le milieu de culture entraîne une augmentation d'une part de l'épaisseur des limbes (ce qui deviendrait un élément limitant dans la porosité stomatique) et d'autre part des vitesses d'ouverture des stomates.

La photosynthèse étant réduite chez les plantes cultivées en milieu salin. A tout d'abord pensé que cet effet dépressif serait à l'origine de la diminution de la croissance. Toutefois, comme cette croissance diminue plus tôt que la photosynthèse et, à long terme, elle décline davantage que cette dernière. Il a alors considéré que l'accumulation de carbone par les plantes serait affectée par la salinité à cause d'une réduction de l'indice foliaire plutôt que du taux de la photosynthèse (MUNNS, 1993).

Le sel peut également provoquer la modification de la densité des stomates, du nombre et du diamètre des vaisseaux du xylème chez les halophytes, ou accélérer le cycle biologique avec changement de la voie métabolique de fixation du carbone (LEVIGNERON et *al.*, 1995).

I.9.5. Effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille :

La salinité cause une augmentation de l'épaisseur de l'épiderme, l'épaisseur du mésophylle, la longueur des cellules palissadiques le diamètre des cellules palissadiques dans les feuilles de l'haricot, du coton et de l'atriplex (LONGSTRETH et NOBEL, 1979 in PARIDA et DAS, 2005). La salinité réduit aussi l'espace intercellulaire dans les feuilles (DELPHINE et *al.*, 1998 in PARIDA et DAS, 2005).

L'épaisseur du mésophylle et de l'épiderme ainsi que l'espace intercellulaire diminuent significativement dans les feuilles traitées avec le NaCl de la mangrove *B. prviflora*. (PARIDA et DAS, 2005).

Le stress salin cause :

- Le développement de la vacuolisation et un gonflement partiel du réticulum endoplasmique,
- Le gonflement de la mitochondrie,
- La vésiculation et la fragmentation du tonoplaste
- La dégradation du cytoplasme par le mélange de la matrice cytoplasmique et vacuolaire des feuilles de la patate douce (*Ipomoea batatas*) (MITSUYA et *al.*, 2000 in PARIDA et DAS, 2005).

I.9.6. Effet de la salinité sur le comportement biochimique de la plante :

Sous les conditions salines il y a un changement dans le modèle d'expression des gènes, et des changements qualitatifs et quantitatifs dans la synthèse des protéines. (REYNOLDS *et al.*, 2001).

Le stress salin induit une perturbation de la composition lipidique et protéique au niveau de la membrane cellulaire, affectant ainsi sa stabilité (ALEM et AMRI, 2005). La présence du sel en forte concentration inhibe principalement le métabolisme cellulaire et la photosynthèse (TREMBLIN et COUDRET, 1986) par l'imposition d'un stress osmotique (HAYASHI et MURATA, 1998) sur la cellule et par la toxicité du sodium (NIU *et al.*, 1995) et du chlorure dans le cytoplasme.

Chez diverses espèces, plus ou moins résistantes, il ya une augmentation des sucres totaux résultant d'un blocage de la glycolyse ou du saccharose provenant d'une forte hydrolyse de l'amidon (ASLOUM, 1990).

I.10. Précautions à prendre en irrigation localisée pour lutter contre la salinité :

1. Il est possible, avec une bonne conduite des arrosages, de faire deux choses pour éviter la salinité :

- maintenir une forte humidité disponible dans une partie de la couche supérieure de sol explorée par les racines de telle sorte que la culture n'ait pas à s'alimenter en eau et sels minéraux dans les couches inférieures plus salées.
- Empêcher par des arrosages fréquents que les sels se concentrent de façon appréciable entre les arrosages. (VERMEIREN et JOBLING, 1983).

2. Le drainage profond : La principale méthode et la plus adaptée pour lutter contre la salinité est la réalisation de systèmes de drainage adaptés pour permettre:

-un rabattement de la nappe phréatique en dessous d'une cote telle que les remontées capillaires soient très limitées.

- la création de flux souterrain permettant d'évacuer les sels en excès hors de la parcelle.

- la coupure des flux souterrains d'eau chargée en sels d'une parcelle à un autre. (LACHARME, 2001)

3. Eviter de cultiver des espèces maraichères en été compte tenu la forte évapotranspiration.
4. Eviter les espèces sensibles à la salinité et ne cultiver que les espèces tolérantes

Chapitre II : La culture hors sol

II.1. Généralités :

Le développement des connaissances sur la nutrition minérale des plantes a amené les scientifiques à proposer les systèmes de culture hors-sol qui permettent de manipuler facilement et d'optimiser les composantes du rendement.

Selon (BLANC, 1987), l'histoire des cultures hors-sol débute aux environs de 1860 mais ce n'est qu'en 1940 qu'est définitivement établie la liste exhaustive des éléments indispensables à la croissance normale de la plante hors de son milieu naturel. Dès lors, l'introduction des techniques hors-sol dans le domaine agricole peuvent être envisagées. Elles y font effectivement leur entrée à cette époque timidement et seulement dans des situations exceptionnelles. Les raisons de ce développement sont multiples, la principale en est d'ordre pathologique : ces techniques peuvent apporter, en effet une solution la plus souvent définitive aux problèmes de fatigue de sols, responsable en cultures intensives sous-serre d'une baisse irréversible de la productivité.

La culture hydroponique ou culture hors sol relève des nouvelles technologies de production agricole où le sol naturel est remplacé par un substrat de culture artificiel (KOUASSI, 2009), C'est l'unique solution lorsque le sol naturel souffre de contraintes incorrigibles (terrain rocailleux, hydromorphes, salés, ...), alors que tous les autres facteurs (climat, disponibilité et qualité de l'eau, proximité et prix du marché, ...) sont favorables (AÏT HOUSSA, 2004).

La culture hydroponique est très présente en horticulture et dans la culture forcée de certains fruits et légumes. Elle permet d'accélérer le processus de maturation des fruits grâce à un rythme nyctéméral plus rapide et permet plusieurs récoltes par an (DANUMAH, 2009).

La situation des cultures hydroponiques en Algérie n'évolue guère si ce n'est qu'elle reste au stade expérimental dominé par quelques travaux de recherche.

Ainsi, les premiers travaux en Algérie ont été réalisés lors de la mise au point des cultures hydroponiques au Sahara à Béni-Abbes (CHAUARD, 1952).

L'initiation des travaux a été effectuée précédemment par : DJOUDI (1979) et SNOUSSI (1980).

II.2. Définition :

LESAINTE et COÏC (1983), définissent la culture hors sol comme une culture sur un milieu aqueux qui doit contenir les éléments minéraux dont les plantes ont besoin. C'est donc une culture sur une solution nutritive, où cette dernière est le résultat de l'enrichissement de l'eau du réseau par des engrais soluble en respectant des équilibres ioniques défini, propres aux besoins du végétal.

Au sens strict, la culture hors-sol est la culture dans un milieu racinaire qui n'est pas le sol naturel, mais un milieu reconstitué et isolé du sol.

On parle souvent de cultures sur substrat, car ce milieu reconstitué repose souvent sur l'adoption d'un matériau physique stable: le substrat, parfois d'origine manufacturé et industriel, parfois d'origine naturelle.

Il existe cependant des cas de cultures hors-sol n'utilisant pas de substrats: cultures sur film d'eau ou hydroponiques. (VITRE, 2003)

MORARD (1995), définit les cultures hors-sol comme « des cultures de végétaux effectuant leur cycle complet de production sans que leur système racinaire ait été en contact avec leur environnements naturel, le sol ».

Les racines des végétaux en culture hors-sol sont alimentées par un milieu liquide. Le support solide quand il existe est qualifié du terme général de substrat. Il ne joue aucun rôle dans la nutrition minérale de la plante. (MORARD, 1995)

II.3. Les différents systèmes de culture hors sol :

Selon URBAN (1997), on distingue les systèmes de culture hors sol suivants :

- L'aéroponique, dans lequel les racines sont placées dans un bouillard nutritif.
- L'hydroponique *stricto sensu*, dans lequel les racines baignent dans un liquide nutritif.

On distingue encore :

- l'aquiculture, sur milieu nutritif non circulant.
- la NFT (nutrient film technique) : systèmes de culture sur solution nutritive circulante.
- La culture sur substrat inerte ou réactif, qui désigne les cultures hors sol faisant appel à des supports de culture placés dans des conteneurs tels que des pots, des sacs, des tranchés ou des bacs. Les substrats sont irrigués soit par percolation, soit par subirrigation.

II.4. Les avantages et les inconvénients de la culture hors sol :

II.4.1. Les avantages de la culture hors sol :

Selon (MORARD, 1995) et (Danumah, 2009), on peut citer quelques avantages de la culture hors sol :

- Moindre consommation d'eau.
- Economie d'engrais minéraux.
- simplification des techniques culturales :
 - Pas de façons superficielles.
 - travail plus aisé.
 - rotation plus rapide.
 - Élimination des contraintes liées au sol:
 - Sol inadapté ou de mauvaise qualité agronomique
 - Présence d'agents pathogènes, de polluants,...
 - salinité
 - Meilleure qualité du produit :
 - Aspect esthétique
 - Réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires
 - Meilleure productivité de la plante :
 - Optimisation du potentiel de la plante
 - Réduction des pertes en culture
 - Croissance contrôlée et rapide.
 - La culture hydroponique permet également une automatisation de la culture température, éclairage, contrôle du pH et de la concentration en éléments nutritifs du liquide, ventilation.

II.4.2. Les inconvénients de la culture hors sol :

Les inconvénients de la culture hors sol sont peu par rapport aux avantages, on peut noter :

- Le cout d'installation élevée, la culture hors sole exige des investissements et des niveaux de technicité assez élevées.
- Maîtrise incomplète des déchets, par la difficulté de recycler certains substrats et les risques de pollution entraînés par le rejet des solutions nutritives non employées. (MORARD, 1995 et urban, 1997)

II.5. Les composantes de systèmes hors sol :

Le substrat, les conteneurs et la solution nutritive, sont les principales composantes de la culture hors-sol.

II.5.1. Le substrat :

Le terme substrat en agriculture s'applique à tout matériau naturel ou artificiel qui, placé en conteneur pur ou mélange, permet l'enracinement, du système racinaire et joue ainsi vis-à-vis de la plante le rôle de support.

En tant que support de la plante, tout matériau solide peut éventuellement être utilisé comme substrat dans la mesure où il est compatible avec un développement normal du système racinaire. Sa résistance mécanique et la plus ou moins grande réceptivité aux agents pathogènes déterminent la longévité du substrat, et interviennent de ce fait sur l'amortissement des installations (BLANC, 1987).

II.5.1.1. Les critères de choix d'un substrat :

Selon (ZUANG et MUSARD, 1987) et (CHAUX et FOURY, 1994), le substrat idéal devait cumuler de nombreuses propriétés intéressantes dont les principales sont :

- Bonne porosité : circulation facile de l'air et de la solution nutritive.
- Stabilité et durabilité convenable « être chimiquement inerte »
- Absence de toute toxicité.
- Capacité d'échange cationique nulle ou faible.
- Absence de germe pathogènes et facilité de désinfection.
- Facilité de mise en œuvre.

II.5.2. Les conteneurs :

Selon ZUANG et MUSARD in ZOUAOUI, (2002), les conteneurs sont des récipients qui contiennent le substrat peuvent être choisis en fonction de l'espèce cultivée et son système racinaire.

En général, les conteneurs sont en matière plastique, étanches, durable, chimiquement inerte, et de mise en œuvre facile.

La géométrie du conteneur, la nature et les propriétés de la paroi influent sur le développement des plants. (LEMAIRE et *al.*, 1989)

II.5.3. La solution nutritive :

Selon ZUANG et MUSARD (1987), la solution nutritive est une solution qui doit apporter l'eau, les éléments minéraux et les oligo-éléments nécessaires à la culture.

D'après LETARD et PATRICIA (1995), les critères à prendre en compte pour apporter une solution nutritive en culture hors sol sont :

- Le pH
- la conductivité électrique exprimée en milisiemens par centimètre (ms /cm)
- la teneur en éléments minéraux

II.5.3.1. Le pH :

II.5.3.1.1 Définition :

Selon DINON et GERSTMANS (2008), Le pH est une abréviation de potentiel Hydrogène, permettant d'exprimer le degré d'acidité ou de basicité d'une solution aqueuse. Il dépend de la concentration en ions $[H_3O^+]$ de la solution :

$$PH = - \log [H_3O^+].$$

Il existe différentes méthodes permettant de connaître le pH de l'eau :

- Le papier pH
- Les réactifs
- Les pH mètres

II.5.3.1.2. Le pH et la plante :

Le pH a un impact bien défini sur la santé des plantes. Un niveau de pH incorrect peut rendre les nutriments indisponibles à la plante, et même causer leur disparition du sol.

Les plantes possèdent un pH qui leur est propre. Le pH de la plante doit être le plus proche possible de celui de la solution nutritive et du substrat pour éviter tous risques de conflits électriques entre ses racines et les ions contenus dans la solution nutritive. En fonction de l'acidité de la solution et du substrat, les éléments contenus vont voir leur charge électrique varier, et si cette charge passe « hors-tolérance » de celle admise par les racines de la plante, l'élément ne sera pas assimilable.

Les expérimentations ont montré que des plantes (ex : concombre) pouvait tolérer des pH faibles jusqu'à des valeurs de 3.8; pour la tomate, en aquiculture, le système racinaire s'accommode sans problème d'une gamme de pH allant de 4.9 à 6.9. En fait en technique

hydroponique, les plantes sont très tolérantes à des variations de pH de la solution allant de 3.5 à 7.5 avec un **optimum entre 5.5 et 6.5** car non seulement ceci est l'optimum physiologique pour la majorité de l'espèce cultivée, mais c'est également l'optimum sur le plan chimique. (BLYTHE, 2012)

Le pH final d'une solution minérale est en fonction à la fois du pH de l'eau disponible et de la nature des sels utilisés. (BLANC, 1987)

D'après MORARD (1995), D'une manière assez classique en agronomie, on classe les végétaux en deux groupes :

- Les plantes "acidophiles" sont des espèces qui se développent de préférence en milieu acide (pH optimum compris entre 3,5 et 5).
- Les plantes "neutrophiles" ont une préférence pour une gamme de pH plus élevé voisin de la neutralité : entre 5,5 et 7,5; on y retrouve la plupart des espèces cultivées en technique hydroponique : tomate, concombre, rosier et bien entendu le cannabis.

II.5.3.2. La conductivité électrique :

La conductivité est la mesure dans la solution du substrat de la concentration totale en engrais (salinité de la solution). Plus la solution est salée en engrais, plus la conductivité mesurée électriquement est grande.

Normalement, on conduit l'irrigation fertilisante en adoptant une conductivité moyenne, propre à chaque espèce cultivée, et permettant une absorption équilibrée en eau et en éléments nutritifs au niveau des racines. (VITRE, 2003)

Selon CHAUX et FOURY (1994), si la concentration saline de la solution nutritive est trop forte, les racines se nécrosent et la plante flétrit. Par contre, si elle est faible la végétation risque de s'emballer.

II.5.3.3. L'équilibre ionique :

Selon COIC (1984), l'égalité équivalente entre les anions et cations y compris H^+ , est obligatoire dans la solution, comme elle est dans les sels apportés. La proportion entre les ions azotés NO_3^- , et NH_4^+ est assurée en fonction des besoins spécifiques des plantes et la nécessité de maintenir un certain pH.

D'après CHAUX et FOURY (1994), les équilibres ioniques pour l'alimentation hydrique et minérale ne sont pas indifférents et pourront être modulés en fonction des stades de développement.

Chapitre III : Etude de la plante : Tomate (*lycopersicum esculuntum* Mill)

III.1. généralités :

Selon DOMINIQUE et *al.*, (2009), la tomate, inconnue dans le vieux monde jusqu'au XVIème siècle et encore très peu consommée au XIXème siècle, est devenue le légume vedette du XXème siècle, aussi bien en culture commerciale que dans les jardins familiaux.

La tomate est une plante annuelle de la famille des solanacées, dont le fruit est une baie. Ce dernier est rouge, parfois jaune ou orangée, de forme ronde ou plus ou moins allongée, lisse ou creusée de sillons. Les fruits sont de grosses baies, toujours charnues, tantôt lisse, tantôt côtelées, qui contiennent dans la pulpe une grande quantité de petites graines blanches, plates, réniformes, feutrées lorsqu'elles sont sèches (CHAUX et FOURY, 1994).

La tomate (*solanum lycopersicum*) est originaire des vallées fertiles du Mexique (BROGLIE, GUEROULT, 2005). Les indigènes du Mexique l'appelaient « Tomati » dérivé de mot aztèque « Zitomate », la tomate décrite pour la première fois par Mathiolus en 1554. Elle fut introduite en Europe par les espagnols au XXIème siècle dans un but ornemental et jusqu'à 1778 qu'elle est considérée comme légume. Sa culture ne prit d'ailleurs vraiment de l'extension qu'à partir de 1800 (LAUMONIER, 1979).

CHAUX et FOURY rappellent que le genre *lycopersicum* comprend neuf espèces, dont une seule espèce *lycopersicum esculuntum* sous sa forme sauvage ceraciforme pourrait être directement à l'origine de nos variétés, a émigré vers le sud de l'Amérique du nord.

La tomate fit son apparition en Afrique de nord au 17ème siècle au Maroc d'abord puis en Algérie et Tunisie (KOLEV 1976).

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 technologiques. Sa culture présente un cycle assez court qui donne un haut rendement, elle a de Bonnes perspectives économiques et la superficie cultivée s'agrandit de jour en jour (Naika et *al.*, 2005)

III.2. Classification :

III.2.1. Classification botanique : (systématique)

DOMINIQUE et *al* (2009), rappellent que la tomate appartient à la classification suivante :

Embranchement : Phanérogames

S/Embranchement : Spermatophytes

Ordre : Polemoniales

Famille : Solanacées

Genre : *Lycopersicum*

Espèce : *Lycopersicum esculentum*

Selon SPINDER (1984) le genre *Lycopersicum* est subdivisé en deux sous genre :

- *Eulycopersicum* à fruit rouge comestible.
- *Eriopersicum* à fruit de différentes couleurs (vert, jaune, ou marron). Il regroupe les espèces de tomate sauvages.

III.2.2. Classification génétique :

La tomate *Lycopersicum esculentum* : est une plante de la famille des solanacées, comme la pomme de terre qui a la même origine géographique (POLESE, 2007).

Selon DOMINIQUE et *al* (2009), la tomate cultivée, est une espèce diploïde, avec $2n=24$ chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants mono géniques dont certains sont très importants pour la sélection. Sa carte chromosomique compte actuellement 235 gènes localisés avec précision (GALLAIS et BANNEROT, 1992).

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

III.2.2.1. Variétés fixées :

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

III.2.2.2. Hybrides :

Les hybrides sont plus nombreux. Ils sont relativement récents, puisqu'ils n'existent que depuis 1960 (POLESE, 2007)

III.2.3. Classification variétale selon le mode de croissance :

Il existe deux types de variétés de tomate :

- Les variétés à croissance indéterminé, qui nécessitent des interventions de taille (on pince les gourmands) pour limiter la croissance et provoquer de nouvelles floraisons et qui demandent souvent un tuteurage (COURCHINOUX, 2008). Elles sont plus productives en général que les tomates à port déterminé. (POLESE, 2007)

Exemple de variétés à croissance indéterminée : Marmande, Saint Pierre.....

- Les variétés à croissance déterminé dont le développement est de type buissonnant qui ne nécessitent ni taille ni bouturage (COURCHINOUX, 2008). Elles requièrent moins de main d'œuvre, c'est pourquoi elles sont souvent choisies pour la culture commerciale. (NAIKA et *al.*, 2005). Ce type de variété est destiné à l'industrie agro-alimentaire sous le nom de variété industrielle (LAUMONIER 1979).

III.3. Les exigences de la tomate :

III.3.1. Les exigences climatiques :

La tomate s'adapte à une grande diversité de conditions climatiques, allant du climat tempéré vers le climat tropical chaud et humide (NAIKA et *al.*, 2005).

Selon CHAUX et FOURY (1994), trois facteurs essentiels interviennent, de façon variable, aux différents stades du développement : la température de l'air et du sol, la lumière, et l'hygrométrie de l'air.

III.3.1.1. La 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 conditions de température moyenne de l'air et du sol les plus favorables à la tomate aux différents stades de son développement, peuvent être résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : températures moyennes optimales au développement de la tomate.

Stade de développement	Température de l'air (°C)		Température de sol (°C)
	jour	nuît	
Germination	18-20	18-20	25
Croissance	18-20	15	15-20
Floraison	22-25	13-17	15-20
Fructification	25	18	20-25

(CHAUX, 1972)

la fructification compromise si les températures diurnes dépassent 35°C (MESSIAN, 1991).

Selon (PIGNON et GRANGES 1992), La T° supérieure à 35C° ont un effet nuisible sur la nouaison.

Les interactions qui peuvent exister entre la température de l'air et du substrat influent de manière directe sur l'absorption minérale (CHAUX ET FOURY 1994) par exemple :

- Des températures élevées au niveau des racines (25-30°C) conjuguées à des basses températures de l'air (15-18 °C) provoquent un excès d'azote dans le système végétatif, se traduisant par des risques importants de coulures des fleurs.
- L'effet néfaste des basses températures de l'air (12-15 °C) sur l'alimentation en potasse est accentué par des températures du même ordre au niveau des racines, réduisant fortement la perméabilité membranaire.

III.3.1.2. La lumière :

La tomate n'est pas sensible au photopériodisme, cependant son développement exige de fortes quantités de lumière.

La longueur de l'obscurité est essentielle pour le contrôle de la croissance et le développement de la tomate. Le développement reproducteur de la tomate est fortement influencé par la quantité totale d'énergie que reçoit la plante quotidiennement (KINET, 1985).

Cette quantité dépend à la fois de la photo période et de l'intensité lumineuse. La lumière intervient sur la croissance et la fructification de la tomate par sa durée, son intensité et sa qualité (CHAUX, 1972)

III.3.1.3. L'humidité de l'air :

La tomate est très sensible à l'hygrométrie, il semble qu'une hygrométrie relativement ambiante de 60% à 65% soit la meilleure, l'humidité de l'air joue un rôle important dans la fécondation.

Si l'humidité est trop élevée, le pollen est difficilement libéré. Par ailleurs, le développement des maladies cryptogamiques est liée à des fortes humidités accompagnées de la chaleur (LAUMONIER, 1979).

Selon BENCHALAL (1983), l'humidité atmosphérique doit être de 67% lors de la germination, 75-80% durant l'élevage des plantes, 70-80% lors du développement des fruits.

III.3.2. Les exigences édaphiques :

III.3.2.1. La nature du sol :

LAUMONIER (1979), atteste que la tomate pousse bien sur la plupart des sols, ayant en général une bonne capacité de rétention d'eau et une bonne aération. Elle préfère les terres limoneuses profondes et bien drainées, légères, meubles, riches en humus, s'échauffant rapidement et plus facilement. La couche superficielle du terrain doit être perméable. Une profondeur de sol de 15 à 20 cm est favorable à la bonne croissance d'une culture saine.

III.3.2.2. La température du sol :

La température du sol est le premier facteur dont dépendent le pourcentage de levée et la vitesse de germination. Cette dernière augmente avec la température jusqu'à une valeur optimale de 25°C, et entre 15°C et 20°C on aura un meilleur pourcentage de levée (REY et COSTES, 1965).

KOLEV (1976), rappelle qu'à des basses températures (au dessous de 12°C), la végétation es très faible et les inflorescences sont anormales et portent de fleurs.

III.3.2.3. Le pH du sol :

Selon CHAUX et FOURY (1994) la tomate tolère un pH varie de 4,5 à 8,5. Le meilleur équilibre nutritionnel étant assuré entre 6 et 7.

III.3.2.4. L'humidité du sol :

La tomate est exigeante en humidité du sol, l'humidité optimal du sol pour des terres argilo-siliceuses est de 75 à 80% de la capacité au champ, et l'abaissement de l'humidité et de la température du sol crée un déficit hydrique, et par conséquent réduit la photosynthèse et la transpiration (HELLER, 1980).

III.3.2.5. La salinité du sol :

La tomate est moyennement sensible à la salinité du sol, elle peut supporter des teneurs en sels allant de 2 à 4 g/l (BENTVELSEN, 1981).

La culture de la tomate tolère une conductivité électrique (CE) de l'ordre de 3 à 4,5 mmhos/cm). L'impact de la salinité est plus grave sur le rendement suite à la réduction du calibre du fruit. Donc elle doit être maintenue entre 1 et 2 mmhos/cm à 25°C en fonction du stade de la culture et de la saison (SKIREJ, 2006).

III.3.2.6. L'aération du sol :

Un sol bien aéré détermine un pourcentage élevé des plantules, mais exerce par contre un effet défavorable sur les racines durant la période de croissance végétatif. L'aération est indispensable à la maturité des fleurs (CHAUX et FOURY 1994).

Les mêmes auteurs ajoutent qu'il convient d'éviter les sols battants mal aérés et mal structurés en profondeur, cela ralentit la germination et la levée des jeunes plants en pépinières, de même qu'ils réduisent le nombre de boutons floraux en plein champ.

III.3.3. Les exigences nutritionnelles :

III.3.3.1. Les exigences hydriques :

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

MOUHOUCHE (1983), estime que les irrigations fréquentes et régulières, permettent l'obtention des rendements élevés. Par contre, les irrigations trop copieuses pendant la floraison provoquent les chutes de fleurs et une croissance trop exubérante, d'où un retard de la maturité des fruits.

Selon le même auteur, les besoins hydriques de la tomate varient en fonction de stade de développement, de la saison de culture, du mode de conduite et de la variété cultivée.

Les besoins sont surtout importants à partir de la floraison du 2^{ème} bouquet. (CHAUX et FOURY, 1994)

III.3.3.2. Les exigences en éléments fertilisants :

Selon CHAUX (1972), la tomate se classe parmi les espèces exigeantes en éléments fertilisants. Les doses d'engrais minéraux doivent être déterminées en fonction de la richesse du sol et le stade de développement. Le démarrage de la croissance de la plante est meilleur lorsqu'elle trouve des matières nutritives dans la rhizosphère (SKIREDJ *et al.*, 2005).

Selon CHAUX et FOURY (1994), pour des rendements de l'ordre de 50t/ha, les exportations en kg/t de fruits se situent à l'intérieur des valeurs suivantes :

N : 2,3- 5,8

P₂O₅ : 0,8 - 1,9

K₂O : 3,9 - 8

CaO : 2,5 -5,6

MgO : 0,6 – 1,4, les besoins sont donc très élevés en potasse et, dans une moindre mesure en azote.

III.4. Travaux d'entretien :

➤ Palissage:

En mode palissé, la tige croit autour d'une ficelle suspendue à un fil de fer tendu horizontalement au-dessus du rang sur les supports de culture. On peut alors différencier deux cas :

- palissage vertical pour 8 à 10 bouquets sur une tige pincée à 2 ou plus (palissage utilisé pour les cultures de plein air ou sous abri) ;
- Le palissage couché avec 15 à 20 bouquets (pour les types indéterminés cultivés en hors sol) (NAIKA *et al.*, 2005).

➤ **La taille :**

Il est important de tailler les tomates, surtout pour les variétés qui forment un buisson dense et pour les variétés à croissance indéterminée, la taille permet afin d'améliorer l'interception de la lumière ainsi que la circulation de l'air (NAIKA et *al.*, 2005).

➤ **Effeillage:**

L'opération consiste à enlever toutes les feuilles âgées, jaunâtres ou apparemment malades sur toute la hauteur de la tige. (CHIBANE, 1999). Ceci permet de déprimer le développement et la propagation des maladies. (BARBARA, 2005)

➤ **Ebourgeonnage :**

Il est important de pincer les gourmands. L'on élimine les petites pousses latérales pour ne laisser qu'une tige principale. Les grappes de fruits pousseront le long de cette tige principale. Le fait de tailler les gourmands améliore la qualité et la taille des fruits. (SKIREDJ, 2006).

Un ébourgeonnage tardif peut engendrer un affaiblissement des plants (CHIBANE, 1999).

➤ **Désherbage :**

Il vise l'élimination de toutes les mauvaises herbes qui peuvent parasiter la culture et peuvent constituer un foyer pour certains ennemis (acariens, mouche blanche, Tuta absoluta...) et aussi qui présentent une concurrence vis-à-vis à la culture (EL FADL et CHTAINA, 2010).

III.5. Importance économique :

La tomate est largement répandue dans le monde, y compris en Algérie. Elle a largement une place stratégique dans l'économie mondiale et nationale.

III.5.1. Importance de la tomate dans le monde :

La production mondiale annuelle de tomates connaît une progression régulière, comme on peut le constater sur le tableau 3.

Tableau 3 : la production mondiale annuelle de tomates

Année	Production (tonnes)
2000	110 192 365
2001	107 977 756
2002	116 189 258
2003	119 082 962
2004	127 621 164
2005	127 979 138
2006	130 066 090
2007	137 153 333
2008	141 119 873
2009	153 833 368
2010	145 751 507

(FAOSTAT, 2012)

L'essentiel de la production mondiale est concentré dans quelques pays dont très grande productivité provient des perfectionnements techniques employés ainsi que des quantités importantes de plants en cultures. Les dix principaux pays producteurs en 2008 et 2009 sont repris par le tableau 3.

Tableau 4 : les dix premiers producteurs de tomates 2008-2010, (volume : tonnes)

Pays	2008	2009	2010
Chine	39 938 708	45 365 543	41 879 684
Etats-Unis	12 735 100	14 181 300	12 902 000
Turquie	10 985 400	10 745 600	10 052 000
Inde	10 303 000	11 148 800	11 979 700
Egypte	9 204 100	10 278 500	8 544 990
Italie	5 976 910	6 878 160	6 024 800
République islamique d'Iran	4 826 400	5 887 710	5 256 110
Espagne	4 079 750	4 603 600	4 312 700
Brésil	3 867 660	4 310 480	3 691 320
Mexique	2 936 770	2 591 400	2 997 640

(FAOSTAT, 2012)

III.5.2. Importance de la tomate en Algérie :

La tomate en Algérie est en plein expansion, à la faveur de nombreux programmes mis en place par le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Pour son développement de nouvelles techniques de production sont introduites ces dernières années permettant plus de rendement à l'hectare.

Tableau 5 : Evolution de la tomate maraichère en Algérie entre 2002-2012.

Année	Superficie Ha	Production Qx	Rendement Qx/Ha
2002	17820	4 013 640	225,20
2003	18650	4 569 330	245,00
2004	19432	5 121 950	263,60
2005	21089	5 137 280,4	343,60
2006	20436	5 489 336	268,60
2007	20079	5 673 134	282,50
2008	19655	5 592 491	284,50
2009	20789	6 410 343	308,40
2010	21358	7 182 353	336,3
2011	20575	7 716 055	375,0
2012	21542	7 969 630	370,0

(MADR, 2012)

III.6. principales maladies et ennemis de la tomate :

La prévention des maladies et des ravageurs est extrêmement importante pour la culture de la tomate. (NAIKA et *al.*, 2005) Les tomates ont beaucoup d'ennemis : les insectes, les nématodes, les maladies fongiques, virales et physiologiques. Elles attaquent toutes les parties du plant : racines, tiges, feuilles et fruits.

III.6.1. Maladies cryptogamiques et bactériennes :

Le tableau 6 : les principales maladies cryptogamiques et bactériennes de la tomate

Maladie foliaire	Agent causal	Conditions favorables, symptômes et dégâts	traitements phytosanitaires & autres conseils pratiques
Le mildiou	<i>Phytophthora infestans</i>	Se propage rapidement dans un environnement froid et humide, et peut détruire toute la culture.	Environ 58 produits sont homologués pour la tomate. Utilisez les produits à base du Manèbe, Zinèbe, Chlorothalonil, Oxychlorure de cuivre, Hydroxyde de cuivre, Mancozèbe.
Brûlure alternariene (alternarios)	<i>Alternaria solani</i>	Se rencontre dans les climats froids et pluvieux.	Utilisez les variétés résistantes et une rotation culturale adéquate. Lutte chimique possible, mais elle doit être complétée par une désinfection des graines et l'élimination par brûlis des débris où peut se conserver le champignon.
Botrytis (moisissure grise)	<i>Botrytis cinerea</i>	Apparition des taches brunâtres accompagnées d'un duvet grisâtre sur feuillage et tige. Pourriture molle grise sur fruits et chute des fleurs et fruits.	Détruisez les débris végétaux, Utiliser les variétés résistantes, éviter l'excès d'eau, éviter l'excès d'azote. Traitement chimique possible. En préventif, alterner les produits de la famille Benzimidazoles et les Dicarboximides.
Chancre bactérien	<i>Clavibacter Michiganeusis Ssp michiganeusis</i>	Flétrissement des feuilles, suivi d'un dessèchement total. Sur fruit, se forment des taches blanchâtres, dont le centre brunit et s'entoure d'un halo jaune clair, d'où le nom de "œil d'oiseau "	Ne pratiquez la tomate que sur les terrains où cette maladie n'a pas été enregistrée.
Gale bactérienne	<i>Xantomonas vesicatoria</i>	Taches brunâtres relativement régulières entourées d'un halo jaune ce qui entraîne le dessèchement de folioles et la chute des feuilles. Apparition de petits Chancres pustuleux sur fruit.	Utilisez les semences certifiées.
Moelle noire	<i>Pseudomonas corugata</i>	Taches sombres sur tige, pétioles et pédoncules. Les vaisseaux demeurent intacts, contrairement à ce qui se passe dans le cas d'une maladie vasculaire.	Utilisez les variétés résistantes.

(SI BENASSEUR, 2005)

III.6.2. Les maladies virales :

La tomate est très sensible aux maladies virales. Un virus est un pathogène sub microscopique ayant une structure de protéines que l'on ne peut pas discerner à l'œil nu. (SHANKARA et All 2005)

Tableau 7 : les principales maladies virales de la tomate

Maladie	Symptômes et dégâts	Traitements recommandés & autres conseils pratiques
Filiformisme mosaïque et nécrose de tomate <i>Cucumber mosaic virus (CMV)</i>	Folioles filiformes, crispées. Jaunissement et nécrose à la base des folioles. Anneau et arabesques blanchâtre à jaunes sur fruits (aspect boursoufflé)	Lutte soignée contre les pucerons. Ne pas cultiver de tomates aux abords des cultures de concombre, pomme de terre, et tabac.
Maladies des feuilles jaunes en cuillère <i>Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)</i>	Jaunissement et enroulement des feuilles. Folioles plus au moins incurvées. Folioles de taille réduite conférant à la plante un aspect chétif.	Pas de traitements efficaces. Arracher et brûler les plants atteints.
Mosaïque de la tomate <i>Tobacco mosaic virus (TMV)</i>	Plage jaune vif sur foliole. Folioles filiformes, légèrement enroulées. Brunissement de fruits.	
Mosaïque et tache nécrotique de la tomate Virus Y de la pomme de terre (PVY)	Foliole très discrètement marbrées. Jaunissement internervaire en tache et début de nécrose sur foliole. Refllet métallique, des taches nécrotiques sur la face inférieure d'une foliole.	

(MARCHAUX et al 2008, DOMINIQUE et al 2009, BLANCARD 1988)

III.6.3. principaux ravageurs et insectes :

Tableau 8: les principaux ravageurs et insecte de la tomate.

Maladie	Symptômes et dégâts	Traitements recommandés & autres conseils pratiques
la mouche blanche <i>Bemisia tabacci</i>	La plus répandue avec <i>Trialeurodes vaporariorum</i> . Les plantes très infestées peuvent mourir. Les mineuses des feuilles qui s'attaquent aux tomates sont les larves de petites mouches ; elles creusent des galeries dans les feuilles en mangeant les tissus situés entre la face supérieure et la face inférieure de la feuille.	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisez les pièges jaunes pour suivre la population de la mouche blanche <i>Bemisia</i>. qui transfère le virus TYLC. - Rationnez la lutte chimique en fonction des résultats des piégeages. - Utilisez les produits homologues dès l'apparition des 1^{ère} larves. ou dès l'apparition du ravageur. - Décalez les dates de semis par rapport à la période d'activité de l'insecte et à son alimentation. - Évitez la plantation de cultures proches à risque de contamination comme le poivron et les haricots.
La mouche blanche des serres <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Aussi répandu que <i>Bemisia tabacci</i> .	Les populations de cet Aleurode sont contrôlées par l'action d'entomophages : champignons, Coccinelles, Névroptère, Hyménoptères Chalcidiens. Parmi ces derniers, l'endoparasite <i>Encarsiaformosa</i> Gahan est un agent de lutte biologique disponible dans le commerce.
La mineuse <i>Tuta absoluta</i>	<ul style="list-style-type: none"> -attaque également aux feuilles et aux fruits. -provoque des galeries sous forme de mine qui se nécrosent. -en cas de forte attaque : dessèchement totale du feuillage 	<ul style="list-style-type: none"> -utilisation des plants sains sans signes de présence de la mineuse. -installation des pièges contenant des phéromones. -ajouter de filets agronomiques pour bloquer l'introduction des ravageurs dans les serres. -lâcher des punaises prédatrices, qui sont efficaces contre les œufs et les larves de <i>t.absoluta</i>. -utilisation des produits chimiques.
Nématode <i>Meloidogyne icognita</i>	<ul style="list-style-type: none"> -sucrer la sève des plantes. -présence de nombreuses gales sur les racines. -les racines sont mortes ou fortement endommagées. -diminution de la capacité productive des plants. 	<ul style="list-style-type: none"> -recours à la jachère ou plantation des variétés résistantes aux nématodes, par exemple : les variétés de tomate dont le nom commercial est suivi par les lettres VFN. -solarisation ou désinfection du sol à la vapeur. -utilisation des semences certifiées. -respecter la rotation longue (4années au minimum) -possibilité de la culture hors sol.
Acarien	<ul style="list-style-type: none"> -dépouillent les feuilles, les tiges et les fruits de leur contenu cellulaire. -présence de petites ponctuations jaunes sur les folioles. -les tiges et les feuilles prennent une couleur « bronzée » ou brun roux. -arrêt de la végétation. 	<ul style="list-style-type: none"> -effectuer un traitement chimique à base d'acaricide. -élimination des plantes contaminées. -utilisation d'auxiliaires telles que l'acarien prédateur par exemple : <i>Amblyseius californicus</i>

(SI BINASSEUR 2005, NAIKA et al 2005)

III.7. la récolte :

Il faut environ entre 55 à 105 jours à la maturité selon la variété de tomate. Récolter le fruit quand la tomate est entièrement mûrie mais encore ferme. La plupart des variétés sont rouges foncé. La lumière n'est pas nécessaire pour murir les tomates non mures. Ne pas stocker les tomates vertes dans le réfrigérateur puisque la couleur rouge ne se développera pas à moins de 10 °C. Si nécessaire, murissez les fruits à 21 °C. Des tomates vertes peuvent être stockées à 10 -21 °C pendant une à trois semaines. Des tomates mures devraient être stockées à 7 -10 °C pendant quatre à sept jours. (SI BINASSEUR, 2005)

La récolte se fait à des stades donnés, matérialisés par des couleurs de fruits :

- a) Les fruits destinés à la vente sont récoltés couleur jaune virant au rose.
- b) Les fruits destinés à la vente ou consommation directe sont récoltés couleur orange virant au rouge.
- c) Les fruits destinés à la transformation sont récoltés couleur rouge vif. (MAPPA, 2010).

Chapitre I : Matériel et méthodes

1. L'objectif de l'expérimentation :

Notre travail consiste à étudier l'impact de la concentration et du potentiel hydrogène d'une eau non conventionnelle sur la croissance et le développement de la variété de tomate Saint-pierre (*Lycopersicum esculentum* Mill). Les plants ont été cultivés en hors sol et irrigués par les cinq traitements suivants :

- T1 : solution saline naturelle d'Oued Chélif reconstituée avec l'eau de Blida, avec un pH de 7,52.
- T2 : solution saline naturelle avec un pH = 5,5 - 5,8.
- T3 : solution saline corrigée, pH = 5,5 – 5,8
- T4 : solution saline corrigée diluée à 20% à partir de la T3.
- T5 : solution saline corrigée diluée à 40% à partir de la T3.

2. Matériel végétal :

L'espèce utilisée durant l'expérimentation est la tomate (*lycopersicum esculentum* Mill), variété saint pierre. C'est une variété très cultivée en Algérie, dont les semences proviennent de l'institut technique des cultures maraîchères et industrielles (ITCMI) de staouali (Alger). Elles sont récoltées en 2011, et présentent une pureté spécifique de 99% avec un taux de germination de 85%.

Selon KOLEV (1976), les caractéristiques de la variété Saint-pierre sont les suivantes :

- variété vigoureuse à feuillage moyen et vert.
- Les fruits sont gros, ronds, lisses et de très bonne qualité.
- C'est une variété fixé, demi tardive, très productive.
- Convenable pour la consommation en frais et pour la transformation industrielle.
- C'est une variété de saison

3. Conditions expérimentales :

3.1. Lieu de l'expérience :

Notre expérimentation s'est déroulée au niveau de la station expérimentale du département des sciences agronomiques de Blida, dans une serre en polycarbonate dont les caractéristiques sont les suivantes :

- La superficie est de 382,5 m²
- l'orientation est nord sud
- l'aération est assurée par plusieurs fenêtres placées latéralement de part et d'autre de la serre



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

Le tableau (9) donne les moyennes par décade des températures enregistrées au niveau de la serre, durant trois moments de la journée, (09h, 12h, 16h).

Tableau 9 : moyennes des températures par décade enregistrées sou serre en °C

Périodes	Températures en C°		
	09h	12h	16h
17-12-12 au 26-12-12	11,9	26,1	24,1
27-12-12 au 05-01-13	9,5	20,1	20,9
06-01-13 au 15-01-13	8,7	20,8	22,2
16-01-13 au 25-01-13	10,8	17,2	18,7
26-01-13 au 04-02-13	9,2	22,5	22,9
05-02-13 au 14-02-13	8	17,8	22,5
15-02-13 au 24-02-13	10,1	22,3	24
25-02-13 au 06-03-13	6,62	19,7	19
07-03-13 au 16-03-13	14	25,7	24,3
17-03-13 au 26-03-13	16,8	24,5	24,4
27-03-13 au 05-04-13	19,4	27,2	26,2
06-04-13 au 15-04-13	17,9	29	26,6
16-04-13 au 25-04-13	20,5	29,8	27,2

D'après les données du tableau (9), nous constatons que les températures matinales moyennes, étaient défavorables à la croissance de la tomate et ce par rapport aux données préconisées par (CHAUX, 1972), qui se situent entre 18 et 25°C. A partir de 12h, les températures moyennes sont devenues plus favorables à la croissance et au développement de la plante testée.

3.2. Substrat et conteneurs :

Le substrat utilisé dans notre expérimentation est le gravier concassé de carrière dont le diamètre est de 3 à 8 mm. Il provient de la carrière de Chebli situé à 25 Km d'Alger.

Ce substrat constitue un milieu défavorable pour le développement des microorganismes. Grâce à sa porosité, il assure une meilleure aération pour les racines des plantes.

Afin d'écartier tous les risques de contamination, une désinfection du substrat a été effectué comme suit :

- Lavage intense du gravier pour la suppression de toutes particules terreuses et les débris végétaux qui constitueraient une source de matière organique ;
- Remplissage des pots avec le gravier lavé;
- Désinfection du gravier avec une solution d'hypochlorite de sodium diluée de concentration initiale 12°, durant 24h et recouvert d'un film plastique;
- Rinçage abondant de tous les pots à l'eau de robinet pour éliminer toutes les traces de l'eau de javel fortement nocives pour les jeunes plantes et ce avant le semis.

3.3. Les conteneurs :

Les conteneurs utilisés sont des pots en plastique de couleur noire, ayant une capacité de 3,5L et présentant des orifices de drainage à leur base permettant l'évacuation de la solution nutritive excédentaire.

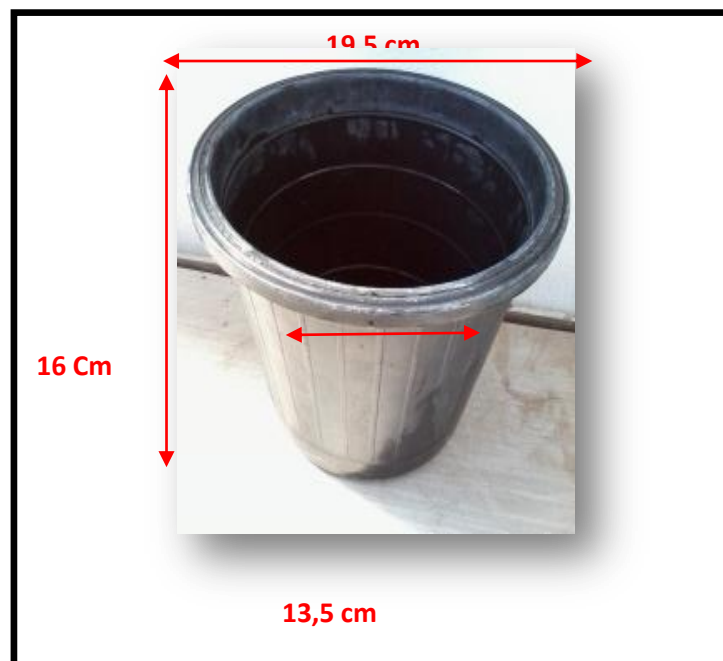


Figure N° 02 : Aspect général des conteneurs

3.4. Pré germination et repiquage :

Les semences utilisées sont issues de la variété Saint pierre. La pré germination a été réalisée le 27.11.2012. Les graines ont été mises dans des boîtes de Pétri contenant du papier buvard imbibé d'eau à raison de 50 graines par boîte. Ces dernières ont été placées dans l'étuve à une température de 25° C pendant 10 jours. De l'eau distillée stérile est ajoutée en cas de dessèchement du papier buvard. La faculté germinative était de 85%.

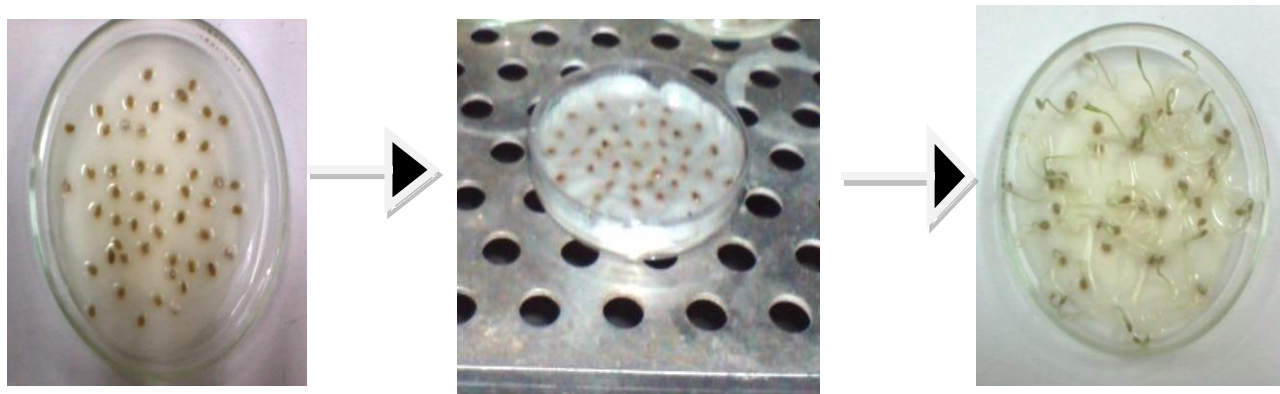


Figure N° 03 : pré germination des graines de tomates dans les boîtes de pétri.

Après la germination des graines, un repiquage des jeunes germes de tomate en place définitive a été réalisé le 08-12-2012 à raison de deux à trois germes par pots.

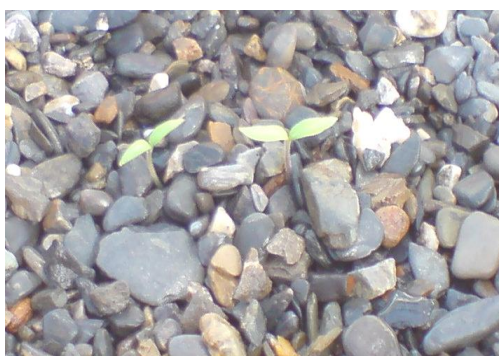


Figure N° 04 : aspect général des jeunes plantules de tomate après le repiquage.

Ces derniers ont été arrosés avec l'eau tiède du robinet pour favoriser la reprise des jeunes plantules jusqu'à la date de 13-12-2012. Après ce stade les jeunes plantules sont irriguées par une solution nutritive standard composée par des macros et des micros éléments, dont le but est d'avoir un matériel végétal vigoureux et homogène de départ.

Le 12/01/2013, nous avons procédé à l'application des différents traitements, soit 36 jours après le repiquage.






































Figure N° 05 : stade végétatif en début de traitements.

3.5. Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental adopté est un plan sans control d'hétérogénéité (randomisation totale), dont l'affectation des traitements s'est faite d'une manière aléatoire selon la table des permutations des nombres aléatoires de 1 à 10.

Le dispositif expérimental est constitué par la combinaison de deux facteurs : (facteur solution à 05 niveaux et facteur variété à 01 niveau).

Chaque traitement comporte 07 observations, soit 35 unités expérimentales au total.

T1 	T2 	T5 	T4 	T3 
T2 	T3 	T5 	T1 	T4 
T4 	T2 	T3 	T5 	T1 
T5 	T3 	T2 	T1 	T4 
T1 	T4 	T2 	T5 	T3 
T2 	T3 	T1 	T4 	T5 
T5 	T2 	T1 	T3 	T4 

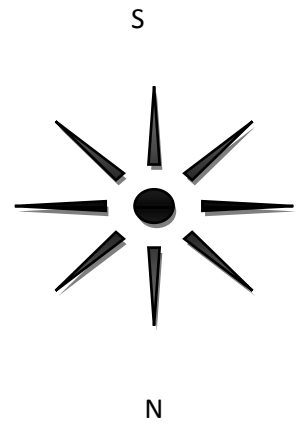


Figure N° 06 : Schéma du dispositif expérimental

- T1, T2, T3, T4, T5 : Traitements testés.



Figure N° 07 : Vue du dispositif expérimental

4. Description des différents traitements :

4.1. Caractéristique de l'eau de Blida :

Pour satisfaire les besoins importants des plantes en eau au cours de leur cycle de développement, il nous apparait difficile de s'approvisionner en cette eau puisqu'elle provenait de la région de cheliff. Donc, il a été nécessaire de reconstituer cette eau saline avec l'eau potable de Blida.

L'eau de Blida a une concentration globale de sels qui voisine de 0,49 g/l (concentration supérieure à la norme de 0,2 g/l indiquée par PENNEINGSFELD et KURZMAN (1969) in MALLEEN (1997). De ce fait, l'analyse de l'eau de Blida est jugée nécessaire afin d'en tenir compte lors de la préparation des différentes solutions nutritives.

Tableau 10 : teneurs des différents éléments minéraux dans l'eau de Blida. pH = 7,52

Eléments	Teneur en mg/l	Teneur en meq/l
K ⁺	0,00	0,00
Ca ⁺⁺	56	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 ⁻	21,00	0,60
HCO ₃ ⁻	248,88	4,08
Totale	433, 90	11,73

(SNOUSSI, 2001)

4.2. Technique de préparation des différents traitements :

- **Description des traitements testés :**

- ✓ **T1** : Solution saline naturelle d'oued Chélif reconstituée avec l'eau de Blida, avec un pH=7.52.
- ✓ **T2** : Solution saline naturelle, pH=5.5-5.8.
- ✓ **T3** : Solution saline corrigée pH = 5,5 – 5,8.
- ✓ **T4** : Solution saline corrigée diluée à 20% à partir de la T3.
- ✓ **T5** : Solution saline corrigée diluée à 40% à partir de la T3.

- **Elaboration de la solution saline naturelle d'oued Chélif (T1):**

En pratique l'eau saline d'origine de Chélif n'était pas disponible en volume suffisant pour être expérimentée à Blida. Il a fallu la reconstituer à partir de l'eau de Blida. Donc Pour la préparation de la solution saline naturelle T1, il suffit de connaître la composition de l'eau de Blida et celles des eaux salines naturelles d'Oued Chélif et de compléter la différence par des apports de sels minéraux.

Tableau 11 : Eau d'Oued Cheliff naturelle, reconstituée avec l'eau de Blida en meq/l(T1).pH=7,52

	NO ₃ ⁻ 0,35	PO ₄ ⁻³ 00	SO ₄ ⁻² 0,80	Cl ⁻ 0,60	Total
K ⁺ 0				0,35	0,35
Na ⁺⁺ 1,30			1,14	7,46	9,90
Ca ²⁺ 2,80				6,45	9,25
Mg ⁺² 1,80			7,40		9,20
NH ₄ ⁺ 00					
HCO ₃ 4,08					4,08
Total	0,35		9,35	14,86	

Quantités et ordres de dissolution des sels: T 1

- KCl = $0,35 \times 74,54 = 26,08 \text{ mg/l}$
 - Na₂SO₄ = $1,14 \times 71,01 = 80,95 \text{ mg/l}$
 - NaCl = $7,46 \times 58,43 = 435,88 \text{ mg/l}$
 - CaCl₂ = $6.45 \times 73.49 = 474,01 \text{ mg/l}$
 - MgSO₄ = $7.40 \times 123,18 = 911,53 \text{ mg/l}$
 - Teneur de l'eau de Blida = 433,9 mg/l
- } total = 2362,35 soit 2, 36 g/l

• **Elaboration de la solution saline naturelle (T2), pH = 5,5-5,8.**

Pour la préparation de la solution saline naturelle (T2), nous avons procédé de la même manière pour la préparation de T1, sauf que le pH a été amené à (5,5 – 5,8), et ceci par l'utilisation des deux acides qui sont : l'acide nitrique (HNO₃) et l'acide orthophosphorique (H₃PO₄) qui sert à abaisser le pH.

Tableau 12 : Eau d'Oued Cheliff naturelle, reconstituée avec l'eau de Blida en meq/l(T2).
(PH 5,5- 5,8)

	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	Total
	0,35	00	0,80	0,60	
K ⁺ 0				0,35	0,35
Na ⁺⁺ 1,30			1,14	7,46	9,90
Ca ²⁺ 2,80				6,45	9,25
Mg ⁺² 1,80			7,40		9,20
NH ₄ ⁺ 00					
HCO ₃ 4,08					4,08
H ⁺	2,20	1,10			
Total	2,55	1,10	9,35	14,86	

Quantités et ordres de dissolution des sels: T2

- HNO₃ = 2,20 × 63 = 138,60 mg/l
 - H₃PO₄ = 1,10 × 98 = 107,80 mg/l
 - Kcl = 0,35×74,54=26,08mg/l
 - Na₂SO₄ = 1,14 × 71,01 =80,95 mg/l
 - NaCl = 7,46 × 58,43 = 435,88 mg/l
 - CaCl₂ = 6.45 × 73.49 = 474,01 mg/l
 - MgSO₄ = 7.40 × 123,18 = 911,53 mg/l
 - Teneur de l'eau de Blida = 433,9 mg/l
- total = 2608,75 soit 2, 60 g/l

• **Elaboration de la solution saline corrigée (T3), pH= (5,5 – 5,6) :**

Pour la solution saline corrigée, nous avons ajouté des sels minéraux nécessaires, avec une correction du pH (5,5 – 5,8).

Tableau 13 : Eau d'Oued cheliff corrigée, reconstituée avec l'eau de Blida Meq/l (T3).

pH = 5,5- 5,8

	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	Total
	0,35	00	0,80	0,60	
K ⁺ 0				4,35	4,35
Na ⁺⁺ 1,30			0,42	8,18	9,90
Ca ²⁺ 2,80	5,85			0,60	9,25
Mg ⁺² 1,80			7,40		9,20
NH ₄ ⁺ 00	1,80				1,80
HCO ₃ 4,08	2,20	1,10			3,30
Total	10 ,20	3,30	8,62	13,50	

Quantités et ordres de dissolution des sels : T3

- HNO₃=2,20×63=138,60mg/1
 - H₃PO₄=1,10×89=107,80mg/1
 - KCL=4,35×74,54=324,24mg/1
 - Na₂SO₄=0,42×71,01=29,82mg/1
 - NaCl=8,18×58,43=477,95mg/1
 - Ca (NO₃)₂=5,85×118,04=690,53mg/1
 - CaCL₂=0,60×73,9=44,09mg/1
 - MgSO₄=7,40 ×123,18=911,53mg/1
 - NH₄NO₃=1,80 ×80,00=144,00mg/1
 - Teneur de l'eau de Blida=433,9mg/1
 - Oligo-éléments A et B =14,80mg/1
- Total= 3317,26 soit 3,31g /1

Ainsi, pour ce traitement (T3), nous avons ajouté une solution complémentaire d'oligo-éléments composée de :

Tableau 14 : composition des solutions complémentaires d'oligo-éléments "A" et "B"

Solution « A »			Solution « B »		
Eléments	Doses g/l	Prélèvement (ml)/l	Elément	Dose g/l	Prélèvement (ml)/ l
Molybdate d'ammonium (NH ₄) ₆ (MO ₇ O ₂₄) ⁴ H ₂	0,50	0,10	Séquestréne de fer	2,00	5,00
Acide borique (H ₃ BO ₃)	15,0				
Sulfate de manganèse (MnSO ₄ , 5H ₂ O)	20,00				
Sulfate de cuivre (CuSO ₄ , 5H ₂ O)	2,50				
Sulfate de zinc (ZnSO ₄ , 7H ₂ O)	10,00				

(COIC et LESAINT, 1975)

- **Elaboration de la solution saline diluée à 20% à partir de le T3 (T4) :**

Pour la préparation de cette solution saline diluée, nous avons fait une dilution à 20%, à partir de la solution saline corrigée (T3). Pour préparer un litre de (T4), nous avons prélevé 200ml de la solution T3 et réajusté à 1000ml, ceci par la règle de trois suivante :

1000ml → 100%

X → 20%

X = 200ml

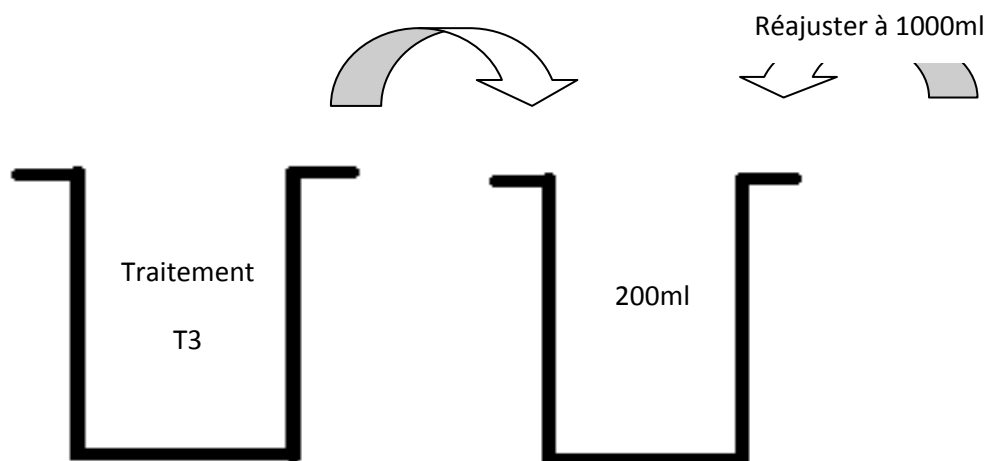


Figure N° 08 : Elaboration de la solution saline diluée à 20%

- **Elaboration de la solution saline diluée à 40% (T5) :**

Pour la préparation de cette solution saline diluée, nous avons procédé de la même manière pour préparer le (T4), sauf que la dilution a été à 40%, donc pour préparer un litre de (T5), nous avons prélevé 400ml de la solution T3 et réajuster à 1000ml, ceci par la règle de trois suivante :

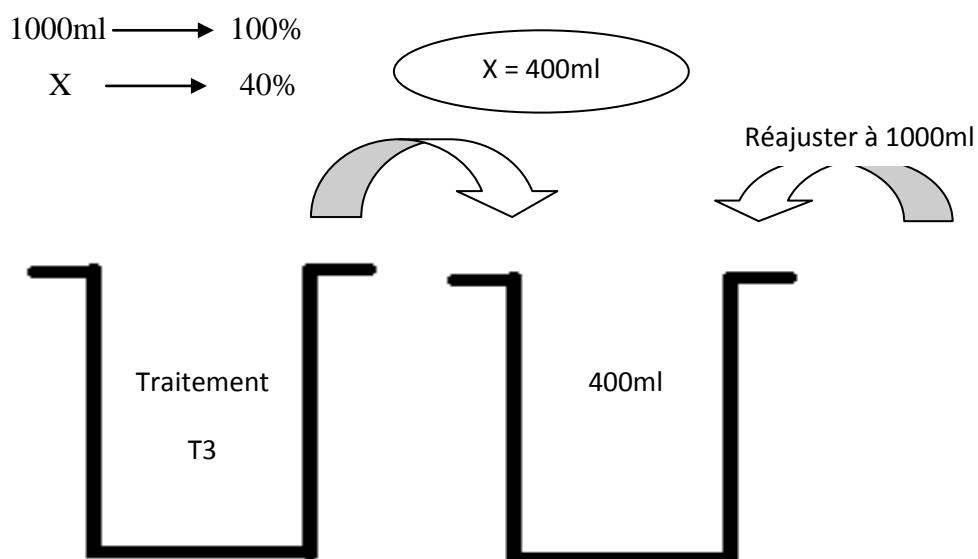


Figure N° 09 : Elaboration de la solution saline diluée à 40%.

5. Entretien de la culture :

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

5.1. Irrigation:

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

5.2. Dosage et fréquences d'arrosage :

Il est important de noter qu'en hors-sol, il est recommandé de connaître les besoins journaliers en eau des cultures, afin de pouvoir rationaliser les besoins selon les stades de développement du végétal et ce pour éviter les déficits et les éventuels excès de solution nutritive.

Le tableau ci-dessous montre les doses et les fréquences d'arrosage apportées pendant la période d'expérimentation.

Tableau 15 : Doses et fréquences d'irrigation nécessaire pour la culture de tomate.

Dates	Stade végétatif	La dose d'irrigation	La fréquence
13/12/2012 au 12/01/2013	Germination au stade trois feuilles	20ml	3fois / jours
13/01/2013 au 18/02/2013	Stade trois feuilles au début floraison	30ml	3fois / jours
19/02/2013 Au 13/03/2013	Début floraison à la formation des fruits.	60ml	4fois / jours
14/03/2013 au 23/04/2013	Formation des fruits à la récolte.	100ml	4fois / jours

5.3. Les traitements phytosanitaires :

Au cours de l'expérimentation, nous avons effectué des traitements préventifs pour écarter toutes attaques cryptogamiques ou celles d'insectes nuisibles contre les plantes selon le modèle suivant :

Tableau 16 : Programme des traitements phytosanitaires réalisés :

Dates	Produit	Matière active	Désignation	Dose	Fréquence du traitement
15/01/2012	Medomyl	Mancozeb 64% Metaloxyl 8%	Traitement préventif contre les maladies cryptogamiques	3 g / l	1 fois/ semaine
21/01/2012	Duresban	Chorpyriphos-éthyle (50g/kg)	Traitement préventif contre les insectes	3 g / l	1 fois/ semaine

5.4. 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 suspendus des ficelles servant à dresser chaque pied de tomate. La tige principale est enroulée régulièrement autour de la ficelle au fur et à mesure de sa croissance et de son développement végétatif.

5.5. Étêtage :

Cette opération consiste à supprimer l'apex (le bourgeon terminal) après deux feuilles au dessus du 2^{ème} bouquet floral.

5.6. L'ébourgeonnage :

La culture de la tomate est conduite en un seul bras. Donc on a procédé à la suppression de tous les bourgeons axillaires à un stade précoce. Un ébourgeonnage tardif peut engendrer un affaiblissement des plants.

L'ébourgeonnage a été effectué régulièrement sur la tomate au cours de sa croissance et son développement végétatif.

5.7. Le lessivage :

L'opération consiste à éliminer les sels non absorbés par les plantes par un arrosage tous les week-ends avec l'eau de robinet afin d'éviter leur accumulation dans les Conteneurs.

6. Les paramètres étudiés :

Quelques paramètres ont été mesurés afin d'évaluer le comportement et l'évolution de l'espèce testée :

6.1. Les paramètres biochimiques :

6.1.1. Dosage de la chlorophylle :

La chlorophylle a et b est dosés durant le stade végétatif, sur les feuilles médianes de la tomate, on utilisant 3 répétitions pour chaque traitement et chaque bloc. L'extraction de la chlorophylle a et b est réalisé selon la méthode de (FRANCIS et *al.*, 1970), qui consiste à une macération des feuilles (0.1g) dans 10 ml d'un mélange de l'acétone et de l'éthanol (75 % et 25%) de volume et de (80% et 40%) de concentration. Les feuilles sont coupées en petits morceaux et mises dans les boites noires (pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière), 48h plus tard, on procède à la lecture des densités optiques des solutions avec un spectrophotomètre, à deux longueurs d'ondes : (645, 663 et 470 nm).

La détermination des teneurs réalisée selon les formules :

- 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) ($\mu\text{g/g MF}$) = $1000 \text{DO}(470) - [1.82 \text{Chl a} - 85.02 \text{Chl b}] / 100$

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

6.1.2. Dosage de la proline :

La proline est dosée selon la technique utilisée par MONNEVEUX et NEMMAR (1986). Le principe est la quantification de la réaction proline-ninhydrine par mesure spectrophotométrique.

La proline se couple avec la ninhydrine en formant un complexe coloré. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de proline dans l'échantillon.

La méthode consiste à :

- Mettre 100 mg de matière fraîche végétale dans des tubes à essai
- Ajouter 2 ml de Méthanol à 40 %. Les tubes couverts (pour éviter la volatilisation de l'alcool) sont portés à l'ébullition au bain-marie à 85 °C pendant 60 min.

Après refroidissement :

- Prélever 1 ml de la solution de chaque tube
- Mettre dans de nouveaux tubes
- Ajouter 1 ml d'acide acétique + 25 mg de ninhydrine. + 1 ml d'un mélange contenant : 120 ml d'eau distillée, 300 ml d'acide acétique, 80 ml d'acide ortho phosphorique

- Porter les tubes à essai à ébullition au bain Marie durant 30 min.

Après refroidissement des solutions :

- Ajouter 5 ml de toluène dans chaque tube.
- Après agitation au vortex deux phases apparaissent.
- Prélever la phase supérieure
- Ajouter 5 mg du sulfate de sodium,
- laisser au repos pendant 48h.

On procède à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 528 nm.

La détermination de la teneur de la proline est réalisée selon la formule:

$$\text{Proline } (\mu\text{g/g MF}) = \text{DO}_{528} \times 0.62$$

6.2. Les paramètres physiologiques:

6.2.1. La vitesse de croissance :

Le principe consiste à diviser la hauteur des plants de chaque traitement par le nombre de jours, correspondant à chaque mesure. Ce paramètre est exprimé en cm / jour.

6.2.2. La hauteur finale des plantes

Les hauteurs sont mesurées périodiquement (tous les 10 jours) en centimètre (cm) du collet à l'apex. Les valeurs des hauteurs finales sont mesurées au moment de la coupe à l'aide d'une règle graduée.

6.2.3. Le nombre des feuilles

Le principe consiste à faire un comptage des feuilles en fin de la coupe par plante.

6.2.4. Diamètre des tiges

Le principe consiste à mesurer le diamètre des tiges en fin de la coupe à l'aide d'un pied à coulisse pour chaque plant.

6.2.5. La biomasse fraîche produite

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

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

6.2.6. La biomasse sèche produite

La biomasse sèche a été mesurée après le dessèchement des poids frais des tiges, des feuilles, des racines et des fruits, de chaque traitement et ce dans une étuve à 75°C jusqu'à la stabilité du poids sec:

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

6.2.7. Le taux de matière sèche

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

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

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

7. Paramètres de productions :

7.1. Nombre des fleurs par bouquet floral

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

7.2. Nombre de fleurs nouées par bouquet floral

Ce comptage est réalisé au niveau de chaque plant au stade d'étude.

Chapitre II : Résultats et discussions

1. Paramètres de croissance :

1.1. Aspect général des plantes :

Durant notre expérimentation, des différences significatives apparaissent clairement entre les différents traitements testés sur les plantes de tomate variété Saint-pierre.

Visuellement on peut remarquer l'effet dépressif du sel sur les plantes irriguées par la solution saline naturelle (T1). Les plantes sont chétives, de couleur verte jaunâtre avec un nombre réduit de feuilles et de fleurs.

Par contre, les plantes irriguées par la solution corrigée (T3) et les solutions diluées à 20% (T4) et à 40% (T5) sont vigoureuses de couleurs vertes foncées, présentant un nombre des feuilles et des fleurs élevées.



Figure N° 10: Aspect général des plantes irriguées par le traitement salin naturel (T1) comparé au traitement corrigé (T3)



Figure N° 11: Aspect général des plantes irriguées par le traitement salin (pH : 5,5-5,8) (T2) comparé au traitement corrigé (T3)



Figure N° 12 : la comparaison entre les plantes irriguées par le traitement corrigé (T3) et ses dilutions à 20% (T4) et à 40% (T5)

1.2. La vitesse de croissance des plantes :

La courbe ci-dessous montre l'évolution de la vitesse de croissance des plantes de tomate après l'application des différents traitements (figure 13)

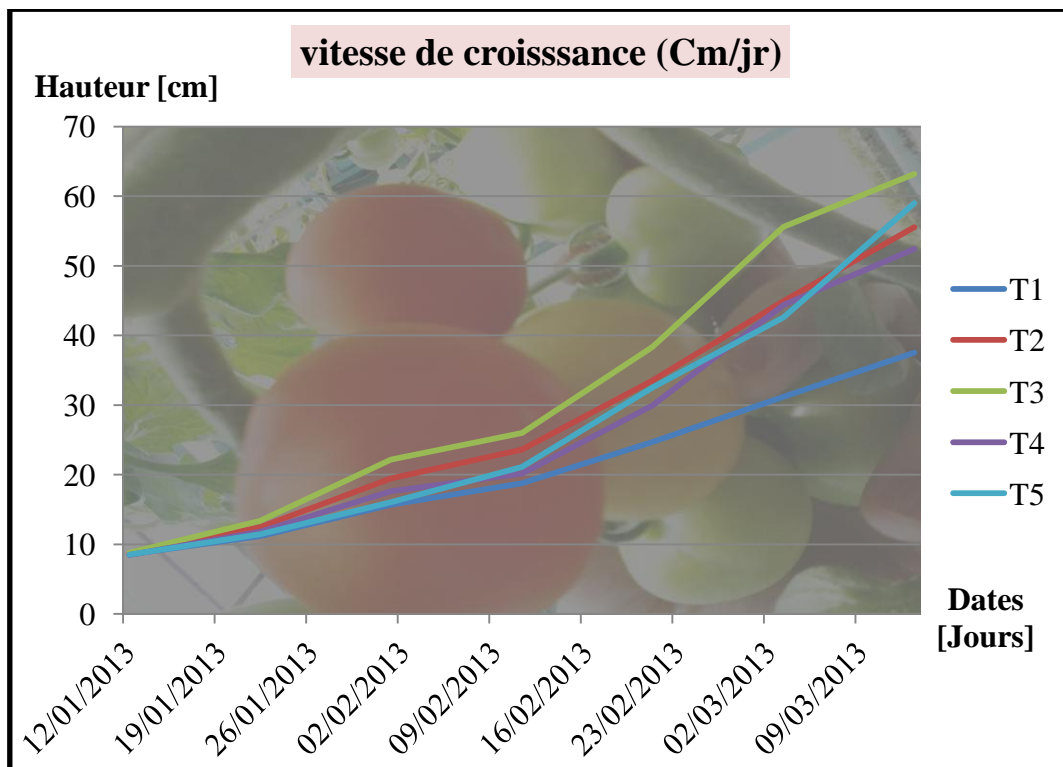


Figure N° 13 : Vitesse de croissance des plantes de tomate (cm/j)

Selon la figure (N°13), on remarque que dès la date 12-01-2013 jusqu'au 29-01-2013 c'est-à-dire 7 jours après l'application des traitements, l'effet de la salinité et la correction des eaux exercent une action significative sur la vitesse de croissance des plantes. Il est à noter que hauteur des plantes issue du traitement corrigé (T3) et la solution diluée (T5) devient très importante (60 à 65 cm). Ceci peut être expliqué par la présence des éléments nutritifs favorables à la croissance des plantes notamment l'azote, le phosphore et le potassium et les oligo-éléments dans ces traitements.

Le traitement (T2) ou on a corrigé uniquement le pH, semble présenter une hauteur plus au moins importante que le traitement dilué (T4).

Par contre, les plantes issues du traitement salin naturel (T1) présente une vitesse de croissance ralentit par rapport à celle observée chez le traitement corrigé (T3) et la solution diluée (T5). Ceci est expliqué par le déséquilibre ionique du milieu nutritif, et des carences en éléments fertilisants (macro et micro éléments) indispensable à la croissance et au développement des plantes de tomate.

Des observations analogues ont été faites dans les travaux de SMIRNOV et *al.*, (1977), CAPORW et LIDWING (1984), ou ils notent que la carence en calcium et en phosphore peut entraîner un ralentissement dans la croissance des plantes.

1.3.Hauteur finale des plantes [cm]:

La hauteur finale des tiges a été mesurée à partir de collet jusqu'à l'apex au niveau de chaque plant. Les résultats relatifs au paramètre mesuré, sont présentés dans le tableau 17.

Tableau 17 : Hauteur moyenne des tiges en (cm):

Traitements paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Hauteur finale des plantes	46,29 ± 0,67 e	58,80 ± 0,23 c	63,34 ± 0,22 a	58,29 ± 0,39 D	60,57 ± 0,43 b

L'analyse de la variance montre qu'il y'a une différence très hautement significative ($P < 0,001$) entre les différents traitements. Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% montre l'existence de 5 groupes homogènes.

D'après les résultats recueillis dans le tableau (17), on peut remarquer l'effet dépressif du traitement salin (T1) sur ce paramètre. La hauteur finale la plus élevée est enregistrée au niveau du traitement (T3) avec une moyenne de 63,34cm suivis par le traitement dilué à 40% (T5) et le traitement (T2) respectivement. Ceci peut s'expliquer par l'équilibre ionique parfait dans la solution saline corrigée et de leur richesse en éléments fertilisants indispensables, notamment l'azote, le phosphore, le potassium et les oligo-éléments à des concentrations correctes.

Par contre, la solution saline naturelle (T1) présente les hauteurs les plus faibles. Elle forme le groupe homogène (e), ceci peut être expliqué par un déséquilibre ionique entre les éléments mais plus sûrement à sa déficience en éléments majeurs utiles et en oligo-éléments, et aussi au pH alcalin défavorable pour une meilleure absorption hydrominérale des plantes dans ce milieu salin naturel.

Ces résultats confirment aussi les observations de (IMALET, 1979) ou ce dernier a montré que la composition chimique des solutions en sels nocifs tels que le NaCl, provoquent les symptômes de nanisme, et de rabougrissement des plantes suite à un ralentissement de la croissance due aux fortes concentrations des sels.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à l'accroissement du paramètre mesuré à savoir la hauteur finale des plantes par rapport au traitement salin naturel T1.

Tableau 18 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Traitements	T2	T3	T4	T5
Accroissement				
Hauteur finale des plantes	27,02%	36,83%	25,92%	30,84%

Les résultats du tableau (18), confirment la présence d'un effet significatif du facteur traitement sur la hauteur finale des plantes. On peut dire donc que le traitement (T3) présent

l'accroissement le plus élevé (36,83%), suivie par le traitement (T5) avec une valeur de 30,84%, tandis que les traitements T4 et T2 présentent les accroissements les moins importantes.

1.4. Diamètre des tiges:

La mesure du diamètre des tiges a été effectuée au moment de la coupe finale, à l'aide d'un pied à coulisse au niveau du collet de chaque plant.

Tableau 19 : Diamètre moyen des tiges en (mm):

Traitements paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Diamètre des tiges	5,43 ± 0,53 d	8,14 ± 0,38 c	11,14 ± 0,38 a	8,43 ± 0,53 C	9,43 ± 0,53 b

D'après les résultats de l'analyse de la variance, nous remarquons l'existence d'une différence très hautement significative ($P < 0,001$). Le test de Newman-Keuls ($\alpha = 5\%$) classe les traitements testés en quatre groupes. Les diamètres les plus minces sont observés au niveau des plants issus de la solution saline (T1) avec une moyenne de 5,43mm.

Ces résultats ont pour origine, des carences en éléments essentiels des milieux salins naturels 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 de tiges moins rigides et donc peu développées. (MENGEL et KIRKBY, 1982, DAOUD ET HALITIM, 1994, SNOUSSI, 2001).

Les diamètres finales des tiges les plus épais sont marqués au niveau des plantes irriguées avec la solution corrigée (T3), et la solution diluée (T5) avec des valeurs de 11,14 mm et 9,43 mm respectivement, suivie par la solution diluée à 20% (T4) et la solution saline naturelle (T2) qui sont classés dans le même groupe homogène (c) et qui ne présentent pas une grande différence entre eux.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à l'accroissement du paramètre mesuré à savoir le diamètre des tiges par rapport au traitement salin naturel T1.

Tableau 20 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Traitements	T2	T3	T4	T5
Accroissement				
Diamètre des tiges	49,90%	105,15%	55,24%	73,66%

Selon les résultats enregistrés dans le tableau (20), nous pouvons dire que le facteur traitement exerce un effet significatif sur le diamètre des tiges. En effet, nous ne constatons que le traitement (T3) présente l'accroissement le plus élevé avec un accroissement de 105,15% par rapport au (T1), suivie par le traitement (T5). Néanmoins, les traitements (T4) et (T2) présentent les accroissements les moins élevés.

1.5. Nombre de feuilles :

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

Tableau 21 : Nombre des feuilles / plante:

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
paramètre					
Nombre des feuilles	10,86 ± 0,90 c	11,86 ± 0,69 b	13,71 ± 0,76 a	12,29 ± 0,76 b	12,86 ± 0,69 b

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative ($P < 0,001$). Le test de Newman-Keuls ($\alpha = 5\%$) classe les traitements testés en trois groupes homogènes.

Concernant le nombre des feuilles, la meilleure performance est toujours enregistrée par la solution saline corrigées (T3) avec une plus haute valeur de 13,71 présentée par le groupe homogène (a). Le traitement (T2) et les solutions diluées sont classés dans le même groupe homogène (b). Néanmoins les plantes alimentées par la solution saline naturelle (T1) semble former un nombre de feuilles le plus faible.

Cette dernière situation s'explique par les quantités insuffisantes d'éléments fertilisants apportés aux jeunes plantules, surtout l'azote, car une carence de ce dernier, selon les travaux d'HELLER et *al* (1998), provoque d'abord un ralentissement de croissance en résultant ainsi une diminution du développement de feuilles.

Des résultats similaires ont été trouvés par (RIOU et *al*, 1997), où ils ont montré que le sel provoque un effet défavorable à la formation des feuilles. Il diminue leur masse individuelle, et finit par entraîner leur dessèchement.

La présence marquée du sodium (Na⁺) dans le traitement salin naturel exerce une nocivité accrue en bloquant le transfert de certains éléments vers la partie aérienne des plantes. Par conséquent, il en résulte des difficultés d'ajustement osmotique rendant les plantes très sensibles au déficit hydrominéral, induisant par la même une diminution de la croissance végétative, soit une réduction du nombre de feuilles.

En revanche, l'effet de la correction des solutions salines naturelles améliore la production de la biomasse des feuilles. Ceci permet d'affirmer que la formation de nouvelles feuilles est dépendante du milieu de culture et tout particulièrement de sa composition ionique.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à l'accroissement du paramètre mesuré à savoir le nombre des feuilles par rapport au traitement salin naturel T1.

Tableau 22 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Traitements Accroissement	T2	T3	T4	T5
nombre des feuilles	9,20%	26,24%	13,16%	18,41%

On peut conclure à partir des résultats du tableau (22), que le paramètre traitement a un effet sur le nombre de feuilles. Cependant le traitement (T3) désigne l'accroissement le plus élevé par rapport au (T1), puis le traitement (T5) avec un accroissement de 18,41%, alors que les traitements (T4) et le (T2) présentent les pourcentages les moins importants.

1.6. Biomasse fraîche totale [g]:

Le poids frais total est pesé au niveau de chaque plant au moment de la coupe finale.

Tableau 23: Biomasse fraîche totale en [g]:

Traitements paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Biomasse fraîche totale	38,66 ± 0,71 e	107,21 ± 1,04 d	275,62 ± 0,97 a	126,12 ± 0,49 C	169,01 ± 0,70 b

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les différents traitements testés. En effet, le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir cinq groupes homogènes. Le groupe (a) dominant est représenté par le traitement (T3) qui donne la valeur la plus élevée (257,62g). En effet, la correction de l'eau saline naturelle a un effet bénéfique sur la croissance de la tomate, parce qu'elle fournit tous les éléments nécessaires aux besoins des plantes à des proportions convenables. Suivi du deuxième groupe (b) représenté par les moyennes mesurées chez les plantes irriguées par le traitement dilué (T5).

Ce même test classe le traitement salin naturel (T1) dans le groupe (e) avec une valeur du poids frais la plus faible en raison de la déshydratation cellulaire ou "la sécheresse physiologique" qui est marqué par un arrêt de la croissance des tissus et une diminution de la transpiration (BINET, 1967).

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à l'accroissement du paramètre mesuré à savoir la biomasse fraîche totale par rapport au traitement salin naturel T1.

Tableau 24 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Traitements Accroissement	T2	T3	T4	T5
la biomasse fraîche totale	177,31%	566,37%	226,22%	337,17%

Les résultats du tableau (24), montre l'existence d'un effet significatif sur le paramètre mesuré. Le traitement (T3) est à la tête du classement, présenté par un accroissement supérieur de plus de cinq fois par rapport au traitement (T1), suivi par le traitement (T5), avec un accroissement inférieur de presque la moitié. Les traitements (T4) et (T2), présentent les valeurs les moins importantes.

1.7. Biomasse fraîche des feuilles, des tiges et des racines [g]:

Les résultats obtenus de la biomasse fraîche des feuilles, des tiges et des racines sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 25 : Biomasse fraîche des feuilles, des tiges et des racines [g]:

Traitements paramètres	T1	T2	T3	T4	T5
Biomasse fraîche des Feuilles	23,38 ± 0,60 e	73,31 ± 0,40 d	220,35 ± 3,37 a	90,97 ± 0,27 C	126,14 ± 0,45 b
Biomasse fraîche des Tiges	15,52 ± 0,63 e	32,90 ± 0,69 d	54,03 ± 0,62 a	35,18 ± 0,44 C	42,87 ± 0,50 b
Biomasse fraîche des racines	36,99 ± 0,55 e	66,97 ± 0,45 d	115,22 ± 0,45 a	79,13 ± 0,45 C	94,83 ± 0,47 b

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative ($p < 0.001$) du facteur traitement sur les trois paramètres mesurés.

D'après les résultats du tableau (25), on remarque que les traitements exercent un effet significatif sur le poids frais des feuilles, des tiges, et des racines, durant tous les stades de développement de la plante.

Pour ce qui est de la biomasse fraîche des feuilles, le poids frais le plus élevé est observé chez les plantes alimentées par le traitement (T3), ces derniers sont classés dans le groupe homogène dominant (a) avec une valeur de 220,35g.

Les plantes irriguées par la solution saline naturelle (T1), présente une biomasse fraîche faible (23,38g), présenté par le groupe (e). Ceci peut être expliqué par le manque des éléments essentiels pour le développement et la croissance tels que : N, P, K, Mg, Fe,....

Selon MAILLARD (2001), les ions de sodium et de chlorite peuvent être absorbés par les racines et s'accumuler dans les feuilles. Dès lors, ces ions peuvent provoquer les brûlures et le jaunissement prématuré des feuilles.

Concernant la biomasse fraîche des racines, les plantes issues de la solution saline naturelle (T1), donnent un chevelu racinaire chétif. Ceci peut être expliqué par l'accumulation des sels nocifs au niveau des racines de la plante tels que le HCO_3 et le NaCl .

A ce propos, DUTHIL (1973), note que la concentration élevée du sel dans le sol peut augmenter la pression osmotique qui devient égale ou dépasse celle du suc cellulaire des racines. Dans ce cas, le végétal subit un flétrissement temporaire qui peut devenir permanent en cas de déficit en eau.

A l'inverse les plantes issues des solutions salines corrigées(T3) produisent une biomasse racinaire bien développée et dense.

Les plantes qui sont irriguées par la solution salines diluées à 40% (T5), présentent une biomasse fraîche des racines bien développée par rapport aux autres plantes qui sont irriguées par la solution salines diluées à 20% (T4).

D'autre coté, L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les différentes moyennes mesurées de la biomasse fraîche des tiges. En effet, le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir deux cinq groupes homogènes.

La meilleure performance a été enregistrée au niveau des traitements (T3) avec une valeur qui correspond à 54,03g.

De nombreux travaux ont mis en évidence l'effet de la correction des eaux salines dans l'amélioration de l'alimentation minérale des plantes.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à l'accroissement du paramètre mesuré à savoir la biomasse fraîche des feuilles, des tiges et des racines par rapport au traitement salin naturel T1.

Tableau 26 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Traitements Accroissements	T2	T3	T4	T5
Biomasse fraiche des feuilles	213,55%	842,47%	289,09%	439,52%
Biomasse fraiche des tiges	111,98%	248,13%	126,67%	176,22%
Biomasse fraiche des racines	81,04%	211,48%	113,92%	156,36%

Selon le tableau ci-dessus, on remarque que les traitements testés exercent un effet bien remarquable sur le paramètre mesuré. Ce qui montre nettement que les plantes irriguées par le traitement (T3), présentent toujours le meilleur pourcentage et ce au niveau des trois organes végétaux. Bien que le traitement (T2), donne la valeur la moins élevée.

1.8.Longueur des racines [cm]:

La longueur racinaire a été mesurée au moment de la coupe finale après avoir dépoter les racines, secouées et lavées pour éliminer le gravier collet (tableau 27).

Tableau 27 : La longueur des racines [Cm]:

Traitements paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
La longueur des racines	32,04 ± 0,43 e	39,61 ± 0,41 c	45,13 ± 0,28 a	36,93 ± 0,50 D	42,30 ± 0,53 b

L'analyse de la variance relative à la longueur racinaire révélé une différence hautement significative ($p < 0.001$).

Le traitement corrigé (T3) a donné la meilleure performance (45,13cm) présenté par le groupe (a) dominant, suivie par le second groupe (b), représenté par le traitement dilué (T5) avec une moyenne de (42,30 cm). Ceci peut être expliqué par l'équilibre ionique parfait dans la solution saline corrigée et la solution diluée à 40%, et leurs richesses en éléments fertilisants, notamment la présence de macroéléments tels que l'azote, le phosphore, et le potassium et ainsi la présence des oligoéléments.

Les traitements (T2) et (T4) présentent les valeurs de (39,61cm) et (36,93cm) respectivement, ceci est dû à la correction du pH au niveau du traitement (T2) car un niveau de pH correct peut rendre les nutriments disponibles à la plante.

Par contre, la solution saline naturelle (T1) présente le dernier groupe (e), avec la valeur la plus faible 32,04cm.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à l'accroissement du paramètre mesuré à savoir la longueur des racines par rapport au traitement salin naturel T1.

Tableau 28: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Traitements paramètre	T2	T3	T4	T5
Longueur des racines	23,62%	40,85%	15,26%	32,02%

Ce qui est du l'accroissement de la longueur des racines, les meilleurs performances sont enregistrées par la solution corrigée (T3) avec un pourcentage qui correspond à 40,85%, suivi de (T5 et T2), avec des valeurs de 32,02% et 23,62% respectivement.

En revanche, la solution diluée à 20% (T4) donne la valeur la moins importante qui correspond à 15,26%.

1.9. Biomasse sèche totale [g]:

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

Tableau 29 : Biomasse sèche totale (g) :

Traitements paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Biomasse sèche totale	4,94 ± 0,08 e	10,61 ± 0,11 d	23,50 ± 0,09 a	13,77 ± 0,05 C	16,05 ± 0,07 b

Selon les résultats obtenus, on remarque que les traitements testés dans notre expérimentation exercent un effet très hautement significatif sur la production de la biomasse sèche durant les différents stades de développement des plantes. Le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir cinq groupes homogènes.

Le groupe (a) représenté par le traitement salin corrigé (T3), les plantes alimentées par ce traitement donnent la biomasse sèche la plus élevée, suivie du 2^{ème} groupe (b) représenté par la solution diluée (T5), ceci est dû essentiellement à la richesse de ces traitements en éléments majeurs et mineurs. Aussi, la présence d'un potentiel hydrogène (pH) favorable facilitant l'absorption de ces derniers par les plantes de tomate dans ces milieux nutritifs.

Ces remarques se concordent avec les travaux de GOSSELIN et TRUDEL (1983) qui ont montrés que la plus grande biomasse sèche de la partie aérienne est obtenue dans un milieu riche en élément fertilisants.

La solution diluée (T4) ainsi que la solution saline naturelle (T2), sont représentées par les groupes (c) et (d) respectivement. Ces deux traitements présentent les valeurs les moins importantes. En effet, au niveau de la solution saline naturelle (T1) qui est présentée par le dernier groupe (e), la salinité provoque la réduction de la matière sèche totale, conséquence d'une réduction de croissance des plantes.

Selon BOUZID (2010), la salinité inhibe la croissance des organes de la partie aérienne ce qui se représente très visiblement sur l'ossature de ces plantes entrainant un faible taux de la biomasse sèche totale produite.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à l'accroissement du paramètre mesuré à savoir la biomasse sèche totale par rapport au traitement salin naturel T1.

Tableau 30: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Traitements Accroissement	T2	T3	T4	T5
biomasse sèche totale	114,77%	375,70 %	178,74%	224,89%

Le tableau ci-dessus, montre l'existence d'un effet du traitement sur la biomasse sèche totale. En effet, on constate que le traitement corrigé (T3) est plus élevé que le (T1) plus de 3 fois, suivie par le traitement (T5) avec un pourcentage du (224,89%), Tandis que les traitements (T4) et (T2), présentent les accroissements les plus faible.

1.10. Biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines [g]:

Ce paramètre est réalisé après séchage des feuilles, des tiges et des racines dans une étuve à 70°C jusqu'à la stabilité du poids sec de ces organes.

Tableau 31: Biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines [g]:

Traitements Accroissement	T1	T2	T3	T4	T5
Biomasse sèche des Feuilles	2,45 ± 0,06 e	6,43 ± 0,03 d	17,13 ± 0,04 a	8,91 ± 0,03 C	10,39 ± 0,03 b
Biomasse sèche des Tiges	2,49 ± 0,08 e	4,17 ± 0,08 D	6,37 ± 0,07 a	4,86 ± 0,05 C	5,65 ± 0,06 b
Biomasse sèche des racines	4,65 ± 0,07 e	5,84 ± 0,04 D	9,81 ± 0,03 a	6,82 ± 0,03 C	7,92 ± 0,03 b

Selon les résultats enregistrés dans le tableau (31), on constate que les poids secs des feuilles, des tiges et des racines sont influencés par les différents traitements.

Les poids secs des feuilles, des tiges et des racines enregistrés au niveau de la solution saline naturelle (T1), manifestent une biomasse sèche la plus faible quelque soit le stade de développement.

En effet, la salinité est une conséquence négative sur la biomasse sèche. Elle influe sur la physiologie de la plante et peut inhiber la photosynthèse à différents niveaux des voies métaboliques (HELLER, 1981).

Tandis que la solution saline corrigée (T3) ainsi que la solution diluée (T5), enregistrent des poids secs des feuilles, des tiges et des racines élevés. On peut expliquer ces résultats par l'équilibre quantitatif et qualitatif des ions minéraux dans le milieu alimentaire ou nutritif, avec un potentiel hydrique (pH) le plus favorable, ce qui favorise l'absorption hydrominérale et augmente l'activité photosynthétique se traduisant par une biomasse importante.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à l'accroissement du paramètre mesuré à savoir la biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines par rapport au traitement salin naturel T1.

Tableau 32: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Traitements	T2	T3	T4	T5
Accroissement				
Biomasse sèche des feuilles	162,44%	599,18%	263,67%	324,08%
Biomasse sèche des tiges	67,46%	155,82%	95,18%	126,90%
Biomasse sèche des racines	25,59%	110,90%	46,66%	70,32%

Les résultats obtenus révèlent que les traitements testés ont un effet bien remarquable sur la biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines. Egalement, nous pouvons dire que les plantes irriguées par le traitement (T3), présentent le pourcentage le plus élevé tandis que ceux issus de traitements naturel (T2) présentent le paramètre mesuré le plus faible et ceci est observé au niveau des trois organes végétaux.

1.11. Taux de matière sèche totale (feuilles + tiges) :

Le taux de matière sèche est calculé par la règle suivante :

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

Tableau 33: la matière sèche totale [%]:

Traitements paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
la matière sèche totale	12,79 ± 0,06 a	9,99 ± 0,01 c	8,52 ± 0,00 e	10,92 ± 0,01 B	9,49 ± 0,01 d

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les différents traitements. Ce qui met en évidence l'influence des sels sur le paramètre mesuré. En effet le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir 5 groupes homogènes.

Les plantes alimentées par la solution saline naturelle (T1) enregistrent un taux de matière sèche le plus élevé. Comme tenu le stockage des sels dans les tissus de ces plantes, ces dernières subissent une sécheresse physiologique précoce, ce qui rend de plus en plus difficile l'absorption d'eau et de nutriments par les plantes stressées, ce qui a pour conséquence un dessèchement précoce de la biomasse produite. Dans ce contexte, AYERS et WESTCOT (1976), note qu'au niveau des traitements salins naturels l'osmolarité externe est forte, empêchant le passage de l'eau vers la plante entraînant aussi une déshydratation du végétal.

Ce même test classe le traitement corrigé (T3) dans le dernier groupe homogène (e), ce qui montre que la correction de l'eau saline naturelle 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 et c'est qui donne une rigidité importante aux tissus végétaux de la partie aérienne.

2. Les paramètres biochimiques :

2.1. Quantité de proline dans les feuilles médianes [$\mu\text{g/g MF}$]:

La plupart des travaux signalent que la proline migre vers les feuilles et s'y localise, c'est pour cette raison qu'il a été décidé de faire son dosage au niveau des feuilles médianes. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau (34) :

Tableau 34: Quantité du proline dans les feuilles médianes de la plante [$\mu\text{g/gMF}$]:

Traitements paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Quantité du proline	0,04 ± 0,00 b c	0,05 ± 0,00 b	0,07 ± 0,00 a	0,01 ± 0,00 D	0,03 ± 0,00 c

L'analyse de la variance montre qu'il y'a une différence très hautement significative entre les différentes moyennes mesurées de la teneur de la proline. Le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir quatre groupes homogènes. Les données du tableau (34) indiquent que les plantes alimentées par la solution saline corrigée (T3) accumulent plus de proline, contrairement au cinquième groupe (d) qui représente le traitement T4 et qui présente la quantité de proline la moins élevée.

La proline augmente de teneur avec l'augmentation de la concentration en sel. En effet, l'augmentation des teneurs de la solution d'irrigation en sel est accompagnée parallèlement par une augmentation croissante et relativement régulière de proline (DENDEN et *al.*, 2005).

Les plantes alimentées par le traitement salin naturel (T1) produisent de la proline pour ajuster l'osmolarité interne mais dont la proportion reste inférieure à celle produite par les plantes alimentées par le traitement corrigé (T3). Par conséquent, en corrigeant ce dernier traitement, l'osmolarité externe devient alors élevée et donc supérieure à l'osmolarité interne

au niveau cellulaire des plantes arrosées par le (T3). Afin de permettre le passage de l'eau du milieu externe vers le milieu interne, la plante crée sa propre pression interne en l'augmentant afin de permettre le passage de l'eau du milieu moins concentré vers le milieu le plus concentré et de ce fait nous constatons une production de proline accrue au niveau cellulaire de ces plantes.

Des résultats similaires ont été trouvés par (DJEROUDI *et al.*, 2010), Où il indique que, l'augmentation de la teneur en proline dans les feuilles est en fonction de l'augmentation de la salinité.

2.2. Quantité de la chlorophylle (A) [$\mu\text{g/g MF}$]:

Les résultats obtenus sont classés dans le tableau suivant :

Tableau 35 : Quantité de la chlorophylle (A) [$\mu\text{g/g MF}$]

Traitements paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Quantité de la chlorophylle (A)	0,44 ± 0,01 e	0,61 ± 0,01 d	1,60 ± 0,01 a	0,84 ± 0,01 C	0,95 ± 0,01 b

L'analyse de la variance montre qu'il y'a une différence hautement significative entre les moyennes de chlorophylle (a) au niveau des feuilles médianes des plantes de tomate. Le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir cinq groupes homogènes. Les plantes alimentées par la solution corrigée produisent la quantité de la chlorophylle la plus importante, et sont présentées par le groupe homogène dominant (a), suivi par le deuxième groupe (b), qui se présente par le traitement (T5).

En revanche les plantes irriguées par le traitement salin naturel (T1) synthétisent une faible quantité des pigments chlorophylliens, en raison du déficit énorme de l'élément azote. Nos résultats montrent qu'il y'a un effet du stress salin sur le fonctionnement de la photosynthèse chez les plantes issus du (T1) dont le taux de la chlorophylle (a) a été réduit significativement par rapport au (T3). Ceci peut être expliqué par l'oxydation des pigments chlorophylliens en raison du très faible taux d'azote et du déséquilibre ionique du milieu nutritif.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à l'accroissement du paramètre mesuré à savoir la quantité de la chlorophylle (A) par rapport au traitement salin naturel T1.

Tableau 36 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Traitements Accroissement	T2	T3	T4	T5
la chlorophylle (A)	38,63%	263,63%	90,90%	115,90%

D'après le tableau 36, nous pouvons dire que le traitement corrigé donne la quantité de chlorophylle la plus élevée avec le plus haut accroissement de (263,63%), et au niveau de traitement salin naturel (T2) l'accroissement reste réduit. Alors que les traitements dilués donnent des accroissements plus ou moins importants mais toujours avec des proportions moindres que le traitement (T3).

2.3. Quantité de la chlorophylle (B) [$\mu\text{g/g MF}$]:

Les résultats obtenus sont classés dans le tableau 37:

Tableau 37: Quantité de la chlorophylle (B) [$\mu\text{g/g MF}$] :

Traitements paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Quantité de la chlorophylle (B)	0,33 ± 0,03 d	0,38 ± 0,01 c	0,62 ± 0,01 a	0,43 ± 0,01 B	0,43 ± 0,01 b

L'analyse de la variance montre qu'il y'a une différence hautement significative entre les moyennes de chlorophylle (b) mesurées, le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir quatre groupes homogènes.

Les résultats montrent que le traitement corrigé (T3) ainsi que les traitements dilués (T4) et (T5) sont ceux qui synthétisent la plus importante quantité de chlorophylle (b). cela peut s'expliquer par le fait que le traitement corrigé et les traitements dilués ont un équilibre

ionique ainsi qu'une richesse en éléments minéraux et plus particulièrement l'azote qui donne au feuillage cette couleur verdâtre signe de la chlorophylle.

Le traitement salin naturel (T1) manifeste la quantité de la chlorophylle la plus faible. Ceci est dû à un déséquilibre ionique et à la salinité du milieu.

CLEMENT (1989), confirme que les plantules peuvent maintenir lentement les stomates fermés lors d'une sécheresse physiologique suite aux fortes concentrations en sels, ce qui provoque une diminution de l'activité photosynthétique tout en compensent la réduction de l'absorption du CO₂, par leurs efficacité élevée de la fixation de CO₂ et par l'absence de photo respiration qui représente normalement une perte de carbone.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à l'accroissement du paramètre mesuré à savoir la quantité de la chlorophylle (B) par rapport au traitement salin naturel T1:

Tableau 38: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Traitements Accroissement	T2	T3	T4	T5
la chlorophylle (B)	15,15%	87,87%	30,30%	30,30%

Les résultats donnés montrent clairement la différence des teneurs en chlorophylles entre les différents traitements testés. L'accroissement du traitement T3 est plus élevé par rapport aux autres traitements, suivi du T5 avec une valeur de 30,30%. Le facteur traitement a eu un effet grandiose sur la quantité de la chlorophylle (B).

2.4. Quantité de la chlorophylle (C) (Caroténoïdes) [$\mu\text{g/g MF}$]:

Les résultats obtenus sont classés dans le tableau (39) :

Tableau 39 : Quantité de la chlorophylle (C) [$\mu\text{g/g MF}$]

Traitements paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Quantité de la chlorophylle (C)	4,48 ± 0,03 d	6,52 ± 0,02 c	10,35 ± 0,04 a	6,50 ± 0,01 C	7,49 ± 0,01 b

L'analyse de la variance montre qu'il y'a une différence hautement significative entre les moyennes de chlorophylle (A) mesurées, le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir quatre groupes homogènes.

La chlorophylle (C) est la chlorophylle totale c'est donc la somme des deux précédentes.

Les meilleurs résultats révélés sont ceux où les plantes sont alimentées par le traitement corrigé (T3) et qui sont classés dans le groupe homogène (a), cela du fait que ces derniers ont un équilibre ionique contrairement au traitement non corrigés. Les traitements (T2) et (T4) sont classés dans le même groupe homogène, on peut dire donc que ces deux traitements possèdent la même quantité de la chlorophylle (C) au niveau de leurs feuilles médianes.

Les plantes alimentées par les eaux salines naturelles (T1) manifestent une quantité de caroténoïdes la plus faible.

Les travaux de BALIBREA et *al* (1997) ont montré que l'accumulation des sels affecte la régulation du transport des électrons au niveau des chloroplastes dans la feuille de tomate et affecte par la suite le bon fonctionnement des chloroplastes et diminue la chlorophylle.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à l'accroissement du paramètre mesuré à savoir la quantité de la chlorophylle (C) par rapport au traitement salin naturel T1.

Tableau 40: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Traitements Accroissement	T2	T3	T4	T5
La chlorophylle (C)	45,53%	131,02%	45,08%	67,18%

Le tableau de l'accroissement confirme l'existence d'un effet significatif sur le paramètre mesuré. L'accroissement du traitement T3 est plus élevée que le T2 plus de 2 fois. Ainsi il est à la tête du classement suivi du T5 avec une valeur inferieur de presque la moitié.

3. Les paramètres de production :

3.1. Nombre de fleurs par plant et par bouquet floral :

Les valeurs moyennes du nombre de fleurs par bouquet et par plant sont présentées dans tableau (40) :

Tableau 41: Nombre de fleurs par bouquet floral et par plant :

Traitements paramètres	T1	T2	T3	T4	T5
Nombre des fleurs par bouquet 1	6,57 ± 0,53 c	6,57 ± 0,53 C	9,71 ± 0,49 a	7,29 ± 0,49 b	9,43 ± 0,53 a
Nombre des fleurs par bouquet 2	5,29 ± 0,76 c	7,57 ± 0,53 B	10,57 ± 0,53 a	5,57 ± 0,53 C	8,00 ± 0,53 b
Nombre des fleurs par plant	11,86 ± 0,69 e	14,14 ± 0,69 C	20,29 ± 0,49 a	12,86 ± 0,69 d	17,43 ± 0,53 b

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence hautement significative entre les différentes moyennes mesurées du paramètre étudiée.

Selon les résultats obtenus, le nombre de fleurs par bouquet et par plant est plus élevé au niveau des plantes alimentées par le traitement corrigé (T3) qui est représenté par le groupe homogène (a). Par contre le traitement T1, représente le nombre de fleurs le plus faible, les plantes issues de ce traitement faisant face au stress salin raccourcissent leur cycle de développements en produisant un nombre de fleurs réduit par rapport aux plantes alimentées par les eaux salins corrigées et diluées (T4 et T5).

Des résultats similaires ont été notés par DENDEN *et al* (2005), où ils ont montrés que le nombre des fleurs diminuent avec l'augmentation de la salinité du milieu.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à l'accroissement du paramètre mesuré à savoir le nombre de fleurs par bouquet floral et par plant par rapport au traitement salin naturel T1.

Tableau 42 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Traitements	T2	T3	T4	T5
Accroissement				
Nombre des fleurs par bouquet1	0%	47,79%	10,95%	43,53%
Nombre des fleurs par bouquet2	43,10%	99,81%	5,29%	51,22%
Nombre des fleurs par plant	19,22%	71,07%	8,43%	46,96%

Nous observons à partir du tableau ci-dessus que l'effet du facteur traitement influe sur le nombre des fleurs, cela est montré par la meilleure performance qui est représentée par le traitement (T3), suivi par le T5 qui présente des valeurs élevées aussi, alors que le traitement (T4) donne la valeur la moins importante.

3.2. Nombre de fleurs nouées par plant et par bouquet floral :

Les valeurs moyennes du nombre de fleurs nouées par bouquet et par plant sont dans le tableau suivant :

Tableau 43 : Nombre de fleurs nouées par bouquet floral et par plant :

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
paramètres					
Nombre de fleurs nouées par bouquet 1	6,43 ± 0,79 c	6,43 ± 0,79 c	9,71 ± 0,49 a	7,29 ± 0,49 b	9,43 ± 0,53 a
Nombre de fleurs nouées par bouquet 2	5,14 ± 0,90 d	7,43 ± 0,79 c	10,57 ± 0,53 a	5,57 ± 0,53 d	8,00 ± 0,82 b
Nombre de fleurs nouées par plant	11,57 ± 0,98 e	13,86 ± 0,90 c	20,29 ± 0,49 a	12,86 ± 0,69 d	17,43 ± 0,53 b

D'après les résultats enregistrés dans le tableau 43, nous avons constaté que le nombre de fleurs nouées est influencé par les différents traitements.

La solution corrigée manifeste le nombre de fleurs nouées le plus important que ce soit par bouquet ou bien par plant. Ceci est probablement expliqué par l'équilibre parfait de milieu nutritif et sa richesse en éléments minéraux indispensable pour la fructification des plantes.

Les plantes issues du traitement (T5), donne un nombre élevé de fleurs nouées mais toujours avec une valeur réduite en comparaison avec le traitement (T3).

La correction du pH au niveau du traitement (T2) semble donner un effet significatif sur ce paramètre mesuré, présentant un nombre de fleurs nouées important par rapport au traitement (T1) et aussi par rapport au traitement (T4). En revanche, le traitement salin naturel (T1) présente le nombre de fleurs nouées le plus faible. Ceci peut être expliqué par l'effet de la salinité qui inhibe la fructification et qui augmente le taux d'avortement des fleurs suite a la mauvaise alimentation hydrominérale des plantes et au déséquilibre ionique de milieu nutritif.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à l'accroissement du paramètre mesuré à savoir le nombre de fleurs nouées par bouquet floral et par plant par rapport au traitement salin naturel T1.

Tableau 44 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Traitements	T2	T3	T4	T5
Accroissement				
Nombre de fleurs nouées par bouquet 1	0%	51,01%	13,37%	46,65%
Nombre de fleurs nouées par bouquet 2	44,55%	105,64%	8,36%	55,64%
Nombre de fleurs nouées par plant	19,79%	75,36%	11,14%	50,64%

Le traitement T3 prend toujours la première place, suivi du T5 avec une légère diminution, le T2 vient en troisième position .En dernière place vient le traitement T4 avec une valeur minime.

3.3.Taux d'avortement [%] :

Les résultats sont présentés dans le tableau 45 :

Tableau 45: Taux d'avortement des fleurs par bouquet floral :

Traitements paramètres	T1	T2	T3	T4	T5
1 ^{ère} Bouquet floral	2,17	2,17	0	0	0
2 ^{ème} Bouquet floral	2,7	1,88	0	0	0

D'après les résultats obtenus, on peut remarquer que la variété de tomate Saint-pierre s'est montrée plus sensible aux traitements salins naturels et ce au niveau des deux bouquets floraux. Ces résultats pouvant être expliquées par l'accumulation des sels dans les milieux se qui cause le déséquilibre ionique et la mauvaise alimentation hydrominérale des plantes.

Les plantes issues du traitement corrigé (T3) et des traitements dilués (T4) et (T5) ne présentent aucun taux d'avortement, ceci est dû aux conditions favorables de nutrition des plantes de tomate.

4. Discussion générale :

L'expérimentation réalisée dans ce travail, avait pour but de tester l'impact de la concentration et du potentiel hydrogène des différents traitements sur les paramètres biométriques, de production et biochimiques de la tomate, et ce en hors-sol.

Nous avons jugé utile de synthétiser les résultats obtenus selon les potentialités de chaque traitements afin d'identifier le ou les traitements les plus performants selon les trois paramètres retenus à savoir :

- Paramètres biométriques
- Paramètres de production
- Paramètres biochimiques

4.1. Classements des traitements selon les paramètres biométriques :

Le classement des paramètres biométriques est représenté dans le tableau suivant :

Tableau 46 : Classements des traitements selon les paramètres biométriques

Paramètres biométriques	T1	T2	T3	T4	T5
Hauteur finale	5	3	1	4	2
Diamètre tiges	5	4	1	3	2
Nombre de feuilles	5	4	1	3	2
Biomasse fraîche totale	5	4	1	3	2
Biomasse fraîche des feuilles, tiges et racines	5	4	1	3	2
Longueur des racines	5	3	1	4	2
Biomasse sèche totale	5	4	1	3	2
Biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines	5	4	1	3	2
Taux de la matière sèche totale	1	3	5	2	4
Classement finale	5	4	1	3	2

Selon les résultats présentés dans le tableau (46), nous remarquons que le traitement salin corrigé (T3) manifeste les meilleures performances biométriques et se classe en première position par rapport aux autres traitements. Ensuite, arrivent les traitements salins corrigés dilués à 40% et 20% respectivement.

L'irrigation par l'eau saline naturelle conduit à l'augmentation de la salinité dans le milieu racinaire. Le déséquilibre ionique de traitement salin naturel testé (T1) accentue l'effet de la salinité du milieu alimentaire ce qui limite la croissance des plantes de tomate, et réduit en conséquence, la consommation hydrique et minérale qui est en relation avec l'évapotranspiration.

L'application de traitement salin naturel (T1) aux plantes expérimentées provoque le retard de la vitesse de croissance, la limitation de la croissance et le développement des plantes mis en évidence à travers les différents paramètres mesurés.

Aussi, nous constatons que le traitement salin naturel (T1) manifeste une augmentation significative de taux de la matière sèche totale (feuilles + tiges) par rapport aux autres traitements testés (T3, T5, T4, T2), et ce cause le dessèchement précoce des plantes dû à la mauvaise croissance et à l'inhibition de la photosynthèse au niveau des chloroplastes en particulier par l'accumulation du sodium et des chlorures au niveau des jeunes feuilles qui limitent le mouvement des stomates et de la photosynthèse.

A l'inverse la correction de l'eau saline naturelle et ses dilutions à 40% et 20% a conduit à une augmentation significative de la croissance des plantes et ce au niveau de tous les paramètres étudiés et cités dans le tableau précédent tel que (vitesse de croissance, poids frais totale, nombre de feuilles).

4.2. Classements des traitements selon les paramètres biochimiques :

Le classement des paramètres biochimiques est représenté dans le tableau suivant :

Tableau 47 : Classements des traitements selon les paramètres biochimiques

	T1	T2	T3	T4	T5
Proline	3	2	1	5	4
Chlorophylle (A)	5	4	1	3	2
Chlorophylle (B)	4	3	1	2	2
Chlorophylle (C)	5	3	1	4	2
Classement finale	5	3	1	4	2

Pour ce qui est effet de la salinité de l'eau d'irrigation sur le paramètre biochimique et physiologique analysé à travers l'expression de l'accumulation de la proline montre que les plantes de la tomate accumulent ce composé protéinique dans les feuilles à des proportions variable selon les différents traitements.

La teneur en proline se concentre dans les tissus foliaires à des teneurs significativement élevée notamment au niveau du traitement salin corrigé (T3) et ce par rapport aux traitements testés. Cette élévation de la concentration de proline au niveau de traitement salin corrigé est en relation avec la composition et la concentration en osmolytes plus forte que dans les autres traitements testés.

L'osmolarité externe est donc plus forte, ce qui nécessite un ajustement de l'osmolarité interne encore plus forte afin de permettre le passage de l'eau du milieu le moins concentré vers le milieu le plus concentré, ce qui se traduit par une production accrue de proline.

L'élévation de la teneur en chlorophylle (A, B, C) montre que tout le traitement testé répond parfaitement aux solutions d'irrigation préparées. Cependant, la repense des traitements est variable, elle est en fonction de l'intensité du stress.

Globalement, l'étude de la teneur de la chlorophylle en condition saline, fait ressortir que les traitements sont répartis en deux groupes. Un premier groupe relativement riche en chlorophylle, qui est constitué essentiellement du traitement salin corrigé à savoir le (T3). Un second groupe relativement pauvre en chlorophylle est constitué par le traitement salin naturel (T1).

L'inhibition du transport du magnésium (Mg), à partir de la racine vers les feuilles stoppe la formation de la chlorophylle (A et B) et donc de la photosynthèse. Il ya apparition de tâches vertes claires sur les feuilles .L'accumulation des sels dans les milieux salins naturels T1 entraîne une toxicité partielle vis à vis des plantes en début de culture. Au fur et à mesure de développement végétatif, on remarque plus au moins une adaptation des plantes à ce milieu de culture, néanmoins, elles finissent par se dessécher.

En ce qui concerne la teneur en chlorophylle (C) nous remarquons que le traitement T1 présente la teneur la moins élevé par rapport aux autres traitements testé.

4.3. Classements des traitements selon les paramètres de production :

Le classement des paramètres biochimiques est représenté dans le tableau suivant :

Tableau 48 : Classements des traitements selon les paramètres de production

Paramètres de production	T1	T2	T3	T4	T5
Nombre de fleurs par bouquet 1	5	4	1	3	2
Nombre de fleurs par bouquet 2	5	3	1	4	2
Nombre de fleurs par plant	5	3	1	4	2
Nombre de fleurs nouées par bouquet 1	4	4	1	3	2
Nombre de fleurs nouées par bouquet 2	5	3	1	4	2
Nombre de fleurs nouées par plants	5	3	1	4	2
Taux d'avortement	1	2	3	3	3
Classement finale	5	3	1	4	2

L'application des différents traitements n'a pas donné le même effet sur les plantes expérimentées et cela suivant les paramètres de production montrés dans le tableau (48) en effet la correction des solutions salines naturelles a conduit à une augmentation significative de la croissance des plantes.

L'analyse des principales composantes du rendement a montré que le déséquilibre ionique des traitements salins naturels T1 réduit significativement le nombre moyen des fleurs. (ASHRAF et FOOLAD, 2005)

On note que le traitement salin naturel corrigé (T3) présente les meilleurs résultats en termes de nombre de fleurs, ainsi que le nombre des fleurs nouées. Les autres traitements (T5), (T4) et (T2) viennent juste après. Cette amélioration au niveau des résultats s'explique par l'équilibre ionique parfait des milieux nutritifs et par l'apport d'oligo-éléments mais aussi un pH favorable, indispensables à la croissance et au développement des plantes.

En fin, on peut dire que la solution saline corrigée (T3) est la meilleure que les autres traitements que se soit au niveau des paramètres biométriques, production ou biochimique. Au fur et à mesure, la solution diluée à 40% nous a donné des résultats très satisfaisantes, alors que la dilution de 20% semble présenter des résultats acceptables en comparaison avec la solution saline naturelle (T1). Or, la solution saline naturelle (T2) ou on corrigé que le pH, semble présenter la moins importantes par rapport aux traitements T3, T5 et T4, mais en comparaison avec le traitement T1 elle a donné toujours des résultats passables.

Conclusion

Notre expérimentation a été réalisée dans le but de déterminer *l'effet de la concentration et du potentiel hydrogène d'une eau non conventionnelle pour l'irrigation de la tomate variété « Saint-pierre »*.

Les résultats obtenus nous ont ressortir un certain nombre d'observations qui sont :

- ✓ Pour les paramètres de croissance à savoir la vitesse de croissance, la hauteur finale, le diamètre des tiges, le nombre des feuilles, le poids frais et sec total, la longueur des racines, le poids frais et sec (des feuilles, des tiges, des racines), nous avons constaté que la solution saline naturelle (T1) exerce une action défavorable sur la physiologie et la morphologie des plantes de tomate, en raison de taux de salinité élevé et du déséquilibre ionique, mais plus surement de sa déficience en azote, phosphore, potassium, et en oligo-éléments. A l'inverse le taux de la matière sèche des plants arrosés par les eaux salines naturelles (T1) est plus élevé par rapport aux traitements corrigés, et ce en raison du dessèchement précoce dû à l'alimentation hydrominérale difficile et très limitée.
- ✓ En revanche, la solution saline corrigée et ses dilution à 20% et à 40% montrent un effet marqué sur les paramètres précédemment signalés et ceci durant tous les stades de développement étudiés. En effet, nous avons obtenu des plantes vigoureuses avec un nombre de feuille élevé, un chevelu racinaire développé, une production importante, et une absorption hydrominérale optimale. Ceci, nous a permis de conclure que la correction des eaux salines joue un rôle bénéfique sur la conduite des plantes de tomate, tout en limitant les dommages provoqués par la salinité. Alors que la correction du pH uniquement et qui s'est faite sur le traitement (T2), a amélioré d'une façon significative la plupart des paramètres de croissance en comparaison avec la solution saline naturelle (T1).
- ✓ Concernant les variations notées sur les paramètres biochimiques, à savoir les teneurs en chlorophylles A, B et C qui sont des paramètres très sensibles, et qui peuvent nous renseigner sur le degré de tolérance de la tomate à la salinité, nous constatons que les plantes qui ont reçu le traitement salin naturel montrent une diminution considérable de la chlorophylle des feuilles médianes causée par la réduction de l'ouverture des stomates, visant à limiter les pertes soumises à une contrainte saline présentent un taux de chlorophylle plus bas par rapport aux plantes non stressées. Par contre les plantes

qui ont reçu le traitement salin corrigé (T3), présentent toujours le taux de chlorophylle le plus élevé par rapport aux autres traitements testés.

- ✓ Les résultats relatifs à la teneur en proline indiquent que les plantes alimentées par les solutions salines naturelles (T1) et (T2) accumulent beaucoup de proline que celles des autres traitements (T4) et (T5), et ce afin d'ajuster l'osmolarité interne pour la survie des plantes dans ces milieux nutritifs. Aussi, on peut également noter que le traitement corrigé (T3) présente une concentration en osmolytes plus forte que dans le traitement salin naturel (T1) ce qui provoque une synthèse de proline accrue.
- ✓ L'équilibre nutritionnel ainsi que la richesse en éléments fertilisants dans le traitement salin corrigé a permis d'avoir une floraison et une nouaison plus précoce et un taux d'avortement nul.

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 eaux salines non seulement à l'échelle expérimentale, mais aussi pour des applications pratiques à grande échelle et notamment dans les régions arides.

REFERENCES

1. **AIT HOUSSA A., NOUGA EL., OUAILI H., CHATAIBAT Y., CHADDAD A., 2004** : Fertigation de la tomate hors sol dans la région de Douiet (MAROC).Ecole nationale d'agriculture de Meknès Domaine agricole de Douiet. Pp.1-15.
2. **ALARCON J.J., SANCHEZ-BLANCO M.J., BOLARIN M.J., TORRECILLAS A., 1994**: Growth and osmotic adjustment of tow tomato cultivars during and after saline stress. Plant soil, vol 66.pp:75-82.
3. **ALEM C et AMRI A., 2005**: Importance de la salinité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge .Reviews in Biology and Biotechnology, vol.4 N^o1, pp : 20-31.
4. **ASLOUM H., 1990** : Elaboration d'un système de production maraichère (Tomate *lycopersicum esculentum* L) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtre. Thèse de Doctorat, développement et amélioration des végétaux, université de Nice Sophia. Antipolis pp: 24-32.
5. **ASHRAF et FOOLAD., 2005** : Pre-solving seed traitement shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. Advances in Agronomy 88 : 223-271
6. **ANONYME., 2012** : FAOSTAT, Infocomm. Fiche produit tomate, CNUCED.
7. **ANONYME., 2012** : MADR. Ministère de l'agriculture et de développement rural, service statistique.
8. **ANONYME., 2012** : Direction des statistiques agricole et des systèmes d'information. Pp75.
9. **AYERS R.S., WESTCOT D.W., 1976** : « La qualité de l'eau en agriculture », Bull. d'irrigation et de drainage, F.A.O. n° 29, Rome, (1976), 95-97.
10. **BAATOUR O., M'RAH S., BEN BRAHIM N., BOULESNEM F., LACHAAL M., 2004** : Réponse physiologique de la gesse (*Lathyrus sativus*) à la salinité du milieu. Revue des régions arides, tome I, No.Spécial.Pp :346-358.
11. **BALIBREA M.E., CAYUELA E., ARTES F., PEREZ ALFOCEA F., 1997**: Salinity effects on some postharvest quality factors in a commercial tomato hybrid. Journal of Horticultural Science, 72 (6) pp 885-892.
12. **BARBARA Y., 2005** : Les cultures de tomate. Pp 105
13. **BELL D.T., 1999**: Australian trees for the rehabilitation of water logged and Salinity-damaged landxapes.Aust.j. Bot. Pp: 697-716.

14. **BENCHALAAL., 1983** : Généralités sur la tomate, production végétale, production céréalière et fourragère. Aurès agronome. Pp2-6.
15. **BENTVELSEN C.L.M., 1980** : Réponse des rendements à l'eau. Ed. Dunod. 235p.
16. **BEN NACEUR M., BEN SOLEM M., ROUISSI M., EL BIJL.Z., RAHMOUNE C., 2002** : Influence du manque d'eau sur le comportement écophysio­logique de quatre variétés de Blé dur. Annales de L'INRGEF.P:133-152.
17. **BINET P., BRUNEL J.P., 1967** : Physiologie végétale, Tome I, Ed. Doin, Paris, 238p.
18. **BLANC D., 1987** : " Les cultures hors sol ", INRA, Paris, 409p.
19. **BLANCARD D., 1988** : Les maladies de la tomate, Identifier, Connaitre, maitriser. INRA. Paris. P.212.
20. **BLYTHE., 2012** : Le Ph (potentiel hydrogène) l'autre vision. [www-cona-tech.com/Wordpress/archives/Tag \(ph\)](http://www-cona-tech.com/Wordpress/archives/Tag(ph)).
21. **BOUHLASSA S., ALECHCHEIKH C et KABIRI L., 2008** : Origine de la minéralisation de la détérioration de la qualité des eaux souterraines de la nappe phréatique de quaternaire du bassin-versant de Rheris (Errachidia.Maroc).Sécheresse, vol.19, n⁰1, Pp.67-75
22. **BOUKACHABIA E., 1993** : Contribution à l'étude de quelques mécanismes morphologiques et biochimiques de tolérance à la salinité chez cinq génotypes de Blé dur (*Triticum durum* Dest).Mémoire de Magister en production et physio­vég. Annaba.108p.
23. **BOUZID Z., 2010** : Etude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysio­logique de deux variétés de plantes de l'espèce *phaseolus vulgaris* L. Thèse magistère Biologie Végétale. Université Mentouri Constantine.
24. **BROGLIE L.A et GUEROULT D., (2005)** : Tomate d'hier et d'aujourd'hui. Paris, Ed. Hoebeke.143p.
25. **CALU G., 2006** : Effet du stress salin sur les plantes. Comparaison entre deux plantes modèles: *Arabidopsis thaliana* et *Thellungiella halophila*. Master I Recherche biotechnologies : du gène à la molécule. 14p.
26. **CAPROW S.J.M et LIDWING L.J., 1984** : «Carences potassiques et photosynthèse dans les plantes de tomate », Revue de la potasse, Section (8) n^o3, (1984), 1-7.
27. **CHAUX C., 1972** : Product légumière, Ed.J.B.Ballière.Paris.414p.
28. **CHAUX C et FOURY C., 1994** : Productions légumières, Tome III : légumineuses potagères, légumes fruits, technique et documentation- Lavoisier, Paris.563p.

- 29. CHEVERRY C., 1995 :** Comportement des plante en milieu salé come rendu de l'ACAD d'ARGRIC de France. Action n°04.Revue. Bimestrielle.vol.81(2) :42-46.
- 30. CHERBUY B., 1991 :** Les sols salés et leur réhabilitation. Etude bibliographique, C.E.M.A.G.R.E.F.124p.
- 31. CHIBANE A., 1999 :** La tomate sous serre, bulletin mensuel d'information et la liaison de programme national de transfert de technologie en agriculture – Edition MADR PM/ DERD, Maroc, n°57, Pp1- 4.
- 32. CHOUARD., 1952 :** les cultures sans sol, Ed .Maison Rustique. Paris.200p.
- 33. ÇIÇEK N., et ÇAKIRLAR H., 2002:** The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars Bulg .J. plant physiol.Pp:66-74.
- 34. CLEMENT., 1989 :** La rousse agricole. Ed. Larousse, Paris, Pp : 28-33.
- 35. COIC Y, et LESAIN C., 1975 :** “La nutrition minérale en eau des plantes en horticulture Avancée”, Document technique S.C.P.A, n°23, Versailles, (1975), 21p.
- 36. COIC Y et LESAIN C., 1983 :** Culture hydroponique. Ed. Maison rustique. Paris.113p.
- 37. COIC Y., 1984 :** Les cultures sans sol .Revue science et vie, hors série n°146.Pp 67-75
- 38. COURCHINO J.P., 2008 :** La culture de la tomate, fiche technique tomate, 8p.
- 39. DANUMAH J., 2009:** L'agriculture hors sol. Une agriculture saine rentable et respectueuse de l'environnement. Coco sol .côte d'Ivoire .63p.
- 40. DAOUD Y et HALITIM A., 1994 :** Irrigation et salinisation au Sahara algérienne, Sécheresse n03 vol 5. Pp 151-160.
- 41. DAOUDI A et HARTANI T., 2007 :** Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du bas-Chélif. Actes du troisième atelier régional SIRMA (Nabeul, Tunis, Ed. CIRAD, Montpellier ,5p.
- 42. DENDEN M., BETTAIEB T., ALEF S., MATHLOUTHI M., 2005 :** Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales, 2005, Tropicultura, 220-225.
- 43. DINON E., et GERSTMANS A., 2008 :** L'influence du pH sur l'assimilation des éléments nutritifs du sol par les plantes et sur la variété des plantes. Université de liège, printemps des sciences, France, Pp.1-4.
- 44. DJEROUDI D., BISSATI S., HADJADJ S., 2010 :** Effet de la salinité sur l'accumulation de la proline foliaire d'*Atriplex Halimus* L. et d'*Atriplex Canescens* (pursh)

Nutt au stade juveniles, annales des sciences et technologies, Vol 2, N°2, Algérie pp 126-134.

45. DOMINIQUE B., LATERROT H., MARCHAUX G., GONDRESSE I., 2009 : Les maladies de la tomate : identifier, connaitre, maitriser. Edition Quae, 690p.

46. DUCHAUFOR P., 1977 : Pédologie. Pédogenèse et classification Tome I, Ed. Masson, paris ,477p.

47. DUTHIL J., 1973 : « Eléments d'écologie et d'agronomie », Tome III, J.P Ballière, Paris, (1973), 265p.

48. EL FADL A., CHTAINA N., 2010 : Etude de base sur la culture de la tomate au Maroc. Programme Régional de lutte intégrée contre les organismes nuisibles (Integrated Pest Management) au Proche Orient (Projet GTFS/REM/070/ITA). FAO.ONSSA.108p.

49. ELMEKKAOUI M., 1990 : Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé dur (*T. durum* des f) et l'orge (*H. vulgare*) : recherche des tests précoces de sélection. Thèse de doctorat en science agronomique. Montpellier, P.191.

50. FRANCIS et al., 1970: Cooper enzymes in isolated chloroplastes. Plant Physiol., 24 (1949), pp.1-15.

51. FRAJ S., 2004 : La salinité et la production végétale : Centre de publication universitaire, Tunis, 161p.

52. FRANCIS et al., 1970: Cooper enzymes in isolated chloroplastes. Plant Physiol., 24 (1949), pp.1-15.

53. GALLAIS A., et BANNEROT H., 1992 : Amélioration des espèces végétales cultivés. objectif et critères de sélection. INRA, Paris. 765p.

54. GARREC J.P et PEULON V., 1989 : Traitement, entretien et gestion des arbres en villes. Rev. For. Fr. XLI-N° SP.p.109.

55. GILL K.S., 1979: Effects of soil salinity on grain filing and grain developpement in burly. Biologie plantarum, Pp: 266-269.

56. GOSSELIN A., and TRUDEL M.N., 1983: « Interaction between root-zone temperature and light levels on growth developpement and photosynthesis » (1983), 901-905p

57. GROUZIS M., BERGER A., HEIM G., 1976 : Polymorphisme et germination des grains chez trois espèces annuelles du genre *Salicornia* .oecol. Plant 11. Pp: 41-52.

58. GRREENWAY H et MUNNS R., 1980: Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. Annual Review of plant Physiology Pp: 149-190.

- 59. HAMDY A., 1991:** Water soil and crop management relating to the use of saline Water. European Mediterranean, conference on the use of Saline Water in irrigation MAI/Bari.Pp:89-94
- 60. HAMDY A., LIETH H., MEZHER Z., 1995:** Halophyte performance under height salinity levels in overview saline irrigation, halophyte Production and utilization. Roject.NOIG.18-CT: Pp.20-58.
- 61. HAMDY A., 1999:** Saline irrigation and management for a sustainable use. In: Advanced Short Course on saline Irrigation Proceeding, Agadir. Pp: 152-227.
- 62. HAOUALA F., FERJANI H., BEN EL-HADJ S., 2007:** Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na^+ , K^+ et Ca^{++}) et du chlore (Cl^-) dans les partie aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. Biotechnologie. Agronomie Société et environnement, Vol-11, N^o.3 P : 235 -244.
- 63. HAYASHI H et MURATE N., 1998:** Genetically engineered enhancement of salt tolerance in higher plants. In: Sato Murata N, (Ed), Stress Response of Photosynthetic organisms: molecular Mechanisms and Molecular Regulation .Elsevier, Amsterdam P: 133-148.
- 64. HAYEK T et ABDELLY C., 2004:** Effets de salinité sur l'état hydrique foliaire, la conductance stomatique, la Transpiration et le rendement en grains chez 3 Population de mil (*Pennisetum glaucume* (L) R.Br).Revue des régions arides, Tome I, No Spécial : 273-284.
- 65. HELLER R., 1981 :** Physiologie végétale. Tome I : nutrition. 2^{ème} Edition Masson. Paris, 1981, 244p.
- 66. HELLER R., ESNAULT R., ETLANCE C., 1998 :** « Physiologie végétale : 1-nutrition », 6^{ème} ed, ED, DUNOD, Paris, (1998), 323p.
- 67. IMALET R., 1979 :** influence de différentes concentrations des sels des eaux d'irrigation sur le rendement du haricot. Thèse ING Agro. I.N.A. El-Harrach, Alger. P23.
- 68. IPTRID ., 2006 :** Conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation et stratégie de Prévention et réhabilitation. P: 2-11.
- 69. KATERJI M., 1995 :** Réponse des cultures à la contrainte hydrique d'origine Saline .C.R.A Cod.Agric.Fr, 81, N^o2-Pp.73-86.
- 70. KINET B., 1985 :** Contrôle du développement de l'inflorescence de la tomate par les facteurs de l'environnement et les régulateurs de croissance. Rev, Hort n°200. Pp30-36.
- 71. KOUASSI S., 2009 :** Fiche technico –économique : culture hydroponique de la tomate –Maison du génie Agricole .Cote d'Ivoire. Pp.1-11.

- 72. KOLEV N., 1976 :** Les cultures maraichères en Algérie, Tome I, Légumes et fruits. Ed. Ministère de l'Agriculture et de la réforme Agraires, 207p.
- 73. LACHARME M., 2001 :** « Fascicule 9 » le contrôle de la salinité dans les rizières Mémento Technique de Riziculture.20 p.
- 74. LAUMONNIER R., 1979 :** Cultures légumières et maraichères, Tome III, Ed. Ballière, Paris. 1276p.
- 75. LEGROS J.P., 2009 :** La salinisation des terres dans le monde. Académie des sciences et lettres de Montpellier. Conférence n° 4069, Bull. N° 40, Pp 257-269.
- 76. LEMAIRE F., DARTIGUES A., RIVIERE L.M., CHARPENTIER S., 1989 :** Culture en pots et en conteneurs : Principes agronomiques et application. Ed .INRA, Paris, 181p.
- 77. LETAR M et PATRICIA E., 1995 :** Maitrise de l'irrigation fertilisante de la tomate .CTFL. Paris .220p.
- 78. LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P., FOURCROY P., CASSE-DELBART F., 1995:** Les plants face au stress salin. Cahiers Agricultures.P: 263-273.
- 79. MAILLARD J., 2001:** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone aride : Risques et Recommandations. Handicap International. Novembre 2001.35p.
- 80. MANIGUET M., 2003 :** Les pays secs environnement et développement. Ellipse Edition marketing. Paris P : 24-32.
- 81. MAPPA D., 2010 :** Les productions légumières. Ed. Educagri. Dijon. Pp.75-79.
- 82. MARCHAUX G., GOGMALONS P., GEBRE K., COORD., 2008 :** Virus des solanacées : du génome viral à la protection des cultures, Ed, Quae, 896p.
- 83. MARSCHNER H., 1990:** Mineral nutrition of higher plants. Ed, Academic Press, London, New York, P: 526-542.
- 84. MENGEL K., KIRKBY E.A., 1982:** Principales of plant nutrition, Potash Inst 3ème Ed. Worblanfen Bern, Switzerlnd, 655p.
- 85. MERMOUD A., 2006 :** Cours de physique du sol, maitrise de la salinité des sols, Pp: 1-14.
- 86. MESSIAN C., 1991 :** Les maladies des plantes maraichères. Edition INRA, Paris, 206p.
- 87. MNIF L., et CHAIEB M., 2004 :** Efficacité comparée de l'utilisation de l'eau de pluie en milieu aride par quatre Populations d'une poaceae Pérenne. Revue des régions Arides, Tome I, No spécial : 252-257.

- 88. MONNEVEUX Ph et NEMMAR M., 1986 :** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum caesium* L.) et chez le blé dur (*Triticum Drums Desf.*): Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de Développement. *Agronomie*, 6 (6), pp. 583-590.
- 89. MORARD P., 1995 :** Les cultures végétales en hors sol. Pub Agris, Paris ,301 p.
- 90. MOUHOUCHE B., 1983 :** Essai des rationnements de l'eau sur tomate, recherche de production optimale et valorisation de l'eau. Thèse de magistère I.N.A., Alger .170p.
- 91. MUNNS R., 1993:** Physiological processes limiting plant growth in saline soils, some dogmas and hypotheses, *plant cell Environ.* Pp: 15-24.
- 92. MUNNS R., 2002:** Comparative physiology of salt and Water Stress. *Plant cell and environment*, Vol, 25.Pp:239-250
- 93. NAIKA S., DE JEUD J.V.L., DE JEFFAU M., et VANDAM B., 2005 :** La culture de tomate, production, transformation et commercialisation. *Agrodock*.105p.
- 94. NAHON D., 2008 :** L'épuisement de la terre .l'enjeu du XXIème siècle .Odile Jacob, 235p.
- 95. NIU X., RSESSANR A., HASEGAWA P.M., PARDO J.M., 1995:** Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant physiology*. Pp: 735-742.
- 96. PARIDA A.K., et DAS A.B., 2005:** Salt tolerance and salinity effect on plants: Review, *Ecotoxicology and environment safety* .vol, 60 .pp: 324-349
- 97. PIGNON P., et GRONGES A., 1992 :** La culture de poivron sous abris : Aspect technique et variétaux *Revue Suisse de viticulture, Arboriculture et horticulture*, Vol. 24 N°6 Pp : 353– 356.
- 98. POLESE J.M., 2007 :** La culture des tomates. Edition ARTE MIS.92p.
- 99. PUBLISHERS B., 2004 :** Ressources végétales de l'Afrique tropicale. Tome II: Legumes. Ed. Dunod.736p.
- 100.RAHMOUNE C., SEMADI A., AUAD H., TAHAR A., 1997:** Air quality and technique distribution in the northeast Algeria , proc of second international scientific conference , science , Developpement and environment , 17-20-march 1997 Cairo (Egypt) Pp:333-344.
- 101.REJILI M., VADEL M.A., NEFFATP M., 2006:** Comportements germinatifs de deux populations de lotus creticus (L) en présence du NaCl. *Revue des Régions arides*, vol.17, N°1 : 65-78.
- 102.REY Y., et COSTES C., 1965 :** La physiologie de la tomate, étude bibliographique. INRA .111p.

- 103.REYNOLDS M.P., ORTIZ-MONASTERIO J.I., MCNAB A., 2001:** Application of physiology in wheat breeding Mescico D.F: Cimmyt. P: 101-111.
- 104.REZGUI M., BIZID E., BEN MECHLIA N., 2004 :** Etude de la sensibilité au déficit hydrique chez quatre variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) cultivées en conditions pluviales et irriguées en Tunisie. Revue des régions Arides Tome I, N0 spécial : 258-265.
- 105.RHODRI P., et MORINI S., 2002:** Gestion des sols salinisés par l'irrigation. the nature and properties of soils, New jersey.USA. Prentice hall. Pp1.
- 106.RIOU C., BONHOMME R., NEVEU A et PAPY F., 1997 :** « L'eau dans l'espace rural : production végétale et qualité de l'eau », Ed. INRA, Paris, 1997, 411p.
- 107.RISANER L.A, 2002:** Biotic and abiotic factors influencing the development of N2-fixing symbioses between rhizobia and the Woody legumes Acacia and prosopis. Academic dissertation in microbiology. Helsinki. thesis. 80 pp.
- 108.ROUABHIEA A.E.K et DJABRI L., 2010 :** L'irrigation et le risque de pollution saline. Exemple des eaux souterraines de l'aquifère miocène de la plaine d'El Ma Labiod, La Rhyss journal, n08, p 55-67
- 109.RUSH D.W., ET EPSTEIN E., 1981:** Breeding and selection for salt-tolerance by incorporation of Wild germplasm into a domestic tomato.J.Amer-Soc-
- 110.SERRANO R., GAXIOLA R., 1994:** Microbial models and salt stress tolerance in plants. Crit. Rev. Plant sci. Vol. 13 : Pp : 121-138.
- 111.SHANKARA N., VAN J., DE JEUDE L, DE GOFFAU M., HILMI M., BARBARA V., 2005 :** La culture de la tomate Production, transformation et commercialisation. Agrodock, Pp1-105.
- 112.SI BENNASSEUR A., 2005 :** Référentiel pour la conduite technique de la tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). Pp : 58-70.
- 113.SKIREDJ A., 2006 :** Besoins des plantes en eau et en éléments nutritifs fustigations : guide pour améliorer la production des cultures, Rabat, Pp : 1 – 9.
- 114.SKIREDJ A., ELATTIR H., ELFADI A., 2005 :** « Les culture du concombre », Inst. Agr. Vêt, Haïssant " P1-2.
- 115.SMIRNOV P., MOURAVINE E., STOROJENKO V., et RAKIPOV N., 1977:** « l'agrochimie », ED, Mir, Moscou, (1977), 280p.
- 116.SNOUSSI S.A., 2001 :** Valorisation des eaux salines pour la nutrition des plantes cultivées Thèse Doctorat. INA El-Harrach, 152p.

- 117.SZABLOCS J., 1989:** Salt affected soils, and Word problem.Int. Symp. Jiana, china.13-21 May, Bijing Agric, univ Beijing, china, p.30-47.
- 118.TREMBLIN G., et COUDRET A., 1986:** Salinité, transpiration et échanges de co2 chez *Halopeplis amplexicaulis* (vahl) .ULG. Cultivé à différentes salinité. Acto-oecologica. p: 335-364.
- 119.URBAN L., 1997 :** « Introduction à la production sous serre », Maison rustique, paris, 180p.
- 120.VERMEIREN L., et JOBLING G.A., 1983 :** L'irrigation localisée : calcul, mise en place, exploitation, contrôle du fonctionnement Ed : Food &agriculture. org.219 p.
- 121.VITRE A., 2003 :** Fondements & principes du hors sol, Doc. Vol 3. N°12, Pp :110-121.
- 122.ZAGHDOUD C., DEBOUBA M., MAAROUI-DGUIMI H., GOUIA H., 2011 :** Comportement physiologique de deux espèces de tabac au stress salin << *Nicotine tabacum* >> et << *Nicotiana rustica*>> Revue des régions arides n° 25.pp : 3-14.
- 123.ZID EL et GRIGNON C., 1991 :** Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress.cas des stress salins et hydriques. L'amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu aride, AUPELF-UREF. Jon libbey Eurotext, paris : 91-108.
- 124.ZOUAOUI A., 2002 :** Effet du rapport K/N sur deux variétés de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) cultivées en hydroponie. Thèse Magister. INA. EL-HARRACH.67p.
- 125.ZUANG L., et MUSARD L., 1987 :** Les cultures sur substrats. Ed. CTIFL, 276p.

Annexes

Annexe 01 : Hauteur finale des plantes.

Source de variation	S.C.E	DDL	Carres moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.totale	1206,75	34	35,49	1690,99	0,0000	0,42	0,7%
Var. facteur 1	1201,42	4	300,35				
Var. résiduelle 1	5,33	30	0,18				

Annexe 02 : Diamètre des tiges.

Source de variation	S.C.E	DDL	Carres moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.totale	128,74	34	3,79	133,31	0,0000	0,48	5,6%
Var. facteur 1	121,89	4	30,47				
Var. résiduelle 1	6,86	30	0,23				

Annexe 03 : Nombre de feuilles.

Source de variation	S.C.E	DDL	Carres moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.totale	49,54	34	1,46	13,82	0,0000	0,76	6,2%
Var. facteur 1	32,11	4	8,03				
Var. résiduelle 1	17,43	30	0,58				

Annexe 04 : Biomasse fraiche totale.

Source de variation	S.C.E	DDL	Carres moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.totale	215560,14	34	6340,00	82635,37	0,0000	0,81	0,6%
Var. facteur 1	215540,58	4	53885,15				
Var. résiduelle 1	19,56	30	0,65				

Annexe 05 : Biomasse fraiche des feuilles.

Source de variation	S.C.E	DDL	Carres moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.totale	151263,31	34	4448,92	15513,32	0,0000	1,56	1,5%
Var. facteur 1	151190,22	4	37797,56				
Var. résiduelle 1	73,09	30	2,44				

Annexe 06 : Biomasse fraiche des tiges.

Source de variation	S.C.E	DDL	Carres moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.totale	5711,38	34	167,98	4213,18	0,0000	0,58	1,6%
Var. facteur 1	5701,23	4	1425,31				
Var. résiduelle 1	10,15	30	0,34				

Annexe 07 : Biomasse fraiche des racines.

Source de variation	S.C.E	DDL	Carres moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.totale	24310,36	34	715,01	26303,60	0,0000	0,48	0,6%
Var. facteur 1	24303,43	4	6075,86				
Var. résiduelle 1	6,93	30	0,23				

Annexe 08 : Longueur des racines.

Source de variation	S.C.E	DDL	Carres moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.totale	714,87	34	21,03	937,39	0,0000	0,43	1,1%
Var. facteur 1	709,20	4	117,30				
Var. résiduelle 1	5,67	30	0,19				

Annexe 09 : Biomasse sèche totale.

Source de variation	S.C.E	DDL	Carres moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.totale	6360,51	34	187,07	105043,46	0,0000	0,08	0,7%
Var. facteur 1	6360,05	4	1590,01				
Var. résiduelle 1	0,45	30	0,02				

Annexe 10 : Biomasse sèche des feuilles.

Source de variation	S.C.E	DDL	Carres moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.totale	2259,24	34	66,45	259932,42	0,0000	0,03	0,4%
Var. facteur 1	2259,18	4	564,79				
Var. résiduelle 1	0,07	30	0,00				

Annexe 11 : Biomasse sèche des tiges.

Source de variation	S.C.E	DDL	Carres moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.totale	1073,96	34	31,59	24056,83	0,0000	0,11	1,6%
Var. facteur 1	1073,63	4	268,41				
Var. résiduelle 1	0,33	30	0,01				

Annexe 12 : Biomasse sèche des racines.

Source de variation	S.C.E	DDL	Carres moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.totale	741,34	34	21,80	82061,23	0,0000	0,05	0,6%
Var. facteur 1	741,28	4	185,32				
Var. résiduelle 1	0,07	30	0,00				

Annexe 13 : Taux de matière sèche totale.

Source de variation	S.C.E	DDL	Carres moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.totale	3036,56	34	89,31	13326174,00	0,0000	0,01	0,0%
Var. facteur 1	3036,56	4	759,14				
Var. résiduelle 1	0,00	30	0,00				

Annexe 14 : Dosage Chlorophylle.

	Source de variation	S.C.E	DDL	Carres moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Chlorophylle « A »	Var. totale	2,36	14	0,17	12658,29	0,0000	0,01	0,8%
	Var. facteur 1	2,36	4	0,59				
	Var. résiduelle 1	0,00	10	0,00				
Chlorophylle « B »	Var. totale	0,15	14	0,01	208,90	0,0000	0,01	3,0%
	Var. facteur 1	0,14	4	0,04				
	Var. résiduelle 1	0,00	10	0,00				
Chlorophylle « C »	Var. totale	54,72	14	3,91	22551,55	0,0000	0,02	0,3%
	Var. facteur 1	54,71	4	13,68				
	Var. résiduelle 1	0,01	10	0,00				

Annexe 15 : Dosage de la proline.

Source de variation	S.C.E	DDL	Carres moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Var. Totale	0,05	14	0,00	157,08	0,0000	0,01	1,33%
Var. Facteur 1	0,05	4	0,01				
Var. résiduelle 1	0,00	10	0,00				

Annexe 16 : Nombre de fleurs par bouquet floral et par plant.

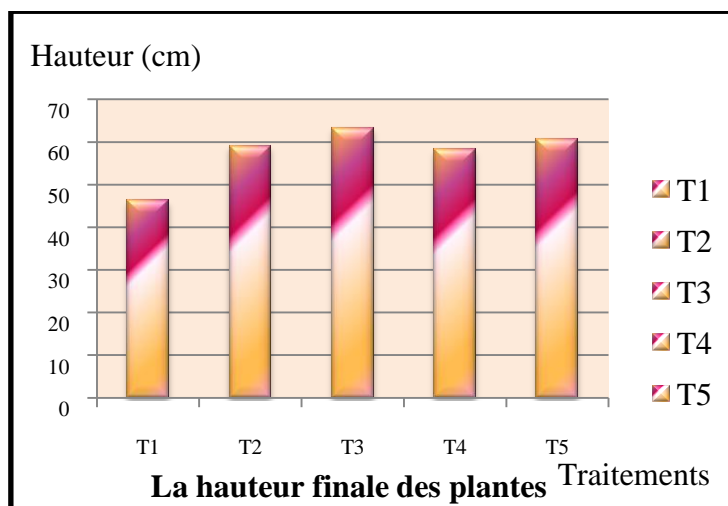
	Source de variation	S.C.E	DDL	Carres moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
1 ^{er} bouquet	Var. totale	74,74	34	2,20	62,57	0,0000	0,52	6,5%
	Var. facteur 1	66,74	4	16,69				
	Var. résiduelle 1	8,00	30	0,27				
2 ^{ème} bouquet	Var. totale	140,40	34	4,13	76,26	0,0000	0,65	8,7%
	Var. facteur 1	127,83	4	31,96				
	Var. résiduelle 1	12,57	30	0,42				
Par plant	Var. totale	351,54	34	10,34	217,57	0,0000	0,62	4,1%
	Var. facteur 1	339,83	4	84,96				
	Var. résiduelle 1	11,71	30	0,39				

Annexe 17 : Nombre de fleurs nouées par bouquet floral et par plant.

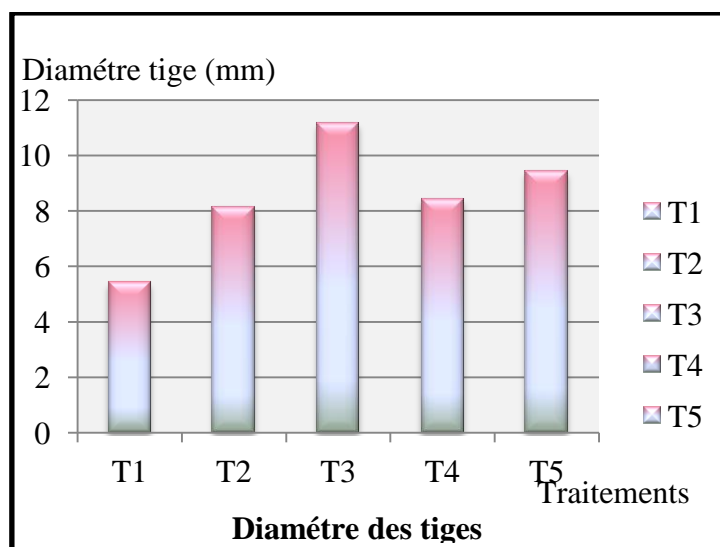
	Source de variation	S.C.E	DDL	Carres moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
1 ^{er} bouquet	Var. totale	84,29	34	2,48	45,18	0,0000	0,63	8,0%
	Var. facteur 1	72,29	4	18,07				
	Var. résiduelle 1	12,00	30	0,40				
2 ^{ème} bouquet	Var. totale	151,14	34	4,45	51,72	0,0000	0,80	11,0%
	Var. facteur 1	132,00	4	33,00				
	Var. résiduelle 1	19,14	30	0,64				
	Var. totale	386,29	34	11,36	127,70	0,0000	0,85	5,6%

Par plant	Var. facteur 1	364,86	4	91,21				
	Var. résiduelle 1	21,43	30	0,71				

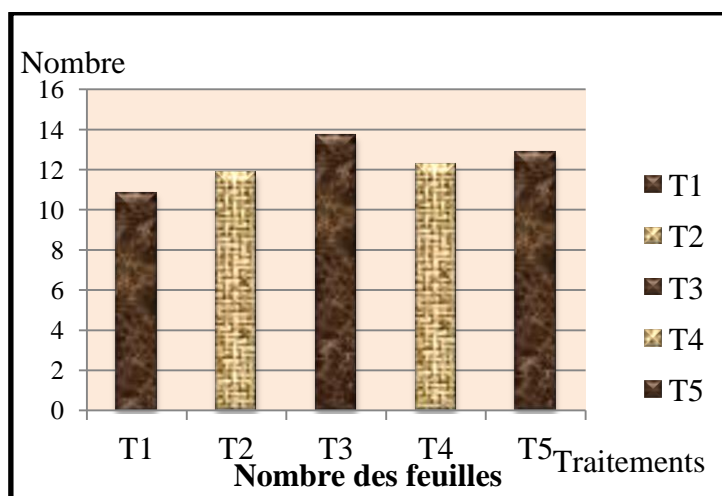
Annexe 18: La hauteur finale des plantes.



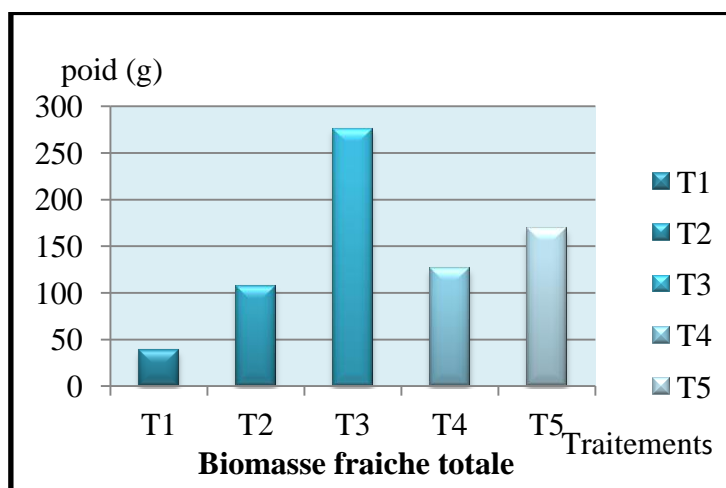
Annexe 19: Diamètre des tiges.



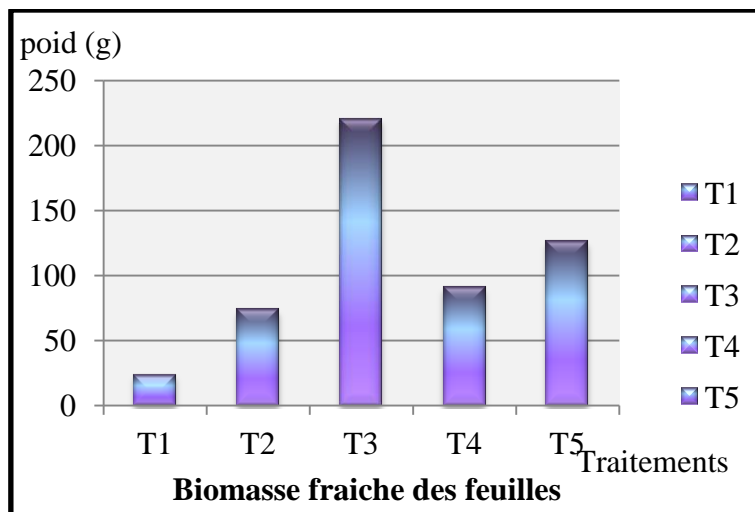
Annexe 20: Nombre des feuilles.



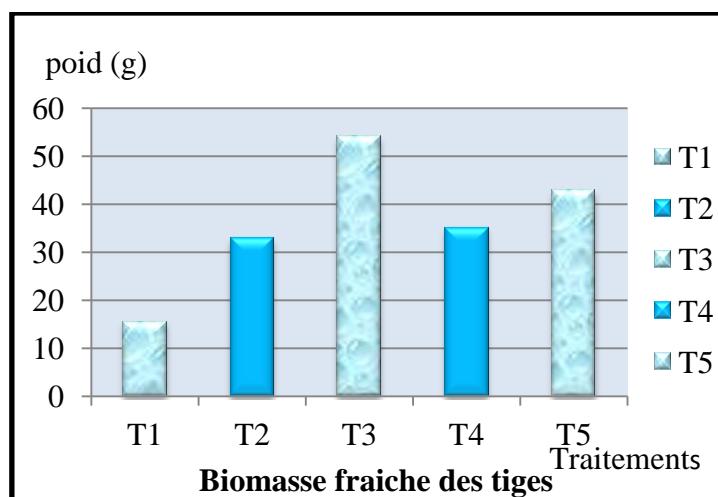
Annexe 21: Biomasse fraiche totale.



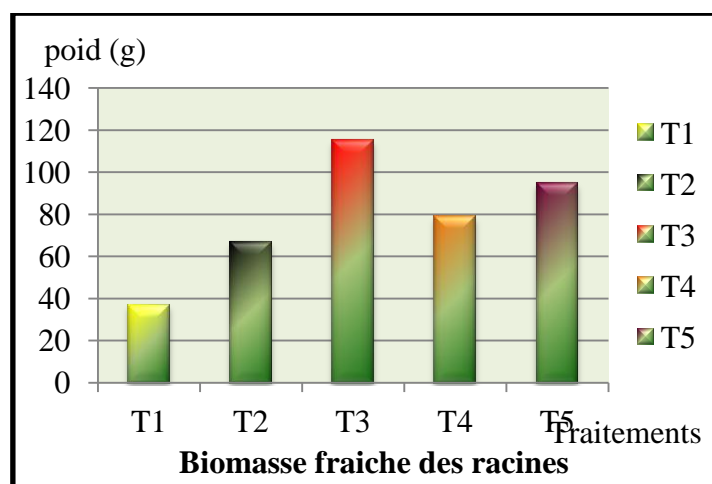
Annexe 22: Biomasse fraiche des feuilles.



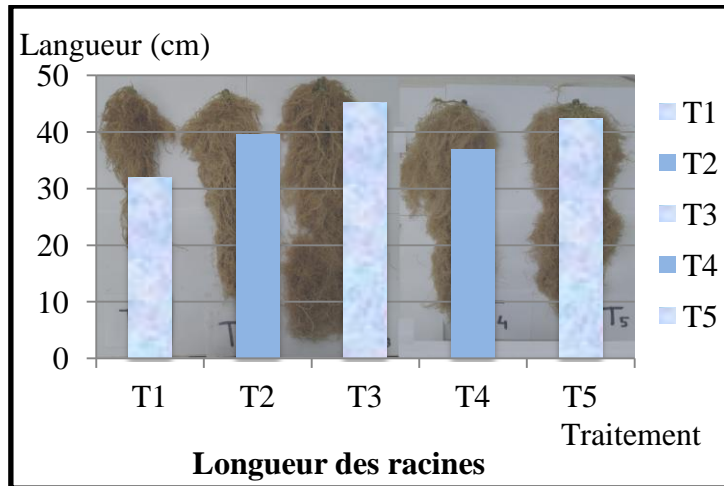
Annexe 23 : Biomasse fraîche des tiges.



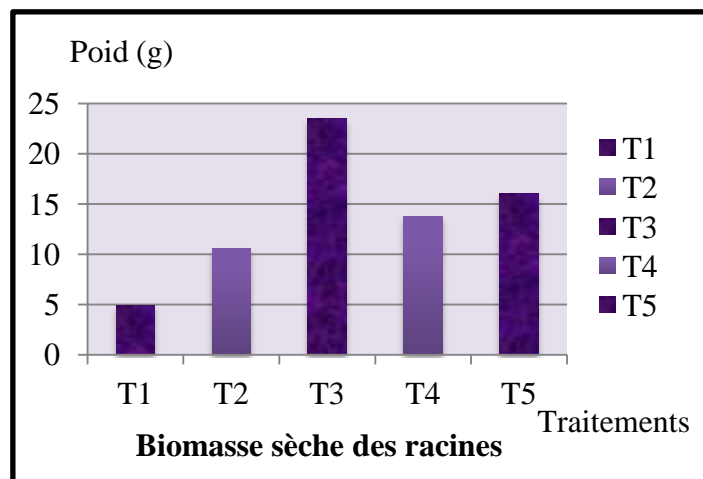
Annexe 24 : Biomasse fraîche des racines.



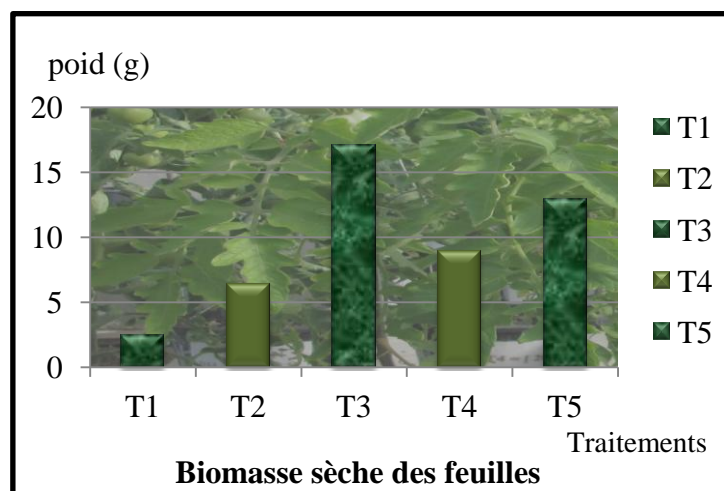
Annexe 25 : Longueur des racines.



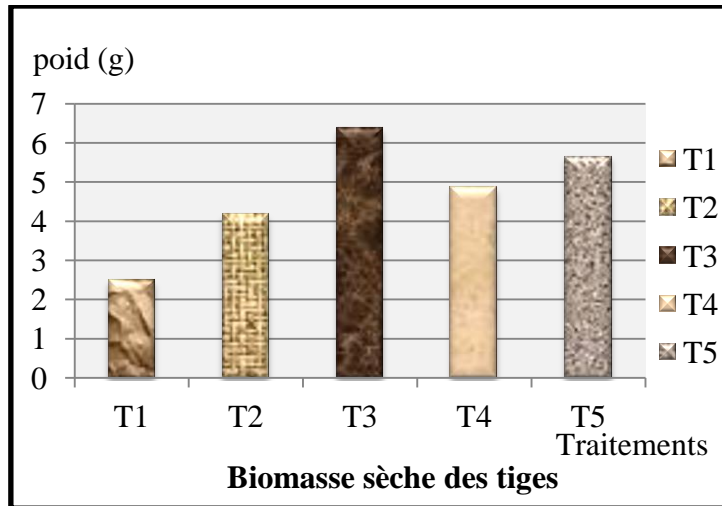
Annexe 26 : Biomasse sèche totale.



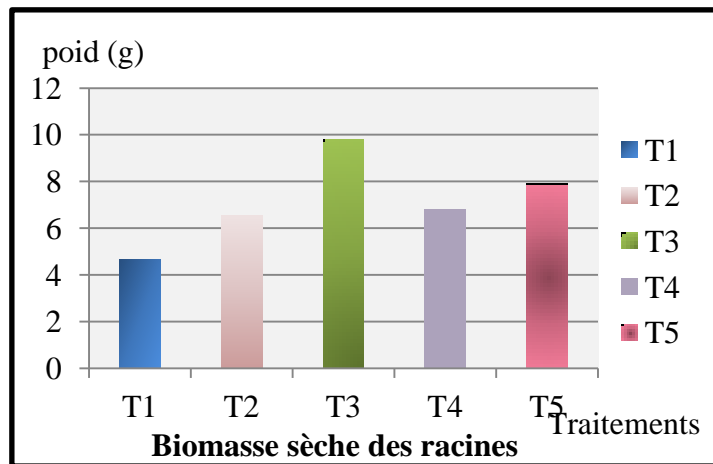
Annexe 27 : Biomasse sèche des feuilles.



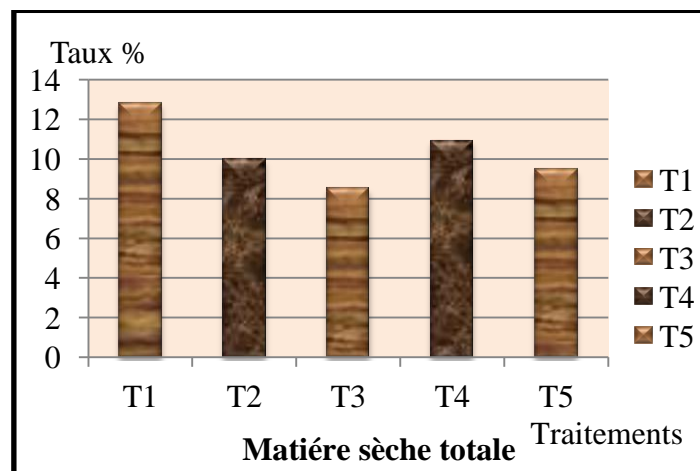
Annexe 28 : Biomasse sèche des tiges.



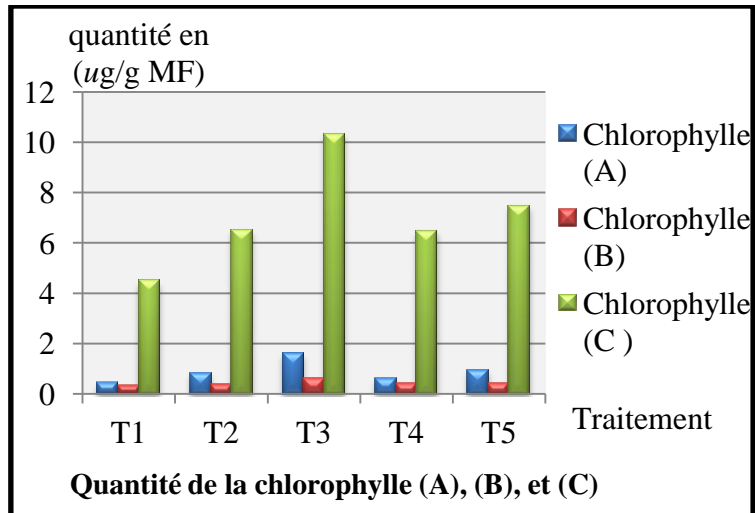
Annexe 29 : Biomasse sèche des racines.



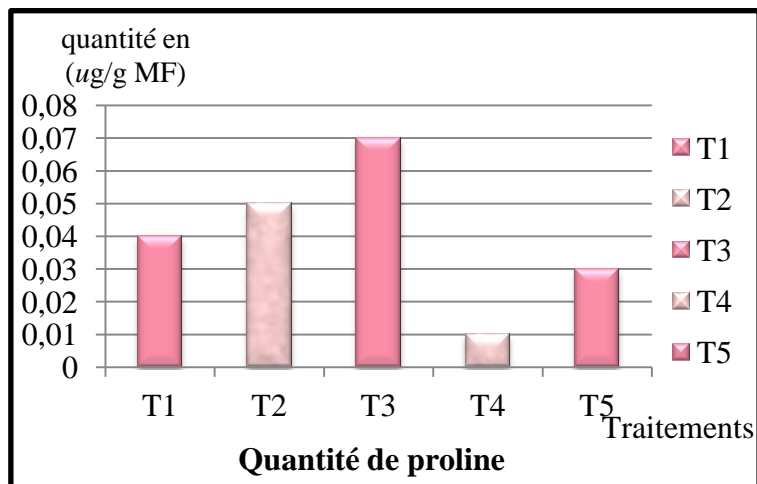
Annexe 30 : Matière sèche totale.



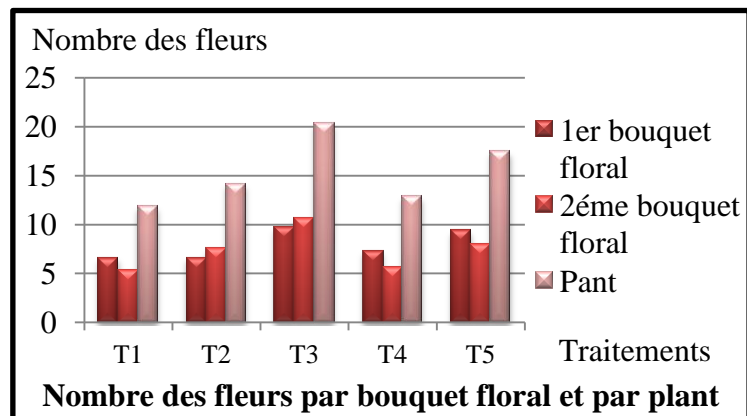
Annexe 31 : Quantité de chlorophylle (A), (B) et (C) en [$\mu\text{g/g}$ MF].



Annexe 32 : Quantité de proline en [µg/g MF].



Annexe 33 : Nombre des fleurs par bouquet floral et par plant.



Annexe 34 : Nombre des fleurs nouées par bouquet floral et par plant.

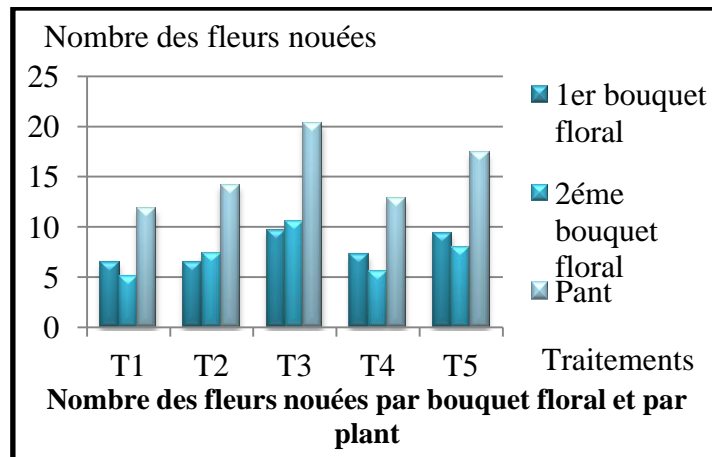


TABLE DES MATIERES

Remerciements

Dédicace

Résumé

Liste des abréviations

Liste des illustrations graphiques

Liste des tableaux

Introduction	1
Chapitre I : La salinité	2
I.1. Généralités.....	2
I.2. Définition de la salinité.....	2
I.3. Origines et causes de la salinité.....	2
I.4. Classification des sols salés.....	3
I.5. La salinité dans le monde.....	4
I.6. La salinité en Algérie.....	4
I.7. Salinisation des sols.....	5
I.7.1. La Salinisation primaire.....	5
I.7.2. La salinisation secondaire.....	6
I.8. La salinisation des eaux.....	6
I.9. Les conséquences de la salinité sur la plante.....	6
I.9.1. Effet de la salinité sur la germination.....	6
I.9.2. Action sur la croissance et le développement.....	7
I.9.3. Action sur l'absorption.....	8
I.9.4. Effets de la salinité sur la photosynthèse.....	8
I.9.5. Effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille.....	9
I.9.6.Effet de la salinité sur le comportement biochimique de la plante.....	10
I.10. Précautions à prendre en irrigation localisée pour lutter contre la salinité.....	10
Chapitre II : La culture hors sol	
II.1. Généralités.....	12
II.2. Définition.....	13
II.3. Les différents systèmes de culture hors sol.....	13

II.4.	Les avantages et les inconvénients de la culture hors sol.....	14
II.4.1.	Les avantages de la culture hors sol.....	14
II.4.2.	Les inconvénients de la culture hors sol.....	14
II.5.	Les composantes de systèmes hors sol.....	15
II.5.1.	Le substrat.....	15
II.5.1.1.	Les critères de choix d'un substrat.....	15
II.5.2.	Les conteneurs.....	15
II.5.3.	La solution nutritive.....	16
II.5.3.1.	Le pH.....	16
II.5.3.1.1	Définition.....	16
II.5.3.1.2.	Le pH et la plante.....	16
II.5.3.2.	La conductivité électrique.....	17
II.5.3.3.	L'équilibre ionique.....	17

Chapitre III: Etude de la plante : Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill)

III.1.	généralités	18
III.2.	Classification.....	19
III.2.1.	Classification botanique : (systématique).....	19
III.2.2.	Classification génétique.....	19
III.2.2.1.	Variétés fixées.....	19
III.2.2.2.	Hybrides.....	20
III.2.3.	Classification variétale selon le mode de croissance.....	20
III.3.	Les exigences de la tomate.....	20
III.3.1.	Les exigences climatiques.....	20
III.3.1.1.	La température.....	20
III.3.1.2.	La lumière.....	21
III.3.1.3.	L'humidité de l'air.....	22
III.3.2.	Les exigences édaphiques.....	22
III.3.2.1.	La nature du sol.....	22
III.3.2.2.	La température du sol.....	22
III.3.2.3.	Le pH du sol.....	23
III.3.2.4.	L'humidité du sol.....	23
III.3.2.5.	La salinité du sol.....	23

III.3.2.6. L'aération du sol.....	23
III.3.3. Les exigences nutritionnelles.....	23
III.3.3.1. Les exigences hydriques.....	23
III.3.3.2. Les exigences en éléments fertilisants.....	24
III.4. Travaux d'entretien.....	24
III.5. importance économique.....	25
III.5.1. Importance de la tomate dans le monde.....	25
III.5.2. Importance de la tomate en Algérie.....	26
III.6. principales maladies et ennemis de la tomate.....	27
III.6.1. Maladies cryptogamiques et bactériennes.....	28
III.6.2. Les maladies virales.....	29
III.6.3. principaux ravageurs et insectes.....	30
III.7. la récolte.....	31
Matériel et méthodes.....	32
5. L'objectif de l'expérimentation	32
6. Matériel végétal.....	32
7. Conditions expérimentales.....	33
3.1. Lieu de l'expérience	33
3.2. Substrat et conteneurs	34
3.3. Les conteneurs	35
3.4. Pré germination et repiquage	35
3.5. Dispositif expérimental	37
4. Description des différents traitements	38
4.1. Caractéristique de l'eau de Blida	38
4.2. Technique de préparation des différents traitements	39
5. Entretien de la culture	45
5.1. Irrigation	45
5.2. Dosage et fréquences d'arrosage	45
5.3. Les traitements phytosanitaires	45
5.4. Palissage	46
5.5. Étêtage	46
5.6. L'ébourgeonnage	47
5.7. Le lessivage	46
6. Les paramètres étudiés	47

6.1. Les paramètres biochimiques	47
6.1.1. Dosage de la chlorophylle	47
6.1.2. Dosage de la proline.....	47
6.2. Les paramètres physiologiques	48
6.2.1. La vitesse de croissance	48
6.2.2. La hauteur finale des plantes.....	48
6.2.3. Le nombre des feuilles.....	48
6.2.4. Diamètre des tiges.....	48
6.2.5. La biomasse fraîche produite.....	48
6.2.6. La biomasse sèche produite.....	49
6.2.7. Le taux de matière sèche.....	49
7. Paramètres de productions	49
7.1. Nombre des fleurs par bouquet floral	49
7.2. Nombre de fleurs nouées par bouquet floral	49

Chapitre II : Résultats et discussions.

2. Paramètres de croissance	50
1.1. Aspect général des plantes	50
1.2. La vitesse de croissance des plantes.....	51
1.3. Hauteur finale des plantes [cm].....	52
1.4. Diamètre des tiges.....	54
1.5 Nombre de feuilles.....	55
1.6 Biomasse fraîche totale [g].....	57
1.7. Biomasse fraîche des feuilles, des tiges et des racines [g].....	58
1.8Longueur des racines [cm].....	60
1.9. Biomasse sèche totale [g].....	61
1.10Biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines [g].....	63
1.11Taux de matière sèche totale (feuilles + tiges).....	65
2. Les paramètres biochimiques	66
2.1. Quantité de proline dans les feuilles médianes [µg/g MF].....	67
2.2. Quantité de la chlorophylle (A) [µg/g MF].....	67
2.3. Quantité de la chlorophylle (B) [µg/g MF].....	68
2.4. Quantité de la chlorophylle (C) (Caroténoïdes) [µg/g MF].....	69
3. Les paramètres de production	70
3.1. Nombre de fleurs par plant et par bouquet floral	71
	72

3.2. Nombre de fleurs nouées par plant et par bouquet floral	
3.3. Taux d'avortement [%]	74
4. Discussion générale	75
4.1. Classements des traitements selon les paramètres biométriques	75
5. Classements des traitements selon les paramètres biochimiques	76
6. Classements des traitements selon les paramètres de production	77
Conclusion.....	80