

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

IMPACT DU PH ET DE LA CONCENTRATION D'UN
ENVIRONNEMENT SALIN SUR LA CROISSANCE DE LA
COURGETTE (CUCURBITA PEPO L) VARIÉTÉ
« QUARENTAINE » CULTIVE EN HORS-SOL

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

Présenté par :
MAIZ FATIMA ZOHRA

Devant le jury composé de :

Présidente : Dr BOUTAKHRABT	Maitre de conférence A USDB
Promoteur : 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 pour terminer nos études.

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, son aide et sa gentillesse ainsi ses encouragements.

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

LA LISTE DES FIGURES

Figure N°01 : Type de sol en Algérie.....	6.
Figure N°02 : Vue de site expérimental.....	37.
Figure N°03 : Aspect général des conteneurs.	38.
Figure N°04 : Schéma de dispositif expérimental.....	39.
Figure N°05 : Vue générale de dispositif expérimental.....	39.
Figure N°06 : Élaboration du traitement T4.....	45.
Figure N°07 : Élaboration du traitement T5.....	45.
Figure N°08 : Essai de germination des graines du courgette.....	46.
Figure N°09 : Aspect général des jeunes plantules après le repiquage.....	46.
Figure N°10 : Stade végétatif en début de traitement.....	47.
Figure N°11 : Vue générale des plantes après palissage.....	49.
Figure N°12 : Aspect général des plantes irriguées par les cinq traitements testés.....	52.
Figure N°13 : Comparaison entre le traitement salin naturel et le traitement salin corrigé	52.
Figure N°14 : Observation de traitement (T3) au moment de la coupe.....	53.
Figure N°15 : Observation de traitement (T5) au moment de la coupe.....	53.
Figure N°16 : Vitesse de croissance des plants (cm/j).....	53.
Figure N°17 : Fleur femelle.....	68.
Figure N°18 : Fleur mâle.....	68.
Figure N°19 : Aspect générale d'un fruit de traitement T3.....	72.

LA LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°01: Les superficies affectées par la salinité dans quelques périmètres de l'Ouest du pays.....	5.
Tableau N°02: L'évaluation de la qualité des eaux d'irrigation.....	6.
Tableau N°03: Caractéristiques physico-chimiques de quelques grands types de sol salés....	7.
Tableau N°04 : Classification des eaux d'irrigation.....	10.
Tableau N°05: Niveau de pH pour certains légumes et fruits.....	19.
Tableau N°06: La production de courgette dans le monde en 2011.....	23.
Tableau N°07: La production de la courgette en Algérie.....	25.
Tableau N°08: Composition chimique de la courgette (zucchini) crue.....	28.
Tableau N°09: Moyennes des températures par décade en °C.....	37.
Tableau N°10: Composition de l'eau de Blida. pH=7,52. meq/l.....	40.
Tableau N°11: Eau d'oued Chélif naturelle reconstituée avec l'eau de Blida en meq /l (T1).....	41.
Tableau N°12: Eau saline d'oued Chélif naturelle reconstituée avec l'eau de Blida corrigée que le pH en meq /l.....	42.
Tableau N°13: Solution saline corrigée reconstitué avec l'eau de Blida avec $5.5 < \text{pH} < 5.8$...43.	43.
Tableau N°14: Composition des Solutions complémentaires d'oligo-éléments A et B.....	44.
Tableau N°15: Doses et fréquences d'irrigation nécessaire pour la culture de la courgette...48.	48.
Tableau N°16: Programme de traitements phytosanitaires réalisés.....	48.
Tableau N°17: Hauteur moyenne finale des tiges en (cm).....	55.
Tableau N°18: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	56.
Tableau N°19: Diamètre moyennes des tiges en (cm).....	56.
Tableau N°20: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	57.
Tableau N°21: Nombre des feuilles / plante.....	57.
Tableau N°22: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	59.
Tableau N°23: Moyennes de biomasse fraîche totale en (g).....	59.
Tableau N°24: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	60.
Tableau N°25: Moyennes de biomasse fraîche des feuilles, des tiges et des racines (g).....	61.

Tableau N°26: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	62.
Tableau N°27: Moyennes de biomasse sèche totale en (g).....	63.
Tableau N°28: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	64.
Tableau N°29: Moyennes de biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines (g).....	65.
Tableau N°30 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	66.
Tableau N°31: Moyennes de la matière sèche totale (%).....	66.
Tableau N°32: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	67.
Tableau N°33: Moyennes de l'estimation de nombre de fleurs.....	68.
Tableau N°34: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	69.
Tableau N°35: Moyennes de nombre de fruits produits par plant.....	69.
Tableau N°36: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1	70.
Tableau N°37: Moyennes de taux d'avortement des fleurs.....	71.
Tableau N°38: Moyennes de poids frais des fruits.....	72.
Tableau N°39: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	73.
Tableau N°40: Moyennes de la quantité de la chlorophylle (A).....	73.
Tableau N°41: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	74.
Tableau N°42: Moyennes de la quantité de la chlorophylle (B).....	74.
Tableau N°43 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	75.
Tableau N°44: Moyennes de la quantité de la chlorophylle (C).....	76.
Tableau N°45: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1.....	76.
Tableau N°46: Moyennes de la quantité de la proline.....	77.

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.

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.

Résumé

La salinité des eaux et des sols représente un problème majeur particulièrement dans les zones semi-arides et arides. Elle exerce des effets nuisibles sur les plantes et par conséquent une diminution de la production végétale.

Le but de ce travail est d'étudier l'influence de la concentration saline et du Potentiel hydrogène pH sur la croissance et le développement de la courgette *Cucurbita pepo L* variété «quarantaine» cultivé en hors sol.

Pour étudier la réponse de la courgette aux différents traitements testés dans notre expérimentation, nous avons effectué des mesures biométriques, des dosages de quelques paramètres biochimiques et de déterminer certains paramètres de production.

L'impact du stress salin sur les plantes de la courgette révèle une réduction de croissance, bien que, la correction des eaux salines naturelles par l'addition d'éléments nutritifs, des acides et des oligo-éléments permet d'améliorer considérablement la croissance et le développement de ces plantes notamment à travers la plus part des paramètres biométriques, de production et biochimiques.

Mots clés : salinité, zones arides et semis arides, le potentiel hydrogène pH, La courgette, hors-sol.

Abstract

Salinity of soils and water is a major problem especially in semi-arid and arid. It has harmful effects on plants and therefore a decrease in crop production.

The aim of this study is to study the influence of salinity and potential hydrogenate on growth and development of the species of *Cucurbita pepo L* variety « quarantaine ».

To study the response of zucchini to the various treatments tested in our experimentation, we made biometric measurements, and dosages of the biochemical parameters.

The impact of salt stress on plants showed reduced growth, Conversely the correction of natural saline water by the addition of nutrients improved considerably the growth and the development of these plants in particular through more the share of the measured biometric parameters.

Key words : salinity, semi-arid and arid, potentiel hydrogenate pH, zucchini, hors-sol.

ملخص

تعتبر متوحة التربة و المياه مشكلة رئيسية لا سيما في المناطق الجافة و الشبه الجافة لانها تسبب اثار ضارة على النباتات وتؤدي الى انخفاض في انتاج المحاصيل.

الهدف من هذه الدراسة هو مقارنة تاثير المياه المالحة الطبيعية و المياه المالحة المعالجة على نمو و تطور نوع من الكوسة صنف « quarantaine ».

من اجل دراسة استجابة نباتات الكوسة قمنا بملاحظة و قياس عوامل النمو، الانتاج و العوامل التكنولوجية خلال كل مراحل التطور النباتي.

اظهر مفعول الضغط الملحي على نباتات الكوسة تراجع في النمو، على العكس، ان تصحيح المياه المالحة طبيعيا سمح بتحسين كل العوامل المقاسة.

الكلمات الدالة : الملوحة – درجة الحموضة – الكوسة – المناطق الجافة و الشبه الجافة

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1.
-------------------	----

CHAPITRE I : LA SALINITÉ

1- Généralité sur la salinité.....	3.
2- Définition.....	3.
3- Origine de la salinité.....	4.
4- Répartition de la salinité.....	4.
4-1- La salinité dans le monde.....	4.
4-2- La salinité en Algérie.....	5.
5- Salinisation des sols.....	7.
5-1- Salinisation primaire.....	7.
5-2- Salinisation secondaire.....	8.
5-3- Effet de la salinité sur le sol.....	8.
6- Les eaux salines.....	9.
7- Classification des eaux salines.....	9.
8- les conséquences de la salinité.....	10.
8-1- Effet de la salinité sur les plantes.....	10.
8-2- Effet de stress salin sur la croissance et le développement.....	10.
8-3- Effet de la salinité sur l'eau dans la plante.....	11.
8-4- Effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille.....	11.
8-5- Effets du stress salin sur la photosynthèse.....	11.
9- Mécanismes de la tolérance des plantes au stress salin.....	12.

CHAPITRE II : LA CULTURE HORS SOL

1- Introduction.....	13.
2- Définition.....	13.
3- Origine et historique.....	14.
4- Les avantages et inconvénients de la culture hors sol.....	14.
4-1- Les Avantages de la culture hors sol.....	14.
4-2- Les inconvénients de la culture hors sol.....	15.
5- Composante du système hydroponique.....	15.
4-1- Le substrat.....	15.
4-2- Les conteneurs.....	16.

4-3- La solution nutritive.....	16.
---------------------------------	-----

CHAPITRE III : LA COURGETTE

1- Quelques généralités sur la culture de la courgette.....	22.
2- Historique.....	22.
3- Classification systématique.....	23.
4- Importance économique.....	23.
4-1- Dans le monde.....	23.
4-2- En Algérie.....	24.
5- Description botanique.....	25.
6- Composition et évolution de la composition biochimique.....	27.
7- Multiplication.....	28.
8- Exigences de la plante.....	29.
a)-Exigences climatiques.....	29.
9- Maladies et ennemies.....	30.
10- Modes de culture.....	31.
a)- En plein champs.....	31.
b)- En pépinière.....	33.
c)- En hors sol.....	33.
11- Récolte et conservation.....	34.

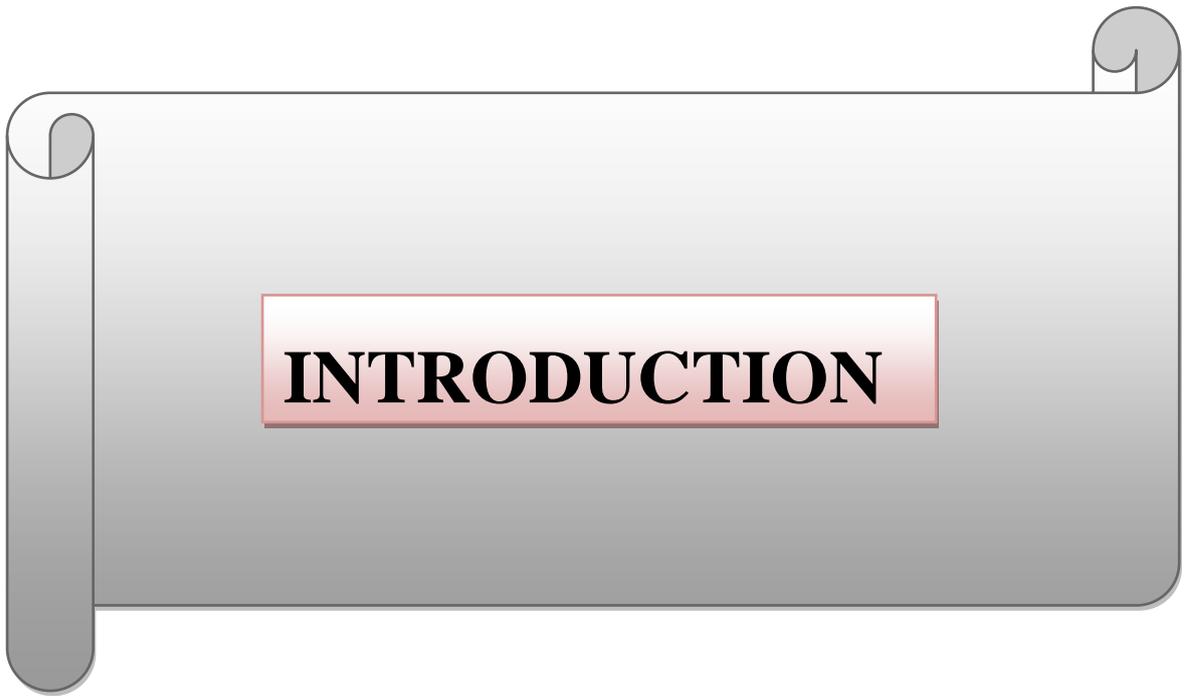
CHAPITRE IV : MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Objectif de l'expérimentation.....	36.
2. Matériel végétale.....	36.
3. Condition expérimentale.....	36.
3.1. Lieu d'expérience.....	36.
3.2. Le substrat utilisé.....	38.
3.3. Conteneurs.....	38.
4. Dispositif expérimental.....	39.
5. description des traitements testés.....	40.
5.1. Élaboration du traitement T1.....	40.
5.2. Élaboration du traitement T2.....	41.
5.3. Élaboration du traitement T3.....	42.
5.4. Élaboration du traitement T4.....	44.
5.5. Élaboration du traitement T5.....	45.

6. Essai de germination.....	45.
7. Repiquage des germes.....	46.
8. Entretien de la culture.....	47.
8.1. Irrigation.....	47.
8.2. Les traitements phytosanitaires.....	48.
8.3. Le palissage.....	48.
8.4. Le lessivage.....	49.
9. Paramètres étudiés.....	49.
9.1. Paramètres biométriques.....	49.
9.2. Paramètres de production.....	50.
9.3. Paramètres biochimiques.....	50.

CHAPITRE V. RESULTATS ET DISCUSSION

1. Paramètre de croissance.....	52.
1.1 Aspect générale des plantes.....	52.
1.2. La vitesse de croissance des plantes.....	53.
1.3. Hauteur finales des plantes.....	55.
1.4. Diamètre des tiges.....	56.
1.5. Nombre des feuilles.....	57.
1.6. Biomasses fraîches totales.....	59.
1.7. Biomasses fraîches des feuilles, des tiges et des racines.....	60.
1.8. Biomasse sèche totale.....	63.
1.9. Biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines.....	64.
1.10. Matière sèche totale [%].....	66.
2. Paramètre de production.....	68.
2.1. Estimation de nombre de fleurs.....	68.
2.2. Estimation de nombre de fruits produits par plant.....	69.
2.3. Taux d'avortement des fleurs.....	70.
2.4. Poids frais des fruits.....	72.
3. Paramètre biochimique.....	73.
3.1. Quantité de la chlorophylle (A).....	73.
3.2. Quantité de la chlorophylle (B).....	74.
3.3. Quantité de la chlorophylle (C).....	76.
3.4. Quantité de la proline.....	77.



INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'eau est un constituant vital pour toutes les cultures végétales. En effet, la rareté de l'eau en Algérie est une donnée admise, mais la quantité des eaux souterraines salées est relativement abondante. Le recours à l'eau salée et légèrement salée est l'une des solutions pour affronter la pénurie critique de cette ressource vitale.

De même que le pH du sang d'un organisme vivant a une influence sur la santé, le pH de l'eau d'arrosage a une influence sur l'absorption hydrique et minérale ainsi que sur le comportement des végétaux. En contrôlant le pH final d'une solution du sol, les cultures maraîchères utilisent moins d'énergie pour subvenir à leurs besoins (LABORIER, 2000). Les éléments minéraux sont mieux assimilables, et la nutrition s'effectue dans de meilleures conditions. Le pH final est en fonction à la fois du pH de l'eau localement disponible, mais aussi de la nature des sels présents dans la solution.

Dans les régions méditerranéennes, les eaux sont généralement chargées en ions bicarbonates d'où une réaction fortement alcaline. Leur utilisation pour la préparation de solutions nutritives destinées aux cultures maraîchères implique une acidification préalable (LABORIER, 2000).

La salinisation est le processus majeur de la dégradation des terres. En moyenne, le monde perd 10 hectares de terres cultivables par minute, dont 3 hectares à cause de la salinisation. Il faut souligner que 10 à 15% des surfaces irriguées (20 à 30 millions d'hectares) souffrent, à des degrés divers, de problèmes de salinisation (MERMOUD, 2006), ces terres se trouvent principalement dans les zones arides et semis arides.

Les zones concernées couvrent une grande partie des pays de la frange méridionale du pourtour méditerranéen. Dans ces régions, la disponibilité des eaux, leur salinité et celle des sols sont parmi les principaux facteurs limitant la productivité végétale (Zid et Grignon, 1991)

Afin de faire face à cette situation, le procédé de culture hors-sol pourrait être une technique de culture efficace pour réussir une spéculation quelconque et quel que soit son milieu.

La plante testée dans notre étude est la courgette (*cucurbita pepo*) variété la Quarantaine, est parmi les 10 légumes les plus répandus dans le monde.

Dans le cadre de cette approche et afin de porter une contribution à l'effet de la salinité sur le comportement éco physiologique de la courgette, nous nous sommes intéressés à l'étude des réponses de la variété (Quarantaine) soumise à un stress salin.



CHAPITRE I
LA SALINITE

Chapitre I : la salinité

1-Généralité sur la salinité :

Sur la superficie totale des terres mondiales, la zone hyper-aride couvre 4,2 %, la zone aride 14,6 % et la zone semi-aride 12,2 %. Ainsi, près d'un tiers des terres du monde est constitué de terres arides. Au nord du Sahara, celles-ci occupent plus de 600.000 Km² dont 34% en Algérie, 31% en Lybie, 19% au Maroc, 11% en Tunisie et 5% en Égypte (LE HOUÉROUX, 1995 in MAALEM et RAHMOUNE, 2009).

La zone aride se caractérise par une chaleur excessive et une précipitation insuffisante et variable; on y trouve cependant des contrastes climatiques. (FAO, 2005)

Le couvert végétal dans les régions arides et semi arides ne cesse de se dégrader à cause des contraintes naturelles dont les plus marquantes sont la sècheresse et la salinisation des sols (HOUMANI, 1997 in RAHMOUNE et *al.*, 2004).

La salinisation des sols dans ces régions est non seulement liée aux conditions climatiques (fort ensoleillement et faible pluviométrie) mais également au recours souvent mal contrôlé à l'irrigation, ce qui entraîne une accumulation des sels dissous en surface (BEN NACEUR et *al.*, 2001. HASSANI et *al.*, 2008).

2-Définition :

La salinisation est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles qui aboutit à la Formation d'un sol salin. La salinisation peut aussi être défini comme un processus d'accumulation des sels solubles. D'après MERMOUD (2006), la salinisation des sols est le processus d'accumulation de sels à la surface du sol et dans la zone racinaire, qui occasionne des effets nocifs sur les végétaux et le sol ; il s'ensuit une diminution des rendements et, à terme, une stérilisation du sol. La salinisation se produit généralement lorsque la quantité d'eau perdue par le sol par évapotranspiration dépasse celle provenant de l'infiltration des précipitations.

Selon le même auteur, La salinisation entraîne un accroissement de la pression osmotique qui rend l'eau plus difficilement mobilisable par les plantes, une toxicité de certains ions pour les végétaux (Cl⁻, Na⁺, etc....) et une dégradation du sol (modifications de l'état structural, diminution de la conductivité hydraulique...).

Selon KOTUBY-AMACHER et *al* (1997), elle se détermine par la mesure de la conductivité électrique d'extrait de patte saturée du sol (C-E_c). Elle s'exprime soit par unité de siemens par mètre (ds /m), soit en millimhos par centimètre (mmhos/cm).

3-Origine de la salinité :

Le sel a principalement trois origines :

- a) La mer peut contaminer les origines côtières par des infiltrations d'eau salée pouvant atteindre la nappe phréatique.
- b) La dissolution des roches sédimentaires par les eaux de ruissellement. Ces roches riches en chlorures, sulfates, carbonates ou bicarbonates contribuent à l'augmentation de la salinité des sols et des nappes souterraines.
- c) La concentration des milieux par l'évaporation des eaux de surfaces qui sont généralement utilisées pour l'irrigation (MONGI, 1982).

L'origine des sels responsables de la salinité des sols est diverse : marine (actuelle ou ancienne), ions libérés par altération de certaines roches volcaniques, ou hydrothermales. Elle peut également résulter de l'activité humaine : la mise en valeur agricole, ou d'autres aménagements (irrigation, barrage) peuvent entraîner la salinisation du sol (ANNONYME, 2002).

Aussi selon C.T.G.R.E.F (1979), la salinisation des sols peut avoir plusieurs origines :

- Proximité de la mer.
- Augmentation de la concentration en sels liée à une forte évaporation.
- Utilisation d'eau d'irrigation de mauvaise qualité.
- Engorgement temporaire ou permanent du sol. La salure de l'eau reste fixée au sol après ressuyage.

4-Répartition de la salinité :

4-1-La salinité dans le monde :

Selon LASRAM (1995), la salinité du sol est le problème le plus répandu. Il consiste un facteur limitant pour la production des cultures irriguées. La salinité intéresse principalement les régions arides et semi-arides.

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).

Les terres irriguées affectées par la salinité correspondent à 27% de la surface irriguée dans le monde soit des terres agricoles. (LASRAM, 1995).

4-2-La salinité en Algérie :

La salinité des sols et des eaux d'irrigation sont des facteurs limitant la production végétale en Algérie (HALITIM, 1973).

D'après DROUHIN (1961), c'est un pays de sels. De plus on y trouve toute la gamme des climats secs et chauds, depuis le semi-aride de certaines plaines sub-littorales, en passant par l'aride déjà bien accusé, des hautes plaines steppiques, jusqu'à l'extrême aride du Sahara.

En Algérie, les travaux de recherche de (HALITIM.1988), montrent que la majorité des sols agricoles sont affectés par les sels, surtout dans les régions arides et semi arides.

Tableau n°1 : Les superficies affectées par la salinité dans quelques périmètres de l'Ouest du pays.

Périmètres irrigués	Superficies irrigables	Superficies affectées	%
Haut Cheliff	20 200	6 400	32
Moyen Cheliff	21 800	8 700	40
Bas Cheliff	22 500	15 000	67
Mina	9 600	4 190	44
Habra	19 600	8 100	41
Sig	8 600	3 200	37

(ONHYD in INSID, 2008).

Selon FAO (2005) de la Figure (1), On rencontre plusieurs types de sols salés en Algérie localisés surtout dans les étages bioclimatiques arides et semi- arides.

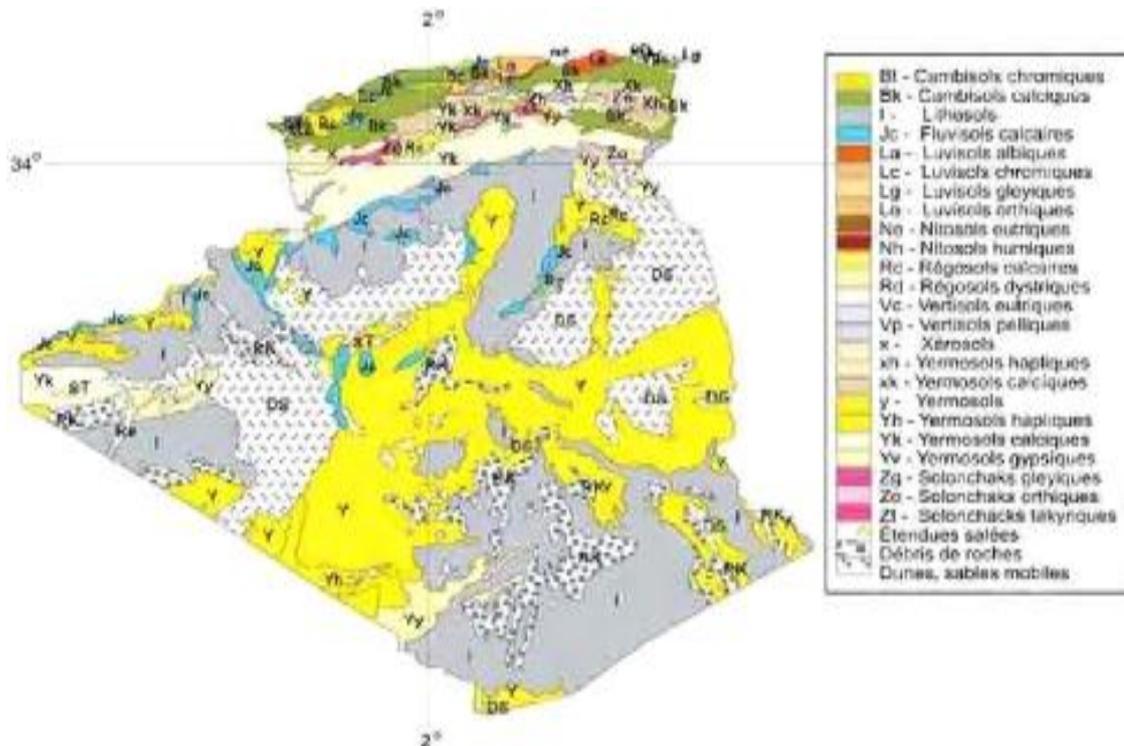


Figure 1 : Type de sol en Algérie

(FAO, 2005).

La 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 (DOUAOUI et HARTANI, 2007 ; BOUHLASSA ET AL. 2008 ; ROUABHIA et DJABRI, 2010).

Tableau n°2 : l'évaluation de la qualité des eaux d'irrigation.

Conductivité électrique (ds/m)	Concentration (g/l)	Évaluation de DURAND pour l'Algérie	Évaluation Russe
CE < 0.25	< 0.2	Non saline	Bonne qualité
0.25 < CE < 0.75	0.2-0.5	Salinité moyenne	
0.75 < CE < 2.25	0.5-1.5	Forte salinité	Risque de salinisation
2.25 < CE < 05	1.5-3	Très forte salinité	
5 < CE < 20	3-7	Salinité excessive	Ne peut être utilisé sans lessivage

(DAOUD et HALITIM, 1994).

Les sols salés d'Algérie sont caractérisés en générale par une conductivité électrique supérieure à 7 dS/m et un pourcentage de sodium échangeable qui varie de 5 à 60% de la C.E.C. (AUBERT, 1975).

5-Salinisation des sols :

On parle en général de sol salé lorsque la concentration des solutions dépasse 0,5 g/l (ROBERT., 1996). Selon CALVET (2003) un sol est dit salé quand la conductivité électrique est supérieure à 4 ds/m.

Tableau n°3 : Caractéristiques physico-chimiques de quelques grands types de sol salés :

Critères	Sol non salin	Sol salin calcimagnésien	Sol salin sodique	Sol salin /alcalin	Sol alcalin lessivé
	–	Salisol carbonaté	Salisol chloruro-sulfate	Sodisol indifférencie	Sodisol solonetzique
CE ⁽¹⁾ (dS.m ⁻¹)	<4	>4	>4	Indifférent	<4
Na/CEC (%)	<15	<15	<15	>15	>15
Ph	Neutre	<8.5	<8.5	>8.5	>8.5
Structure ⁽²⁾	n.d	n.d	n.d	d.	d.
Efflorescences	–	Chlorures Na, Ca, Mg (solvant blanc « hygroscopiques »)	NaCl sulfates Na, Mg (solvant blanc « typique »)	Humates alcalins (solvant noir)	–

(1) Conductivité électrique de la solution du sol extraite par a méthode de la pate saturée.

(2) n.d : structure non dégradée ; d : structure dégradée.

(CLAUDE *et al.*, 2011).

D'après CHERBUY (1991), la salinisation d'un milieu, implique la présence d'une source de sels qui peut être naturelle, dénommée primaire, et une salinisation anthropique, généralement liée à l'irrigation, que l'on appellera secondaire.

5-1-Salinisation primaire :

Près de 80 % des terres salinisées ont une origine naturelle. La salinisation primaire, d'origine géologique, marine ou lagunaire correspond à une salinisation liée au fonctionnement naturel des terrains, sous l'influence du climat, de l'altération des roches et de la dynamique des eaux (SERVANT ,1975):

- Dans les régions côtières, intrusion de l'eau salée ou submersion des terres basses.
- Inondation périodique par de l'eau de mauvaise qualité.
- Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire (MERMOUD, 2006).

5-2- Salinisation secondaire :

Dans les zones à climat aride et semi-aride, la pratique de l'irrigation représente l'une des plus importantes causes de la salinisation secondaire.

Actuellement, on dénombre environ 350 millions d'hectares irrigués dans le monde (SZABLOCS., 1994). Ces chiffres sont susceptibles d'être augmentés à l'avenir.

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.

L'irrigation altère le bilan hydrique du sol en générant un apport d'eau supplémentaire ; cet apport est toujours associé à un apport de sels. En effet, même une eau douce de la meilleure qualité contient des sels dissous et, si la quantité de sels apportée par cette eau peut sembler négligeable, les quantités d'eau apportées au fil du temps entraînent un dépôt cumulé de sels dans les sols qui peut s'avérer considérable (MARLET, 2005).

5-3-Effet de sel sur le sol :

Les sols salés sont caractérisées par des propriétés physique, chimique et biologique défavorables à la croissance des végétaux en raison de la présence de sels solubles, et /ou de sodium échangeable en quantité élevée. L'accumulation du sodium peut avoir une action néfaste sur la structure de sol. En présence de quantités importantes du sodium, le gonflement des terres est tel qui aboutit à la séparation des particules d'argiles et de la matière organique : le résultat en est un tassement serré des particules du sol. Ce tassage des particules réduit le volume et le nombre des espaces poreux, et de ce fait l'eau et l'air ne peuvent plus circuler dans le sol (DANARHUE, 1965 in SNOUSSI, 2001). Aussi il a été montré par divers auteurs

que la présence de 12 à 15% de sodium échangeable dans la solution du sol suffit pour que la stabilité structurale disparaisse (SNOUSSI, 2001).

6-Les eaux salines :

Selon AYERS et WESTCOT (1984), la qualité de l'eau pose un problème de salinité quand la teneur de sel de l'eau d'irrigation est importante. L'accumulation de ces sels dans la zone racinaire risque de compromettre les rendements. Si des sels solubles s'accumulent en quantité excessive dans la zone, l'eau du sol devient plus difficile à adsorber par la culture.

D'après JAMES (1982), le choix d'une source d'eau d'irrigation doit dépendre du type de la concentration des substrats qui y sont dissoutes ou suspension. Il dépend aussi des caractéristiques physique et chimiques du sol que certaines sources d'eau soient pures par contre contiennent des taux élevés de sels, de microorganismes et d'autres résidus. Ces eaux peuvent causer directement des blessures aux cultures ou influencer les propriétés du sol et provoque des problèmes indirectes.

Selon le même auteur, les principaux éléments qui ont un effet déterminant sur la qualité de l'eau sont :

- la concentration totale de sels solubles.
- La proportion relative de Sodium, du bicarbonate, du Calcium et du Magnésium.
- La quantité de bore dans l'eau.

7-Classification des eaux salines :

Selon JAMES (1982), on classifie la qualité de l'eau en fonction de la qualité de sels solubles qu'elle contient :

- Qualité acceptable : la concentration en sels solubles se situe entre 100 à 1000 ppm.
- Qualité inacceptables : la concentration en sels solubles est supérieure à 2000 ppm.

Dans le tableau ci-dessous, on retrouve une classification des eaux d'irrigation proposée par l'United Stat Département of Agriculture (USDA). Le degré de salinité y est indiqué en termes de conductivité électrique (plus y a de sels dans l'eau plus la conductivité est grande).

Tableau n° 4 : Classification des eaux d'irrigation

Classe d'eau	Conductivité électrique CE ($\mu\text{s/cm}$)	Type de salinité
Classe 1 (C1)	250 $\mu\text{s/cm}$	Basse salinité
Classe 2 (C2)	250 $\mu\text{s/cm}$ à 750 $\mu\text{s/cm}$	Salinité modérée
Classe 3 (C3)	750 $\mu\text{s/cm}$ à 2250 $\mu\text{s/cm}$	Haute salinité
Classe 4 (C4)	Au dessus de 2250 $\mu\text{s/cm}$	Très haute salinité

(USDA, 2004).

8-Les conséquences de la salinité :

8-1) Effet de la salinité sur les plantes :

La salinité du sol ou de l'eau est causée par la présence d'une quantité excessive de sels. Généralement un taux élevé de Na^+ et Cl^- cause le stress salin. Le stress salin a un triple effet :

- Il réduit le potentiel hydrique ;
- Il cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique ;
- Il provoque une toxicité ionique.

Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et limitation de la productivité végétale. Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique (HAYASHI et MURATA, 1998 in CHIKHI 2011), l'arrêt de la croissance est directement relié à la concentration des sels solubles ou au potentiel osmotique de l'eau du sol (GREENWAY et MUNNS, 1980 in CHIKHI 2011).

8-2) Effet de stress salin 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).

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.

8-3) Effet de la salinité sur l'eau dans la plante :

Le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinité ainsi que la pression de la turgescence (ROMEROARANDA et *al.*, 2001 in PARIDA et DAS, 2005).

Dans les conditions de concentrations élevées de salinité accrue, le potentiel hydrique de la feuille et la vitesse d'évaporation diminuent significativement chez l'halophyte *S. salsa* alors qu'il n'y a pas de changement dans le contenu relatif en eau (LU et *al.*, 2002 in PARIDA et DAS, 2005).

8-4) 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. parviflora* (PARIDA et DAS, 2005).

8-5) Effets du stress salin sur la photosynthèse :

La teneur en sel élevée dans les tissus influence directement les enzymes photosynthétiques et par voie de conséquence les réactions d'échange de lumière et de gaz (El HENDAWY, 2004). Or, la réduction de la photosynthèse à long terme entraîne

l'inhibition de la formation et de l'expansion de la feuille ainsi que l'abscission précoce de cette dernière (KOZLOWSKI et PALLARDY, 1997 in KOZLOWSKI, 1997).

La fluorescence chlorophyllienne est utilisée comme outil de diagnostic de l'état fonctionnel du photosystème II en condition de stress salin (SMILLIE et NOTT, 1982, EL MEKKAOUI, 1990 et BELKHODJA et *al.*, 1994 in BOUAOUINA et *al.*, 2000). 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 (GREENWAY et MUNNS, 1980). 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 in LAMZERI, 2007).

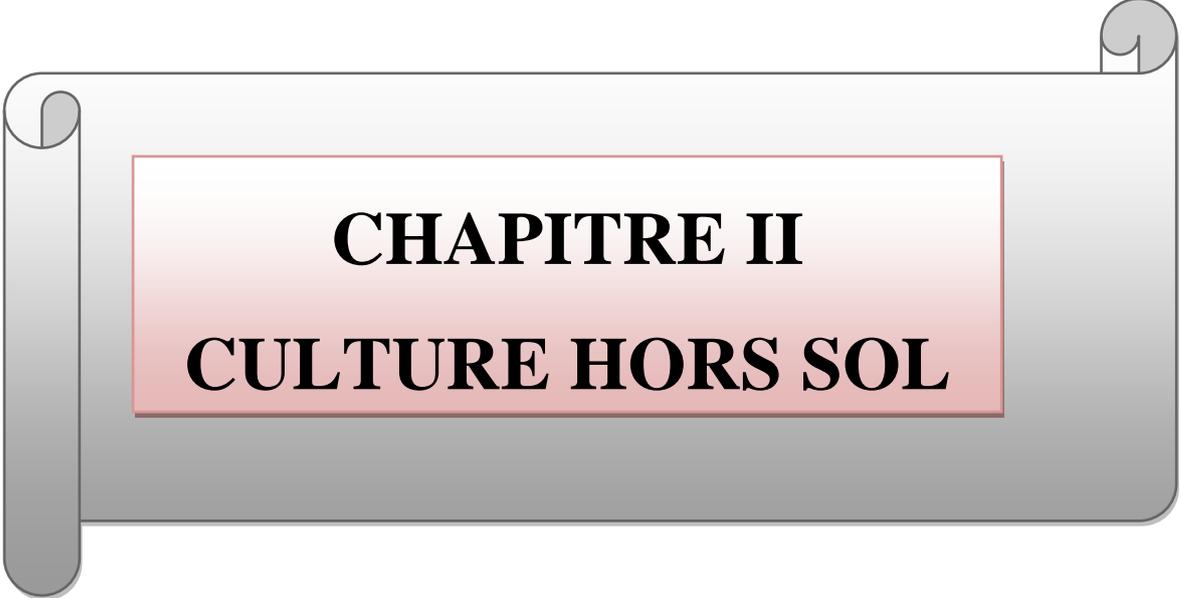
9-Mécanismes de la tolérance des plantes au stress salin :

La caractérisation physiologique de la tolérance des végétaux à la salinité résulte de processus qui permettent au végétal d'absorber l'eau et les sels minéraux à partir de substrats à faibles potentiels hydriques, mais aussi de vivre en acceptant la présence importante de sodium dans ses tissus; les halophytes, qui accumulent le plus de sodium (ELZAM et EPSTEIN, 1969, RUSE et EPSTEIN, 1981 ; in GUERRIER, 1984), se signalent ainsi par une forte capacité d'élaboration de composés organiques (MERCADO, 1973, BRIENS et LARHE, 1982 ; in GUERRIER, 1984), ces deux facteurs permettant le maintien d'une haute pression osmotique interne qui favorise les échanges d'eau entre les compartiments externe et cellulaire (GUERRIER, 1984).

Toutes les plantes ne sont pas égales face au stress salin, suivant leur production de biomasse en présence de sel, quatre grandes tendances ont été discernées:

- Halophyte vraies : dont la production de biomasse est stimulée par la présence de sel. Ces plantes (*Atriplex* sp, *Salicornia* sp, *Sueda* sp ...) présentent des adaptations poussées et sont naturellement favorisées par la salinité du sol.
- Halophytes facultatives : présentent une légère augmentation de biomasse à des teneurs faibles en sels : *Plantago maritima*, *Aster tripolium*....

- Non halophytes résistants : supportent de faibles concentrations en sels : Hordeum sp...
- Glycophytes ou halophobes : sensibles à la présence de sels : Phaseolus vulgaris....



CHAPITRE II
CULTURE HORS SOL

Chapitre II : la culture hors sol

1)-Introduction :

Selon ZEIGLER (2008) et KEHDI (2010), Pour que les végétaux poussent de manière optimale, ils ont besoin de lumière (qu'elle soit naturelle ou artificielle), d'une température stable et tempérée, d'une hygrométrie de l'air suffisante ainsi que d'une oxygénation satisfaisante des racines, enfin, d'une nourriture adéquate en suffisance composée d'eau, de sels minéraux et d'oligo-éléments, elles le font dans des proportions différentes en fonction de leurs besoins et de leur cycle de croissance. Dans la nature, le tout est absorbé sous forme d'ions dissous dans l'oxygène de l'eau qui est présent au niveau du sol.

Mais il est très rare d'avoir un sol de qualité qui possède tous les éléments nécessaires à la vie des végétaux dans des proportions optimales (ZIEGLER, 2008).

Pour cela, la culture hors-sol est devenue aujourd'hui une méthode de culture courante, dont les cultivateurs reconnaissent les nombreux avantages. En particulier la profusion et la qualité de ses récoltes, mais aussi son action positive sur notre écologie due à l'énorme économie d'eau et d'engrais qu'elle représente sur une planète où l'eau devient une denrée rare et la pollution du sol et des nappes phréatiques un souci croissant (KEHDI, 2010).

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 plus rapide et permet plusieurs récoltes par an.

Pratiquement, toutes les plantes peuvent être conduites en culture hors sol, mais sont principalement concerné les cultures légumières et les petits fruits. L'espèce majeure est la tomate, suivie de la fraise, concombre, poivron et de l'aubergine. Depuis quelques années, se sont développé le melon, la courgette et la framboise. Cette technique est aussi utilisée en culture florale pour la rose, l'œillet et le gerbera (THUIAULT, 2004).

2)-Définition : Les cultures hors sol ou sans sol se définissent comme des cultures de végétaux effectuant leur cycle complet de production sans que leur système racinaire ait été en contact avec leur environnement naturel, le sol (MORARD, 1995)

LESAINTE et COIC (1983), définissent la culture hydroponique 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.

Une solution nutritive contient donc des sels dissous choisis de telle façon, et en quantité telle qu'ils apportent les différents éléments minéraux nutritifs dans des proportions conformes aux besoins de la plante cultivée.

Le principal objectif visé par la pratique des cultures hydroponiques est de remédier aux conditions aléatoires de la nutrition dans le sol et ceci par l'utilisation d'une solution nutritive contenant tous les éléments nécessaires (macro et micro éléments) à la croissance et au développement d'une plante (SNOUSSI, 1980).

3)-Origine et historique :

Selon RABY (1978) et SHOLTO DOUGLAS (1977), l'hydroponie c'est l'art de cultiver des plantes dans l'eau. Le mot vient du grec hydro=eau, ponos=travail. Le concept a été inventé à l'université de Berkeley, en Californie en 1930, par le Dr.W.E.GERICKE.

Mais cette méthode de culture existe depuis très longtemps.

Nous avons tous entendu parlé des jardins suspendus de Babylone, mais aussi de ces peuples vivant au bord de lacs de hautes montagnes comme le Titicaca au Pérou ou le Inle au Myanmar qui cultivent leurs potagers à la surface de l'eau, sur des paillages, des colonnes de jacinthes d'eau, ou tout autre substrat local (DICKERMAN et JOHN, 1975).

4)-Les Avantages et inconvénients de la culture hors sol :

4-1)- Les Avantages de la culture hors sol :

Parmi les avantages principaux de la culture hors sol d'après COIC et LESAINTE (1983) et JEANNEQUIN (1992), sont :

- Amélioration de nos connaissances sur les besoins de diverses espèces végétales.
- Gain de précocité.
- Éviter la fatigue du sol des serres causée par les attaques parasitaires avec prolifération de nématodes et des champignons.
- Contrôle précis de l'environnement racinaire assurant une précocité plus grande et une production en qualité et en quantité.

- Les techniques offrent la possibilité d'implanter des serres à des endroits où l'énergie est abordable et meilleur marché, à proximité d'usines ou sur des sites géothermiques pour profiter des eaux chaudes et de l'énergie solaire.

Selon URBAN (1997) et MORARD (1995), on peut ajouter :

- Meilleure performance agronomique des cultures hors sol.
- Efficacité de l'eau et des engrais est meilleure.
- Économie d'eau et d'engrais.
- Simplification des techniques culturales.
- Travaux plus aisés.
- Rotation plus rapide.

4-2)-Les inconvénients de la culture hors sol

La culture hors sol présente aussi des inconvénients car elle exige des investissements et des niveaux de technicité assez élevés. La faible inertie des systèmes de culture ne donne pas droit à l'erreur et condamne le producteur à suivre ses cultures et ses installations régulièrement. Elles sont à l'origine de rejets polluants de solutions nutritives et de résidus des substances (URBAN, 1997).

Les travaux en hydroponie menés sous forte insolation ont montré une forte sensibilité au stress climatique : certaines cultures tendent à se dégrader par une forte chaleur, car la demande transpiratoire de la plante devient excessive et que l'irrigation n'arrive pas à suivre la consommation en eau de la plante (BAILLE et *al.*, 1994).

4)-Composante du système hydroponique :

Selon BLANC (1987), la technique hors sol forme un ensemble constitué par la plante, le substrat, le conteneur et le dispositif irrigation fertilisation.

4-1)-Le substrat :

On appelle substrat tous matériaux utilisables comme support de culture, c'est à dire permettant le développement du système racinaire des plantes. Les substrats peuvent avoir une origine naturelle, comme les tourbes, ou provenir d'une transformation industrielle, la laine de roche (URBAN, 1997).

Selon MORARD (1995), les substrats utilisés en culture hors sol n'ont aucun rôle nutritionnel direct et doivent être chimiquement le plus neutre possible.

Selon ZUANG et MUSARD (1984) et MORARD (1995), un bon support de culture hors sol doit avoir les qualités suivantes :

- Être chimiquement inerte ou avoir une réactivité chimique la plus faible possible.
- Avoir une bonne capacité de rétention en eau tout en permettant une aération optimal.

Le substrat idéal n'existe pas. Mais on peut dire qu'un bon substrat est stable, chimiquement et biologiquement inerte, qu'il a une aération d'au moins 15% avec, une disponibilité en eau supérieure à 25% (URBAN, 1997).

4-2)-Les conteneurs :

Le choix des conteneurs doit se faire en fonction de l'espèce cultivée et de son système racinaire, car ils doivent être de forme et de dimensions adéquates avec la culture et le substrat, chimiquement inertes, résistants, faciles à mettre en œuvre, à désinfecter et à un prix réduit (ZUANG, 1986).

En général les containers sont en matière plastique, chimiquement inertes, étanches, durables et dont la mise en place doit être facile (FEVREAU, 1987).

4-3)-La solution nutritive :

Selon BLANC (1987), l'alimentation minérale de la plante, en culture hors sol va de pair avec son alimentation en eau.

L'une et l'autre sont assurées de façon concomitante par l'apport d'une solution nutritive renfermant les éléments indispensables à la croissance et au développement des plantes et caractérisé par trois paramètres principaux :

- Le pH.
- La conductivité électrique.
- L'équilibre ionique.

La solution nutritive est une solution de sels minéraux contenant à l'état dissous tous les éléments minéraux dont la plante a besoin. Tous ces éléments sont sous forme d'ions, cation et anions. Pour les micro-éléments aussi bien que pour les macroéléments sauf le fer qui doit être apporté sous forme chélatée pour ne pas précipiter et devenir inassimilable (COIC, 1984).

Selon le même auteur, les solutions nutritives sont fabriquées à partir des eaux naturelles qui peuvent renfermer des sels. Certains étant indésirables, mais la technologie de fabrication des solutions permet de corriger les teneurs.

D'après LESAINTE et COIC (1983), la composition de la solution nutritive est en fonction des besoins spécifiques de la plante au cours de son développement et doit assurer la croissance optimale.

4-3-1)-Le pH :

a) Définition :

Le potentiel hydrogène est un paramètre de l'activité thermodynamique des ions hydrogène dans une solution, caractérisant son acidité ou sa basicité (MOZOYER, 2002).

Selon le même auteur, Le pH des sols cultivés est généralement compris entre 6 et 8.5. On trouve cependant des sols plus acides (podzols) dont le pH atteint des valeurs de l'ordre de 3, et des sols plus alcalins (sol salés) dont le pH peut être supérieur à 9.

Le pH varie sous l'influence de différents facteurs : les pluies, l'irrigation, l'utilisation d'engrais, les techniques d'entretien du sol, l'activité racinaire ... (HUNTZ et ROQUES-CARMES, 1980).

b) Les différents types de plantes en fonction de pH:

Les plantes peuvent être réparties en trois catégories en fonction du pH du sol sur lequel elles poussent :

-les plantes acidophiles : le pH du sol est compris entre 4.0 et 6.5.

-les plantes neutrophiles : le pH du sol est compris entre 6.5 et 7.5.

-les plantes basophiles : le pH du sol compris entre 7.5 et 9.0 (DINON et GERSTMANS 2008).

c) Comment mesurer le pH d'une solution ?

Selon ANONYME (2012), il existe différentes méthodes pour connaître le pH de l'eau et des solutions :

➤ le papier pH :

C'est un papier spécial imbibé d'un indicateur universel. Trempé dans la solution, il change de couleur en fonction du pH de la solution. C'est une méthode peu chère, peu précise, dont la lecture est très influencée par l'évaluation visuelle de la couleur.

➤ les trousses chimiques :

Après ajout de quelques gouttes de réactif dans un échantillon, on en détermine le pH en fonction de la coloration de la solution. Cette méthode est un peu plus exacte mais reste très approximative, ayant, elle aussi, recourt à l'appréciation visuelle.

➤ les pH mètres :

Pour les mesures quotidiennes, c'est la méthode la plus pratique, la plus rapide et la plus précise (à 0.1 pH près). L'indication du pH est donnée en valeurs numériques, écartant toutes les erreurs de lecture liées à l'appréciation visuelle, mais il est plus coûteux.

d) Importance du pH :

Le pH de la solution nutritive joue un rôle déterminant dans la solubilité et l'adsorption des nutriments par les plantes (ANONYME, 2012), c'est-à-dire dans l'échange de nutriments entre le système racinaire et la solution nutritive, si la solution nutritive est trop acide ou au contraire trop alcaline, la plante aura du mal à se nourrir (ANONYME, 2010).

Le pH est important en hydroponie vu l'absence de l'effet tampon que dans le complexe argilo-humique des sols classique. C'est le pH qui conditionne l'absorption ou non des éléments nutritifs par les plants (SNOUSSI, 1984).

Selon MORARD (1995), il est nécessaire d'abaisser le pH de la solution nutritive à une valeur proche de 5.8 pour favoriser l'activité du système racinaire ainsi que la solubilisation des minéraux, et éviter ainsi les risques des précipitations des phosphates et des sulfates avec le calcium et certains oligo-éléments.

Les plantes ont un pH qui leur est propre. Le pH de la solution nutritive et du substrat doit être au plus proche de celui de la plante pour éviter tous risques de conflits électriques entre les racines et les ions contenus dans la solution. En fonction du pH de la solution et du substrat, les éléments nutritionnels subiront des variations de charge électrique. Si cette charge dépasse les limites tolérables et admises par les racines de la plante, l'élément ne sera plus absorbé aussi rapidement qu'il le devrait. Cette altération se traduit par des plantes sans vigueur (ANONYME, 2012).

En effet, pour le bon échange des principaux minéraux, la solution nutritive doit pouvoir rendre à la plante ce qu'elle à besoin au moment voulu. Si le pH n'est pas bon, l'assimilation des engrais hydroponique serra tout simplement bloqué.

En culture hydroponique tout jaunissement de la plante fait à 99% référence à un mauvais taux de pH :

- ✓ Le bon pH se situe entre 5.5 et 6.5.
- ✓ Le pH idéal se situe entre 5.8 et 6.2 (ANONYME, 2010).

Tableau n°5 : Niveau de pH pour certains légumes et fruits

Plantes	niveau de pH	plantes	Niveau de pH
Ail	5.5-8.0	Chou-rave	6.0-7.5
Betterave	5.5-6.5	Concombre	5.5-7.0
Aubergine	6.0-7.5	Courge d'été	6.0-7.5
Cantaloup	6.0-7.5	Haricot vert	6.0-7.5
Carotte	5.5-7.0	Courge d'hiver	5.5-7.0
Chou	6.0-7.5	Fraise	5.0-6.5
Chou de Bruxelles	6.0-7.5	Haricot de lima	6.0-7.0
Chou-fleur	5.5-7.5	Laitue	6.0-7.0
Chou frisé	6.0-7.5	Moutarde	6.0-7.5
Navet	5.5-6.8	Pois	6.0-7.5
Oignon	6.0-7.0	Poivron	5.5-7.0
Pastèque	5.5-6.5	Radis	6.0-7.0
Poireau	6.0-8.0	tomate	5.5-7.5

(Upper Valley Hydroponics, 2000)

Pour pousser encore un peu nous pouvons même jouer sur la valeur de pH entre la croissance et la floraison.

- En croissance, pour une bonne assimilation de l'Azote (N) favorisant la construction cellulaire, nous pouvons fixer la valeur de pH à 5.9.
- En floraison, phase où les principaux besoins de la plante en Phosphore (P) et en Potassium (K), nous pouvons fixer le pH à 6.2 (ANONYME, 2010).

e) Influence du pH sur l'assimilation des nutriments.

Selon DINON et GERSTMANS (2008), Le pH des sols de jardin se situe presque toujours entre 4 et 8. Un sol ayant un pH inférieur à 7 est acide, un sol ayant un pH supérieur à 7 est basique. Le degré d'acidité ou de basicité du sol joue un rôle très important sur l'assimilation des éléments nutritifs par la plante.

Lorsque le pH du sol est inférieur à 6, certains nutriments ne sont plus assimilés par la plante et il en est de même pour un pH supérieur à 7. La plupart des plantes ont donc une croissance optimale lorsque le pH du sol est compris entre 6 et 7 car la majorité des éléments nutritifs sont assimilables dans cette zone de pH.

Dans un milieu acide, le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium, le soufre et le molybdène sont moins facilement assimilables par la plante tandis que le fer, le manganèse, le bore, le cuivre et le zinc le sont moins dans un milieu basique.

f) Règles à respecter :

- Il faut vérifier toujours le pH de l'eau d'arrosage ou d'irrigation avant ajout des nutriments.
- Le pH de l'eau doit être stabilisé avant de mélanger les engrais.
- Il faut vérifier tous les jours le pH de la solution nutritive afin d'assurer qu'il reste parfait pour garantir un rendement optimal (ANONYME, 2012).

4-3-2)-La conductivité électrique :

La mesure de la conductivité d'une solution permet d'estimer sa concentration en sels dissous (MUSARD et ZUANG, 1984).

La concentration saline d'une solution nutritive est le fait non seulement des sels introduits en quantité connus dans l'eau lors de sa préparation, mais également des ions présents naturellement dans l'eau utilisée (BLANC, 1987).

La concentration saline de la solution nutritive détermine la pression osmotique au niveau des poils absorbants. Pour que l'eau puisse pénétrer dans les racines, cette concentration doit être inférieure à celle de la plante :

-si elle est trop forte, les racines se nécrosent et la plante flétrit ;

-si elle est trop faible, la végétation risque de s'emballer.

C'est donc la variation –dans les limites raisonnables- de la salinité qui régulera l'alimentation hydrique et minérale (CHAUX et FOURY ,1994).

4-3-3)-L'équilibre ionique :

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

Selon LESAIN (1974), il est possible de réaliser un équilibre entre les ions minéraux correspondant aux besoins végétatifs de la culture de telle manière qu'il n'y ait pas excès créant salinité résiduelle.

L'égalité équivalente entre les anions et les 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 assuré en fonction des besoins spécifique des plantes et la nécessité de maintenir un certain pH (COIC, 1984).



CHAPITRE III

LA COURGETTE

Généralités sur la culture de courgette :

1-Quelques généralités :

La courgette est le fruit d'une plante potagère annuelle à tige herbacée, de la famille des Cucurbitacées, et du genre *Cucurbita* sp, qui est utilisée pour l'alimentation (CHAUX et FOURY, 1994 ; ERARD, 2002).

La courgette fait partie du groupe des courges (genre ; *Cucurbita*) qui comprend trois espèces botaniques cultivées, *Cucurbita maxima* ou potiron, *Cucurbita moschata* ou courge musquée et *Cucurbita pepo* ou courge pépon où l'on trouve la courge d'Italie ou la courgette. Cette dernière se distingue par ses fruits qui ont une croissance extrêmement rapide (ERARD, 2002), de forme allongées et parfois rondes (DEVIGNES, 1986), et qui sont consommés jeunes ; au 1/4 ou au 1/3 de leur développement définitif (ERARD, 2002).

2-Historique :

Toutes les courges et sont nombreuses, figurent parmi les légumes les plus anciennement cultivées (LAUMONNIER, 1979).

La **courgette** appartient à la famille des cucurbitacées. Elle nous vient d'Amérique centrale et de sud (LAROUSSE, 2010 et GAREL, 2006). On trouve les restes les plus anciennes au Mexique, plus précisément à Oaxaca vers 8000 av. J.-C et à Tamaulipas vers 5500 av. J.-C (BERNARDIN, 2011), et plus récemment dans le sud des États-Unis vers 500 av. J.-C (FOURY ET PITRAT, 2003).

Elle a été introduite en Europe par **Christophe Colomb** lors de la découverte du nouveau monde. Contrairement à la pomme de terre, elle a connu tout de suite un grand succès.

Aussi appelée « **courge d'été** », la **courgette** est en réalité une courge qui a été cueillie très jeune, avant sa maturité. C'est de là qu'elle tient son nom : courgette est le diminutif de courge ! Ce n'est qu'au 18ème siècle que les Italiens eurent l'idée de consommer les courges avant la complète maturité.

Au sens botanique du terme, la **courgette**, est un fruit car elle contient les graines de la plante. Comme la tomate, elle est considérée et utilisée comme un légume. Les navigateurs apportèrent ses graines dans la région méditerranéenne (BERNARDIN, 2011).

De nos jours, les courges sont ré pondues dans tous les pays du monde ou elles trouvent des conditions favorables pour leur développement (KOLEVE, 1974).

3-Classification systématique :

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Violales
Famille	Cucurbitaceae
Genre	Cucurbita
Espèce	<i>Cucurbita pepo</i>

4-Importance économique :

a) Dans le monde :

La production mondiale de citrouilles, courges et potirons est estimée à 21 millions de tonnes. L'Union Européenne produit pour sa part 1,4 million de tonnes de courges, courgettes et citrouilles, dont au moins 1,2 million de tonnes de courgettes. L'Italie et l'Espagne sont les deux principaux producteurs de ce légume (SERRURIER et OTTENS, 2010). Ils représentent près de 70% des quantités récoltées.

Tableau n° 6 : la production de courgette dans le monde en 2011

POSITION	PAYS	PRODUCTION (T)
1	Chine	6978167
2	Inde	4695540
3	Fédération de Russie	1175890
4	Iran	951253
5	États-Unis d'Amérique	823260
6	Égypte	633557
7	Italie	538534

8	Mexique	525445
9	Indonésie	428197
10	Bangladesh	402470
11	Espagne	393100
12	Turquie	410804
13	Argentine	337566
14	Philippines	317571
15	République de Corée	300400
16	Pakistan	252028
17	Ukraine	626900
18	Algérie	240000
19	Rwanda	234671
20	Japon	222833

(FAO, 2013).

b) En Algérie :

Les conditions climatiques et du sol sont très favorables pour la culture de toutes les espèces de courges. Les courgettes sont très répandues et très appréciées et recherchées. (KOLEVE ,1974).Elles sont cultivées un peu partout, mais son extension est maximale dans la région de littorale et sub-littorale (Mitidja et Sahel), Biskra en primeur (ANONYME, 2010). La courgette occupe la 10eme des produits maraichères dans la consommation. (ANONYMES, 1979).Mais il est nécessaires d'élargir l'étendue des potirons et de la courge musquée, dont la valeur biologique et nutritive est plus grande de celle de la courgette. (KOLEVE, 1974).

Variétés cultivées en Algérie :

Il ya plusieurs variétés cultivées en Algérie comme : Black Beauty, Quarantaine, Verte d'Alger, Jadida, et des hybrides tel que : Abondance, Tézier F1 et Diamant. (ITCMI, 2010).

Tableau n° 7 : la production de la courgette en Algérie

Année	PLEIN CHAMPS			SOUS SERRE		
	Superficie (ha)	Production (Qx)	Rendement (Qx /ha)	Superficie (ha)	Production (Qx)	Rendement (Qx/ha)
2000	8 580	948 820	110.6	291.19	85 990	295.3
2001	8 010	875 410	109.3	442.89	111 300	251.3
2002	8 160	1 011 120	123.9	373.92	114 370	305.9
2003	8 700	1 216 840	139.9	587.04	234 440	399.4
2004	9 450	1 581 800	167.4	729.31	258 760	354.8
2005	10 542	1 885 000	178.8	603.10	201 720	334.5
2006	11 403	1 575 050	138.1	537.62	175 700	326.8
2007	11 478	1 616 034	140.8	617.63	221 794	359.1
2008	10 969	1 512 016	137.8	672.77	234 613	348.7
2009	11 949	1 898 868	158.9	671.56	266 529	396.9
2010	13 052	2 226 691	170.6	707.37	296 478	419.1
2011	12 272	2 136 990	174.1	683.48	302 119	442.0
2012	14 088	2 277 890	161.7	788.53	334 657	424.4

(MADR, 2013).

5-Description botanique :

La courgette est de genre cucurbita comprend une quinzaine d'espèces. Elles ont toutes $2n=40$ chromosomes (FOURY et PITRAT, 2003).

La courgette est une plante annuelle, à végétation ramassée et à croissance indéterminée et très rapide entre 50 à 60 jours de semis à la première cueillette, son développement dépend du type de sol où elle est cultivée. Elle est plantée pour ses fruits comestibles (GRASSELLY et *al.*, 2007).

a)-Le système racinaire :

Il est très bien développé, la racine principale peut s'efforcer à plus de 2m de profondeur. Elle émet de nombreuses racines latérales et ces dernières émettent à leur tour un

grand de rameaux radiculaires qui peuvent atteindre une longueur de 60 à 120 cm (PETROV ,1978).

b)-La tige :

La tige a une croissance importante, elle peut atteindre 1 m de longueur. Elle est cylindrique, poilue, épaisse et dure, avec des entre-nœuds courts d'où partent feuilles, fleurs et fruits (ERARD, 2002).

c)-Les feuilles :

Elles sont très larges par rapport aux autres espèces maraichères, avec des pétioles longues qui peuvent atteindre 60cm et sont creux et dur.

Suivant les variétés, Elles ont une couleur qui va du vert clair au vert foncé (ERARD, 2002).

d)-Les fleurs :

La courgette est une plante monoïque (fleur mâle et femelle séparées sur une même plante). À pollinisation entomophile. Les fleurs femelles ont un ovaire infère qui va donner naissance à une grosse baie charnue appelée « pepo » par les botanistes. Les fleurs sont grandes avec une couleur jaune, portées par un pédoncule plus ou moins long (ERARD, 2002 FOURY et PITRAT ,2003)

Les fleurs femelles apparaissent à peu près 40 jours après semis. 10 jours après, les fleurs mâles apparaissent, les fleurs mâles sont plus nombreuses que les fleurs femelles.

Les fleurs de courgette ont une durée de vie brève. Épanouies le matin vers 9 heures, elles se ferment vers midi pour ne plus se réouvrir. Chaque fleur femelle dispose donc d'un laps de temps d'environ 3 heures pour être fécondée (MAZOLLIER, 2012).

e)-Le fruit :

Les fruits sont allongés (ou ronds) de 15 à 20 cm, ou de 8 cm de diamètre, sans cavité centrale, généralement de couleur verte plus au moins brillant, avec un épiderme lisse et tendre. Ces fruits sont récoltés avant maturité complète (MESSIAEN et PAGOTTO, 2009).

f)-Les semences :

Selon ERARD, elles sont de couleur jaunâtre, ovales, allongées et pointues à leur extrémité. Elles ont une surface lisse.

La faculté germinative et de 4 à 5 ans, le nombre de graine au gramme est 10, le fruit donne de 130 à 180 graines et le poids de mille graines est 130 à 150 grammes (ABATZIAN et *al.*, 2003).

Les semences sont riches en protéines et en huiles dont le contenu peut atteindre 54%, elles peuvent être utilisées dans la fabrication d'huile (KOLEVE, 1974).

6-Composition et évolution de la composition biochimique :

L'une des raisons pour laquelle la consommation de la courgette a presque doublé en 10 ans est son intérêt nutritionnel et diététique. En effet, ce légume est caractérisé par :

-un apport énergétique faible lié à ; sa richesse en eau et sa teneur faible en éléments énergétiques (glucose et fructose sont les principaux glucides, disaccharides et polysaccharides sont présents en très petites quantités).

-une composition en fibres qui augmente au cours de la maturation : protopectines et pectines au stade jeune, cellulose et hémicellulose au stade plus avancé ;

-une bonne densité minérale : potassium, phosphore, calcium et magnésium.

-un apport diversifié et modéré en vitamines.

-une teneur appréciable en acide folique très supérieure à celle de nombreux légumes frais (ERARD, 2002).

Les courgettes sont une excellente source de vitamine A. Elles contiennent de la vitamine C, de l'acide pantothénique et du cuivre (Encyclopédie de la cuisine, 1999)

La courgette s'avère un légume de choix pour un régime hypocalorique et hyposodé (sans sel), intéressante pour les malades cardiovasculaires par sa richesse en potassium, et elle présente une excellente digestibilité (ERARD, 2002).

Tableau n°8 : Composition chimique de la courgette (zucchini) crue

Composants(g)	(1)	(2)	Minéraux (mg)	(1)	(2)	Vitamines (mg)	(1)	(2)
Eau	94	92.2	Na	3	3.00		20	17.07
Protéines	1,8	1.6	Mg	18		Niacine	0.56	
Glucides disponibles	2	2.05	P	31	23	B6	0.11	119(µg)
Glucides disponible	2	–	K	230	152	Folates (µg)	50	
sucres	1.9	–	Ca	19	30	Equivalent rétinol (µg)	–	31.92
-fructose		1.02	Fe	0.4	1.50	Caroténoïde totaux (µg)	–	197
-glucose	–	0.903						
-Amidon	–	–						
	0.1							
Fibres	1	1.08	Énergie STD (kcal)	17	18.2	α-carotène (µg)	–	17
Lipides	0.2	0.6	Proportion comestible	0.85	–	β-Carotène (µg)	–	180

[(1) : FAVIER et *al.*, 1995 ; (2) : SOUCI et *al.*, 1994]

7-Multiplication :

Selon MAPPA (2010), elle se fait par semis. La courgette est une plante qui ne supporte pas le repiquage, sauf au stade où les cotylédons sont à peine étalés, on effectue donc un semis direct en mottes. La levée se fait en cinq à sept jours, à une température comprise entre 23 et 25 °C de culture est progressivement abaissée.

8-Exigences de la plante :

a)-Exigences climatiques :

➤ Température :

La courgette, au même titre que d'autres *Cucurbitacées*, demande des conditions de chaleur suffisantes pour son développement qui est entièrement rapide (SNOUSSI, 1981). Le zéro végétatif avoisine les 10°C, en dessous de 10°C, la plante subit des dégâts remarquables par l'apparition de nécroses (au cours de la 1^{ère} phase) et chutes de jeunes fleurs (au cours de la floraison). Il est conseillé d'éviter des semis par températures froides (ANONYME, 1988).

La courgette se caractérise par une extrême sensibilité au froid et vent, ce qui explique le caractère saisonnier de la culture d'une part et l'importance des cultures protégées pour la production primeur d'autre part (MOUSSAOUI, 1995).

La culture en plein champ ne peut être envisagée que si les gelées printanières ne sont plus à craindre (LAUMONNIER, 1979).

➤ Hygrométrie de l'air et humidité du sol :

La croissance rapide, le développement végétatif important ainsi que la production des fruits qui contiennent 95 % d'eau, entraîne des besoins élevés en eau (ERARD, 2002) et éléments minéraux. L'humidité ambiante, a une influence sur la respiration, de par ses origines à climat chaud et humide, la courgette a besoin d'humidité, d'une façon raisonnable. Les besoins en eau d'une culture de plein air sont de l'ordre de 4000m³ /ha (CHAUX et FOURY, 1994). Les besoins en eau varient du simple au double, du début de la floraison et jusqu'au début de récolte (ERARD, 2002).

➤ Luminosité ou intensité lumineuse :

Elle dépend de l'insolation, une faible intensité lumineuse se traduit par une moindre activité photosynthétique pour la plante. La lumière intervient sur la maturation des fruits et sur leur précocité (ERARD, 2002).

b)- Exigences pédologiques :

Selon LAUMONNIER (1979), cette plante est capable de réussir dans tous les terrains, même pauvres, siliceux, graveleux et secs. Cependant, il est évident que les meilleurs produits sont obtenus dans les terrains riches, bien ameublés et présentant une certaine fraîcheur de fond.

Le pH souhaitable se situe entre 5,5 et 6,8 mais elle se développe à des pH plus élevés. Elle est moyennement tolérante à la salinité car elle peut supporter de 1.92 à 3.25 g/l (3 à 5 mmhos/cm-1) (ITCMI, 2010).

c)-Exigences nutritionnelles :

Le rendement de la courgette est en relation directe avec les fumures apportées (LAUMONNIER, 1979). L'apport de la matière fertilisante peut se faire de 2 manières :

-fumure organique : l'apport de la fumure varie de 30 à 40 tonnes/ha, cette fumure doit être épandue uniformément sur l'ensemble du terrain ou bien le long des rangs.

-fumure minérale : cette fumure comprend des apports d'azote sous forme de sulfate d'ammoniaque (70kg/ha), du phosphore sous forme de superphosphate (60kg/ha) et du potassium sous forme de potasse (100kg/HA) (SNOUSSI, 1981).

9)-Maladies et ennemies :

Parasites	Facteurs favorables	symptômes	Produit conseillé dose à l'ha		Délai avant récolte	Observation
Oïdium	Moyennes des températures 20 à 25°C	Poudrage blanc sur les feuilles	Thiovit (prev) Nimroud Avril Sys thane 12 ^E	0.8 kg (0.6à21) 0.61 0.61	Ns 15j 3j 3j	Ces produits sont efficaces sur deux types d'oïdium Thiovit est autorise en bio. Il n'y a pas de risque de résistance.

Cladosporiose Anthracnose	Temps < à 10° C humidité élevée (période à risque print et automne)	Taches nécroses sur feuilles, en creux avec duvet gris sur fruit	Produit base de chlorothalonil Mancozebe Trioforine	-	3j Ns 3j	-
Botrytis	Période Humidité et froide surtout Sous abris	Duvet gris sur fruit. Extrémité des fruits	Rovrel ronilan surmisclex	1.51 1.51 1.51	3j Ns 3j	-
Pucerons	-	Feuillage cloque Présence de colonies à ta face inférieure des feuilles	Best karaté K	1.51 1.51	-	Intervenir très tôt sur les foyers de pucerons. Surveiller l'installation des axillaires naturels. Le traitement insecticide doit être réalisé seul le matin
Virus (vecteur= Puceron)	-	Plantes chétives Mosaïque sur feuilles, fruits, bosselés	-	-	-	-

Ns : non signalé

(SAUZET, 1987).

9)-Modes de culture :

a)-En plein champs :

La courgette est une culture qui peut se pratiquer en plein champ ou l'irrigation est toujours de mise, culture de saison.

On recommande un labour assez profond (25 à 30 cm) suivi d'un disage croisé puis d'un nivelage. Un pré irrigation doit également être prévu avant le semis ou le repiquage.

Trois à quatre Kg de semences sont nécessaires pour un semis direct, en poquet. La densité est de 0.5 m à 0.6 m sur le rang et 1.05m à 0.08m entre les ranges. La plantation en motte s'effectue en stade entre 1 et 2 feuilles et varient pour les cultures précoces 0.4m à 0.5m sur le rang et 0.2m à 1.8m entre les rangs. On recherche un peuplement de 13000 à 15000 pieds/ha pour les cultures d'automne, pour cela il est recommandé un semis direct (SAUZET, 1987).

La courgette subit généralement une taille assez simple. Les producteurs conservent les fruits bien formés sur les rameaux anticipés de troisième génération. Le nombre de fruits à réserver est en fonction de la vigueur et de la variété considérée (CHAUX, 1972).

Les doses et les fréquences des irrigations sont commandées à la fois par la capacité de rétention au sol et par la nature de l'enracinement (ANONYME, 1979).

En ce qui concerne la protection phytosanitaire on recommande ce qui suit :

-En culture sous abris, surveillez également la mineuse et les acariens.

-La courgette est plus spécialement sensible aux attaques d'oïdium.

Rotation et assolement :

Étant très exigeante en matière organique, la courgette sera placée en tête de rotation ou après un engrais vert : féverole, moutarde, sorgho, colza.

Bien qu'exigeante, la courgette n'épuise pas trop les sols. Une succession trop importante de courgettes sur la même parcelle (moins de 3 ans entre 2 cultures) pourrait entraîner des problèmes sanitaires (ex : nématodes sous abri).

Des distances d'isolement sont à respecter entre les parcelles de production de semences de courgette, courge, citrouille, giraumon, pâtisson et les autres cucurbitacées du genre pepo , mais aussi avec les productions maraîchères et les potagers privés.

Ces distances sont de :

- 2 000 m entre les productions d'hybrides de courgette.

- 1 000 m entre les productions de populations de courgette.

- 2 000 m entre les productions de courgette semence et les autres Cucurbita pepo. (ABITZIAN et *al.*, 2003).

b)-En pépinière :

La courgette est cultivée sous abri comme culture primeur, la conduite de culture se fait comme suit :

- semis en terrine chaude, et le repiquage fait au stade cotylédon étalé.

-mise en motte de 10cm, ou semis en motte directement, avec une température après repiquage 23°C pendant 3 jours.

-plantation est fait au stade 1^{ère} feuille vraie jusqu'à 3-4 feuilles.

-la densité sous abri est de 1.5 plant /m² en rangs, en quinconce sur film.

-la croissance en pépinière étant rapide pour cela il faut penser à préparer le terrain pour la plantation en même temps que le semis (ANONYME, 2009).

c)-En hors sol :

Ce type de production est difficile à cerner pour la courgette.

Il s'agit la plupart du temps de culture très précoce au printemps (sous serre chauffée ou bien de culture d'arrière-saison permettant une production en automne.

La culture hors sol n'oblige pas des variétés particulière (ce choix est plus un choix commercial qu'un choix technique), mais elle exige un substrat qui doit être suffisamment drainant et adapté a cause de la forte teneur en eau de la courgette et sa vitesse de croissance élevée (ERARD, 2002).

La conduite :

-PREPARATION DES PLANTS : pour la culture hors sol, semés directement en substrat saturé de solution à conductivité 1.8 mS.cm. La température de germination est 25°C.

-PLANTATION : Elle intervient généralement entre 10 à 21 jours après le semis, selon la saison, avec une température qui comprise entre 15 à 22°C et une hygrométrie entre 60 et 90%.

-IRRIGATION : la conduite de l'irrigation doit être adaptée au substrat ; la culture est exigeante en eau mais craint les excès (L'excès d'eau est un facteur limitant important pour cette culture).

-LA SOLUTION NUTRITIVE : les solutions adoptées sont classiques de conductivité CE=2 mS.cm et ph=5.7, avec des équilibres de l'ordre de :

N	P ₂ S ₅	K ₂ O	C _a O	M _g O
1	0.6	1.3	1.1	0.35

Les autres opérations sont identiques aux cultures en sol. Le palissage est indispensable pour les cultures que l'on veut les prolonger (ERARD, 2002).

11)-Récolte et conservation :

a)-récolte :

La récolte est la phase la plus importante car elle doit être régulièrement réalisée tout en demandant une main d'œuvre importante.

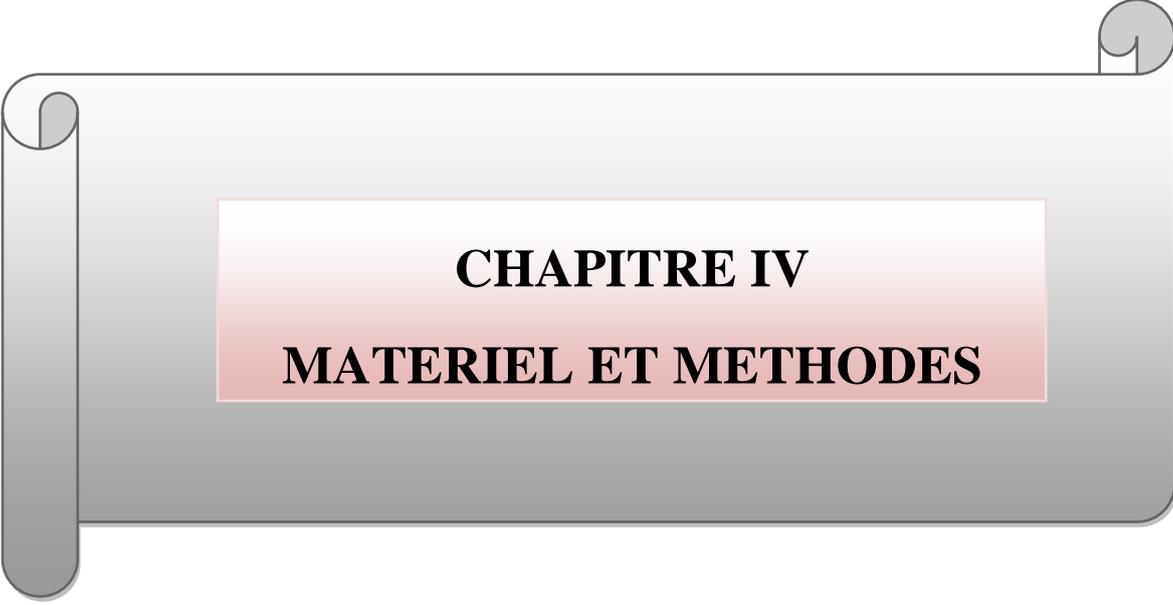
La courgette, doit être récoltée très jeune. Les premiers fruits sont difformes et non commercialisables. Ils doivent être sacrifiés pour ne pas affaiblir la plante. Par temps humide, les fleurs fanées sont sources de pourritures des bouts de fruits, il faut donc les ôter de la plante (GUTIER, 2012).

Les fruits, de 18-22cm de longueur, pèsent entre 150 à 200 g. Ils sont généralement : étroits, bien cylindriques, légèrement anguleux et restent fermes à la cuisson (CHAUX et FOURY,1994).

Le produit doit être récolté avec précaution : risques de chocs et de rayures. La fréquence de récolte est fonction des conditions climatiques, mais un passage tous les jours ou tous les deux jours est indispensable pour obtenir les petits calibres recherchés (GUTIER, 2012)

b)-La conservation :

Les courgettes se conservent convenablement à une température de + 3°C pendant une dizaine de jours si l'humidité relative ambiante est de l'ordre de 80% (LAUMONNIER, 1979).



CHAPITRE IV
MATERIEL ET METHODES

Chapitre IV : Matériel et méthodes

1. Objectif de l'expérimentation :

Le présent travail a pour but de déterminer l'impact d'une eau saline naturelle de l'oued Cheliff (T1) et de la correction de son pH (5.5-5.8) T2, ainsi que l'effet des dilutions (T4 et T5) de la solution saline corrigée (T3) sur la croissance et le développement de la courgette (variété quarantaine) cultivée en hors-sol.

2. Matériel végétal :

L'espèce utilisée durant notre l'expérimentation est la courgette (**Cucurbita pepo L**). C'est une espèce moyennement tolérante à la salinité. La variété testée est La quarantaine dont les semences proviennent de l'institut technique de cultures maraichères et industrielles (ITCMI) de Staouali.

Cette variété est une :

- Variété fixée, demi précoces, et productive.
- Culture facile à réussir.
- En plein champs, très rustique, de vigueur moyenne à port érigé court.
- Le fruit demi-long de 14 à 16 cm de couleur vert clair brillant marbré de vert foncé.
- Le poids moyen du fruit est de 120 à 140 grammes.
- Excellente qualité gustative.
- Récolte échelonné à compter de 50 jours après le semis.

4. Conditions expérimentales :

5.

3.1. Lieu de l'expérience :

L'expérimentation a été réalisée à la station expérimentale du département d'agronomie de Blida situé dans la plaine de la Mitidja, dans une serre en polycarbonate de 384,5 m² de surface dont : l'orientation est nord sud, l'aération est assurée par plusieurs fenêtres placées latéralement de part et d'autre de la serre.



Figure 2 : Vue de site expérimental (Personnelle, 2013)

Afin de suivre l'évolution de la température en cours du cycle de développement de l'espèce testée, nous avons installé un thermomètre au milieu de la serre. Les relevés quotidiens ont été effectués à trois moments de la journée (9h, 12h, 16h). Le tableau n°9 indique les moyennes des températures par décade.

Tableau n°9 : Moyennes des températures par décade en °C.

Dates	9h	12h	16h
(17-12-2012) au (26-12-2012)	11,9	26,1	24,1
(27-12-2012) au (05-01-2013)	9,5	20,1	20,9
(06-01-2013) au (15-01-2013)	8,7	20,8	22,2
(16-01-2013) au (25-01-2013)	10,8	17,2	18,7
(26-01-2013) au (04-02-2013)	9,2	22,5	22,9
(05-02-2013) au (14-02-2013)	8	17,8	22,5
(15-02-2013) au (24-02-2013)	10,1	22,3	24
(25-02-2013) au (06-03-2013)	6,62	19,7	19
(07-03-2013) au (16-03-2013)	14	25,7	24,3
(17-03-2013) au (26-03-2013)	16,8	24,5	24,4
(25-03-2013) au (05-04-2013)	19,4	27,2	26,2
(06-04-2013) au (15-04-2013)	17,9	29	26,6

D'après les données du tableau 9, nous constatons que les températures matinales moyennes, étaient défavorables à la croissance de la courgette et ce par rapport aux données préconisées par ERARD (2002) qui se situent entre 15 et 30°C. À partir de 12h, les températures moyennes sont devenues plus favorables à la croissance et au développement de la plante testée.

3.2. Le substrat utilisé :

Dans notre expérimentation on a utilisé du gravier concassé de rivière 3 à 8 mm de diamètre comme substrat. Il provient de la carrière de Chebli situé à 25 Km d'Alger. Afin d'écartier tous les risques de contamination, une procédure de désinfection du substrat a été effectué comme suite :

- Un lavage abondant et répété à l'eau courante afin de supprimer les particules terreuses et les débris végétaux.
- Remplissage des pots avec le gravier lavé.
- Désinfection du gravier avec une solution Hypochlorite de sodium diluée de concentration initiale 12°, durant 24h.
- Au moment du semis, rinçage abondant de tous les pots à l'eau courante pour éliminer toutes les traces de l'eau de javel fortement nocives pour les jeunes plantes.

3.3. Conteneurs :

Les conteneurs utilisés sont des pots en polyéthylène de couleur sombre, de capacité 3.5 l et présentant des orifices de drainage à leur base permettant l'évacuation de la solution nutritive excédentaire.



Figure 3 : Aspect général des conteneurs.

4. Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental adopté est un plan sans contrôle 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 un seul facteur : le traitement avec 05 niveaux.

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



Figure 5 : Vue générale de dispositif expérimental.

5. Description des traitements testés :

- ✓ **T1** : Solution saline naturelle d'oued Chélif reconstituée avec l'eau de Blida avec pH=7,52.
- ✓ **T2** : Solution saline naturelle dont seul le pH a été corrigé à pH=5,5-5,8.
- ✓ **T3** : Solution saline corrigée avec un 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.

En milieu naturelle, l'eau de Chélif renferme certaines teneurs en éléments nettement supérieures aux besoins de certaines espèces végétales notamment : chlorures, sodium, calcium et magnésium.

On a réalisé la reconstitution avec l'eau de Blida, en prenant compte des éléments minéraux déjà présents dans cette eau naturelle, en apportant les éléments manquants afin d'avoir un total anion et cation le proche possible de l'analyse initiale.

Tableau 10 : Composition de l'eau du Blida. pH=7,52. meq/l

Eau de Blida	NO ₃ ⁻ 0.35	PO ₄ ³⁻ 00	SO ₄ ²⁻ 0.80	Cl ⁻ 0.60	Total
K ⁺ 00					0
Na ⁺ 1.30					1.30
Ca ⁺⁺ 2.80					2.80
Mg ²⁺⁺ 1.80					1.80
NH ₄ ⁺ 00					00
HCO ₃ ⁻ 4.08					4.08
Total	0.35	00	0.80	0.60	

5.1. Élaboration du traitement T1 (pH=7.52) :

Le T1 est une solution saline naturelle d'oued Chélif reconstituée avec l'eau de Blida.

Tableau 11 : Eau d'oued Chélif naturelle reconstituée avec l'eau de Blida en meq /l (T1)

Eau de Blida	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Total
	0.35	00	0.80	0.60	
K ⁺				0.35	0.35
00					
Na ⁺			1.14	7.46	9.90
1.30					
Ca ⁺⁺				6.45	9.25
2.80					
Mg ²⁺⁺			7.40		9.20
1.80					
NH ₄ ⁺					00
00					
HCO ₃ ⁻					4.08
4.08					
Total	0.35	00	9.35	14.86	

Quantités et ordre de dissolution des sels (T1) :

- $KCl = 0.35 \times 74.54 = 26.08 \text{ mg/l}$
- $Na_2SO_4 = 1.14 \times 71.01 = 80.95 \text{ mg/l}$
- $NaCl = 7.46 \times 58.43 = 435.88 \text{ mg/l}$
- $CaCl_2 = 6.45 \times 73.49 = 474.01 \text{ mg/l}$
- $MgSO_4 = 7.40 \times 123.18 = 911.53 \text{ mg/l}$
- Teneur de Lea de Blida = 433.9 mg/l

Total = 2362.35 mg/l

Soit 2.36 g/l

5.2. Élaboration du traitement T2 (pH=5.5-5.8) :

Pour corriger uniquement le pH de l'eau saline d'oued Cheliff reconstituée avec l'eau de Blida, on a ajouté deux acides : l'acide nitrique (HNO_3) et l'acide phosphorique (H_3PO_4), afin de diminuer le pH de 7.5 à $\text{pH}=5.5-5.8$ qui est le pH idéal pour l'assimilation des différents éléments par les plantes.

Ces deux acides permettent d'une part l'abaissement du pH et l'apport des éléments utiles tels que les nitrates et les phosphates.

Tableau 12 : Eau saline d'oued Chélif naturelle reconstituée avec l'eau de Blida corrigée que le pH en meq /l

Eau de Blida	NO_3^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}	Cl^-	Total
	0.35	00	0.80	0.60	
K^+ 00				0.35	0.35
Na^+ 1.30			1.14	7.46	9.90
Ca^{++} 2.80				6.45	9.25
Mg^{2++} 1.80			7.40		9.20
NH_4^+ 00					00
HCO_3^- 4.08	2.20	1.10			7.38
Total	2.55	1.10	9.35	14.86	

Quantités et ordre de dissolution des sels (T2) :

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

- $H_3PO_4 = 1.10 \times 98 = 107.8 \text{ mg/l}$.
- $Kcal = 0.35 \times 74.54 = 26.08 \text{ mg/l}$
- $Na_2SO_4 = 1.14 \times 71.02 = 80.95 \text{ mg/l}$
- $Nacl = 7.46 \times 58.43 = 435.88 \text{ mg/l}$
- $CaCl_2 = 6.45 \times 73.51 = 474.01 \text{ mg/l}$
- $MgSO_4 = 7.40 \times 101.65 = 911.53 \text{ mg/l}$
- Teneur de l'eau de Blida = 433.9 mg/l

Total = 2608.75 mg/l

Soit 2.60 g/l

5.3.Elaboration du traitement T3 (pH=5.5-5.8):

Le T3 est une solution saline corrigée reconstituée avec l'eau de Blida. Elle contient tous les macro-éléments: azote (N), phosphore (P), potassium (K) et calcium (Ca), et magnésium (Mg), et les oligo-éléments tel que: bore (Bo), cuivre (Cu), fer (Fe), qui sont nécessaires a la croissance et le developpement des plantes.

Tableau 13 : Solution saline corrigée reconstitué avec l'eau de Blida avec $5.5 < \text{pH} < 5.8$.

Eau de Blida	NO_3^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}	Cl^-	Total
	0.35	00	0.80	0.60	
K+				4.35	4.35
00					
Na ⁺			0.42	8.18	9.90
1.30					
Ca ⁺⁺	5.85			0.60	9.25
2.80					
Mg ²⁺⁺			7.40		9.20
1.80					
NH ₄ ⁺	1.80				1.80
00					
HCO ₃ ⁻	2.20	1.10			3.30
4.08					
Total	10.20	3.30	8.62	13.50	

- $\text{HNO}_3^- = 2.20 \times 63 = 138,60 \text{ mg/l.}$
 - $\text{H}_3\text{PO}_4 = 1.10 \times 98 = 107.8 \text{ mg/l.}$
 - $\text{KCl} = 4.35 \times 74.54 = 324.24 \text{ mg/l.}$
 - $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 0.24 \times 71.01 = 29.82 \text{ mg/l.}$
 - $\text{NaCl} = 8.18 \times 58.43 = 477.95 \text{ mg/l.}$
 - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 5.85 \times 118.04 = 690.53 \text{ mg/l.}$
 - $\text{CaCl}_2 = 0.60 \times 73.90 = 44.09 \text{ mg/l.}$
 - $\text{MgSO}_4 = 7.40 \times 123.18 = 911.53 \text{ mg/l.}$
 - $\text{NH}_4\text{NO}_3 = 1.80 \times 80.00 = 144.00 \text{ mg/l.}$
 - Élément dans l'eau de Blida = 433.9 mg/l.
 - Oligo-élément A et B = 14.80 mg/l.
- Total = 3317.26 mg/l

Soit 331 σ/l

Les différents traitements sont élaborés à base d'une solution mère de macroéléments puis diluée au moment de la préparation de la solution qui sera prête à l'utilisation. Un certain ordre de dissolution est respecté afin d'éviter toute précipitation et ceci en commençant par les produits à fonction acide et les plus solubles, ensuite on rajoute au fur et à mesure les autres produits. Le contrôle de pH de la conductivité électrique est obligatoire après chaque préparation.

Le traitement T3 renferme aussi la solution complémentaire d'oligo-éléments représentée dans le tableau suivant :

Tableau 14: Composition des Solutions complémentaires d'oligo-éléments A et B

Solution A	Solution B
------------	------------

Elements	Dose g/l	Prélèvement ml/l	Elements	Dose g/l	Prélèvement ml/l
Molybdates D'ammonium (NH ₄) ₆ (MO ₇ O ₂₄)4H ₂ O	0.50	0.10	Séquestrène de Fer	2.00	5.00
Acide borique (H ₃ BO ₃)	15				
Sulfate de manganèse (MnSo ₄ 5H ₂ O)	20				
Sulfate de cuivre (CuSo ₄ 5H ₂ O)	2.50				
Sulfate de zinc (ZnSo ₄ 7H ₂ O)	10				

5.4. Élaboration du traitement T4 : dilution à 20% du T3 :

Le T4 est une dilution du traitement T3 à 20%. Le principe consiste à prendre 200 ml de la solution saline corrigée (T3) et on ajuste jusqu'à 1000ml avec du l'eau naturelle.

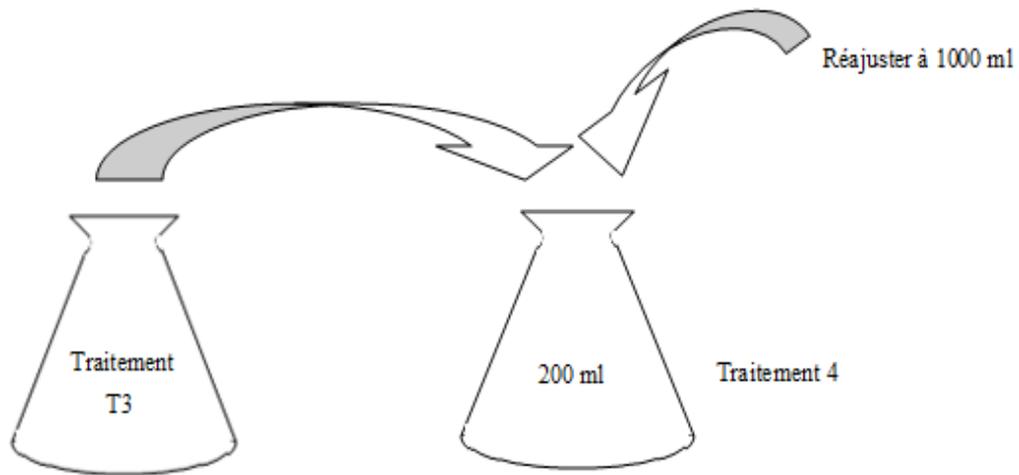


Figure 6 : Élaboration du traitement T4.

5.5. Élaboration du traitement T5 : dilution à 40% du T3:

Le T5 est une dilution du traitement T3 à 40%. Le principe consiste à prendre 400 ml de la solution saline corrigée (T3) et on ajuste jusqu'à 1000ml avec du l'eau.

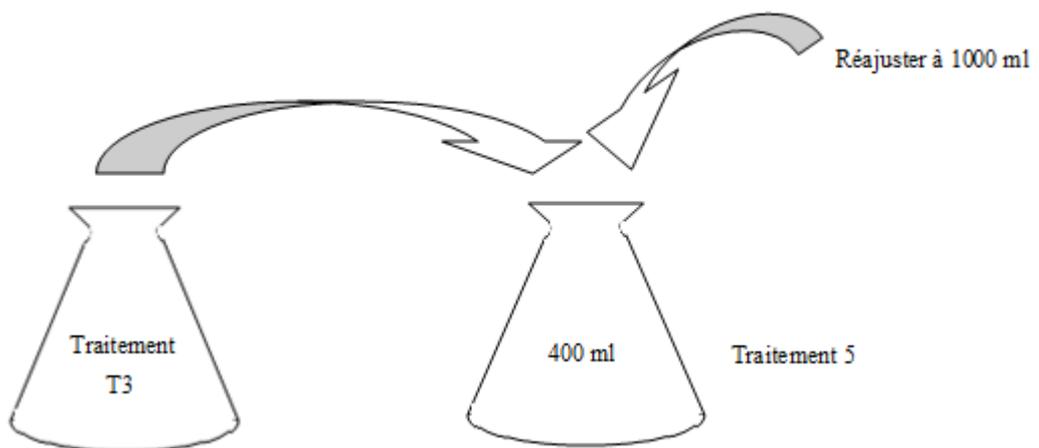


Figure 7 : Élaboration du traitement T5.

6. Essai de germination:

Les semences utilisées sont issues de la variété La quarantaine. L'essai de germination a été effectué au laboratoire le 27.11.2012. Les gaines ont été mises dans des boîtes de pétri contenant du papier buvard imbibé d'eau à raison de 80 grains par boîtes de

pétri. Ces derniers ont été placés dans une étuve réglée à une température de 25°C pendant une semaine. De l'eau distillée stérile est ajoutée en cas de dessèchement du papier buvard. La faculté germinative était 87,50%.

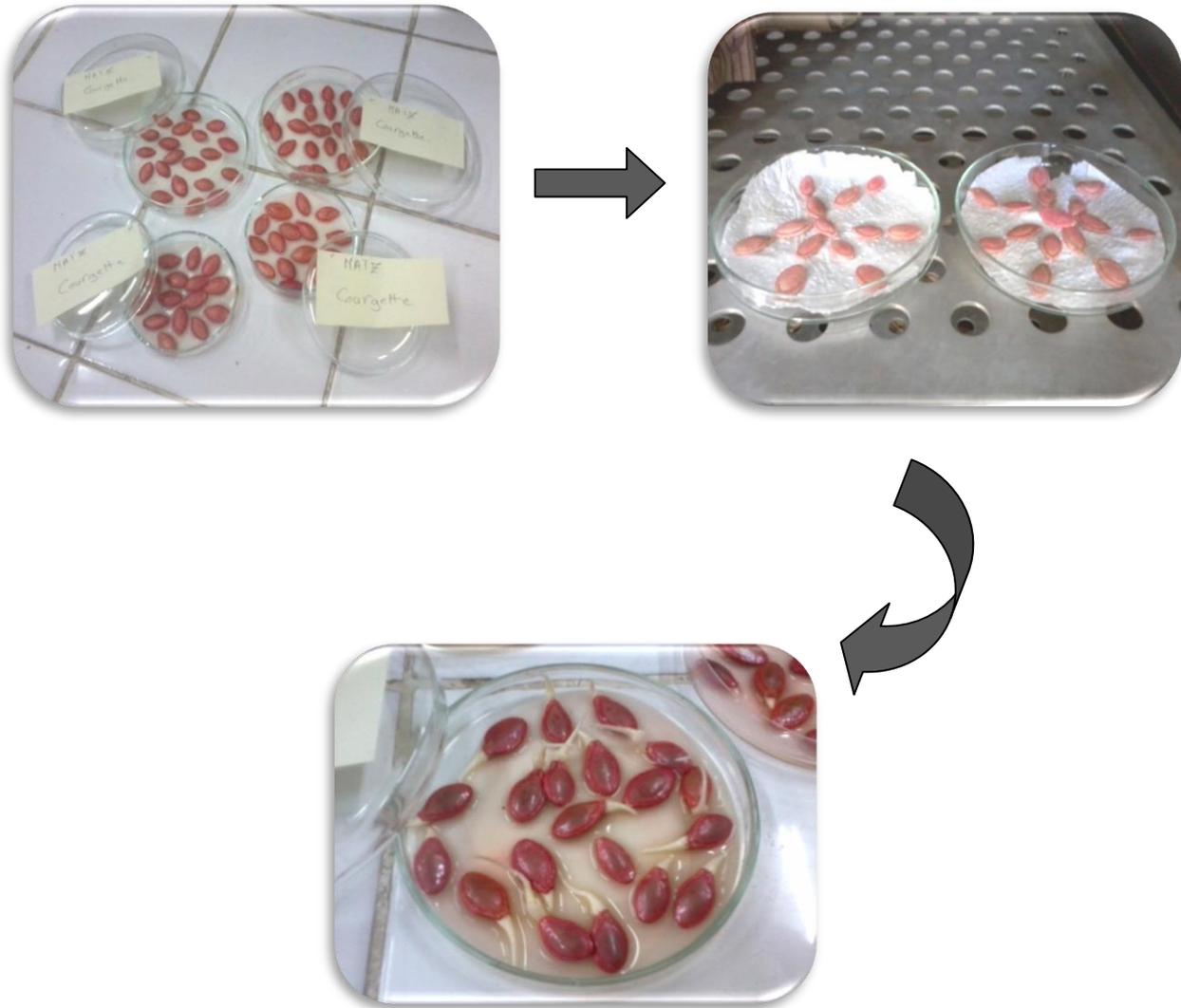


Figure 8 : Essai de germination des graines du courgette.

7.Repiquage des germes:

Après la germination des grains, un repiquage des jeunes germes de courgette en place définitive a été réalisé le 03.12.2012 à raison de deux germes par pot. Soit 07 jours de près germination.



Figure 9: Aspect général des jeunes plantules après le repiquage.

Les jeunes plantules de courgette sont irriguées jusqu'à l'apparition des deux feuilles cotylédonaires par l'eau courant tiède 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 des macros et des micros éléments et ce dans le but d'avoir un matériel végétal vigoureux et homogène de départ.

Dès l'apparition de la troisième feuille, nous avons procédé à l'application des différents traitements et ce le 30.12.2012, soit 27 jours après semis.



Figure 10 : Stade végétatif en début de traitement

8. Entretien de la culture:

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

8.1. Irrigation:

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

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 (tableau 15) montre les doses et les fréquences apportées pendant la période d'expérimentation.

Tableau 15 : doses et fréquences d'irrigation nécessaire pour la culture de la courgette

Dates	Stade végétatif	La dose d'irrigation	La fréquence	Les apports journaliers
03.12.2012 au 30.12.2012	Germination au stade trois feuilles	20ml	3fois / jours	60 ml /jour
31.12.2012 au 05.01.2013	Stade trois feuilles au début floraison	50ml	3fois / jours	150ml / jours
06.01.2013 au 17.01.2013	Début floraison à la formation des fruits	100ml	3fois / jours	300ml / jours
18.01.2013 au 09.04.2013	Formation des fruits à la récolte	150ml	4fois / jours	600ml / jours

8.2. Les traitements phytosanitaires:

Au cours de l'expérimentation, nous avons effectué des traitements préventifs pour écarter toute attaque cryptogamique ou d'insectes nuisibles contre les plantes selon le tableau 15.

Tableau 16: Programme de traitements phytosanitaires réalisés:

Dates	Produit	Matière active	Désignation	Dose	fréquence du traitement
15.01.2013	Medomyl	Mancozeb 64% Metaloxyl 8%	Traitement préventif contre les maladies cryptogamiques	3 g / l	1 fois/ semaine
18.02.2013	Duresban	Chorpyriphos- éthyle (50g/kg)	Traitement préventif contre les insectes	3 g / l	1 fois/ semaine

8.3. Le pallissage:

Dans notre expérience, les plantes avaient besoin d'un pallissage. Les plantes ont été pallissées avec la ficelle pour lui permettre de s'enrouler au fur et à mesure de leur croissance pour les maintenir dressées.



Figure 11: Vue générale des plantes après palissage

8.4. Le lessivage :

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

9. Paramètres étudiés :

Afin d'évaluer le comportement et l'évolution de notre espèce, différents paramètres ont été mesurés :

9.1 Paramètres biométriques :

- ❖ Aspect général des plantes.
- ❖ La vitesse de croissance.
- ❖ La hauteur finale des plantes.
- ❖ Le nombre des feuilles.
- ❖ Le diamètre des tiges.
- ❖ La matière fraîche et sèche produites:
 - Poids frais et sec de la partie aérienne (tige + feuilles) en g.
 - Poids frais et sec des racines en g.
- ❖ Le taux de matière sèche en %

Le taux de matière sèche est exprimé en pourcentage (% MS) et qui est calculé comme suit:

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

9.2. Paramètres de production :

- ❖ La récolte :

Nous avons effectué la récolte au stade final (maturité des fruits) soit 60 jours après le semis. Nous avons pris en considération le poids, la taille et le diamètre du fruit.

- ❖ Taux d'avortement des fleurs :

Le taux d'avortement est exprimé par la différence entre le nombre totale des fleurs femelles apparues et le nombre total des fleurs nouées ou transformées en fruits.

9.3. Paramètres biochimiques :

❖ Dosage de la chlorophylle :

La chlorophylle a et b est dosés durant le stade végétatif, sur les feuilles médianes de la courgette, on utilisant 3 répétitions pour chaque traitement. L'extraction de la chlorophylle a et b est réalisé selon la méthode de FRANCIS *et al* (1970). La méthode d'extraction 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 trois longueurs d'ondes : (470, 645 et 663 nm). La détermination des teneurs réalisée selon les formules:

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

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

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

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

❖ 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.

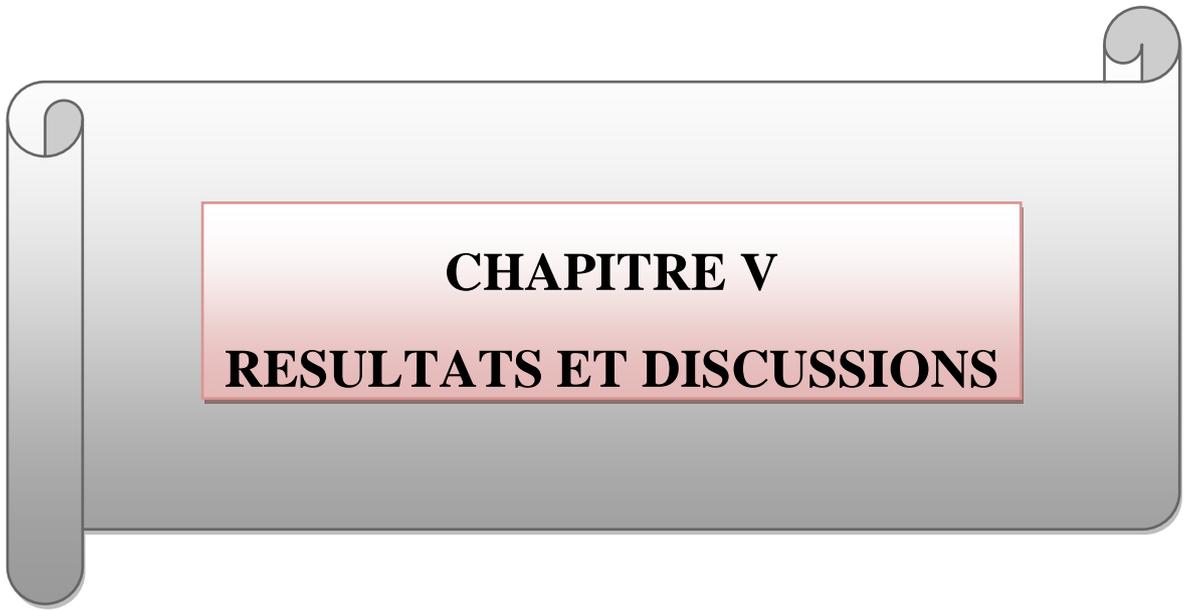
-Ajouter 5 mg du sulfate de sodium.

-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:

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



I. 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 courgette variété quarantaine.



Figure n° 12 : Aspect général des plantes irriguées par les cinq traitements testés.

Les plantes irriguées par la solution saline naturelle (T1) sont chétives, de couleur jaunâtre avec un nombre réduit de feuilles et de fleurs, et de petits fruits immatures.

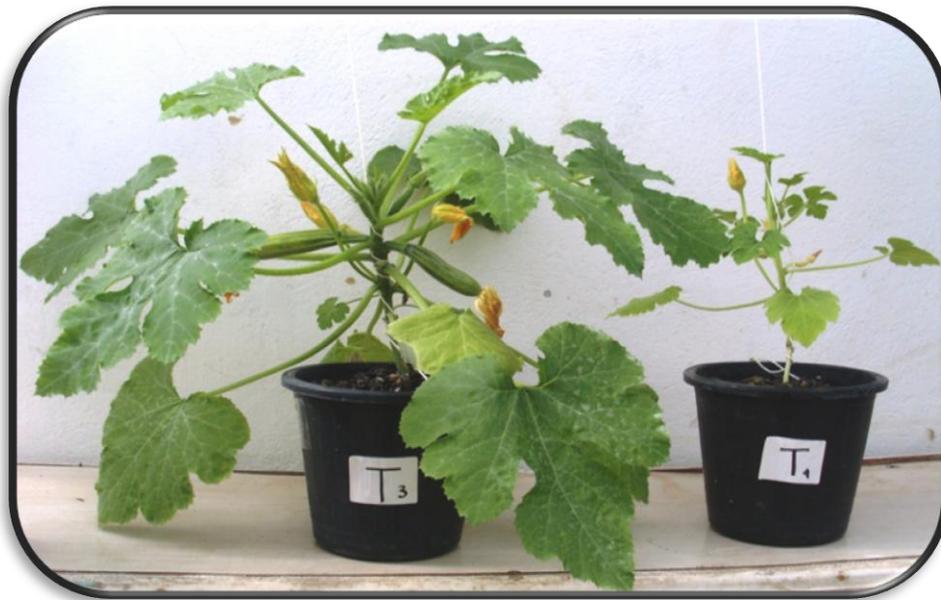


Figure n° 13 : Comparaison entre le traitement salin naturel et le traitement salin corrigé.

Les plantes irriguées par la solution saline corrigée (T3) et la solution diluée à 40% (T5) sont plus vigoureuses, bien développées, de couleurs vertes foncées, présentent un nombre de feuilles et des fleurs élevées.



Figure n°14 : Observation de traitement (T3) **Figure n°15** : Observation de traitement (T5)

au moment de la coupe.

au moment de la coupe.

1.2. La vitesse de croissance des plantes :

Pour mieux observer l'effet des traitements sur la croissance des plantules de courgette, un suivi périodique de la vitesse de croissance a été effectué dès le début de l'attribution des différents traitements. Les résultats sont présentés dans la figure (16)

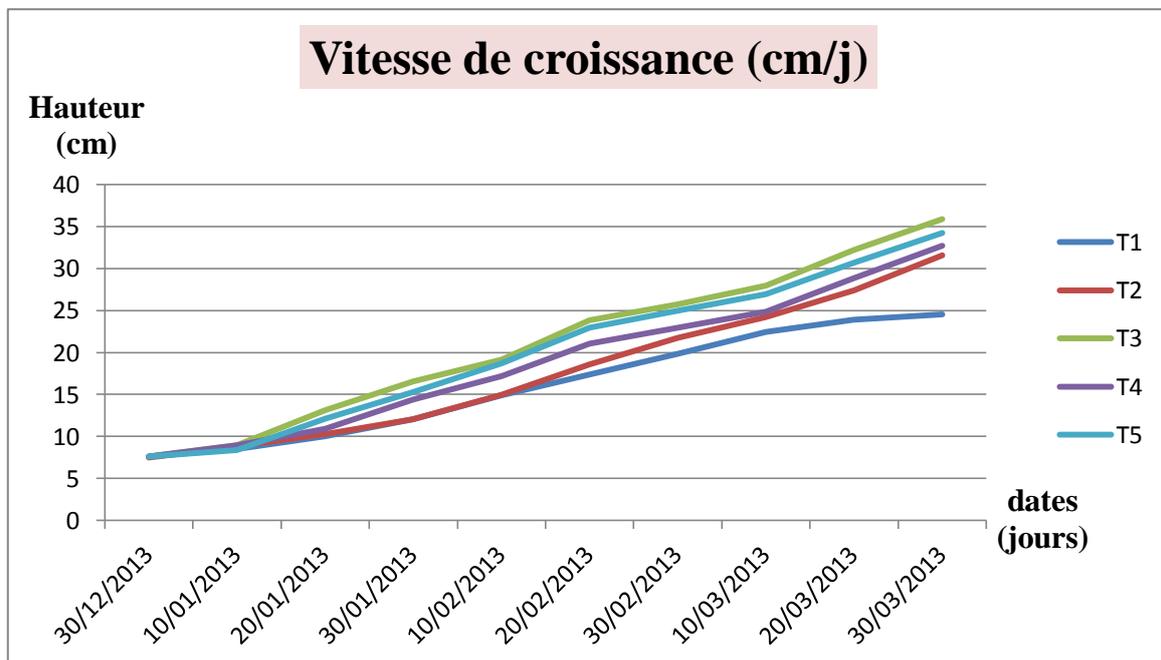


Figure n°16 : Vitesse de croissance des plants (cm/j).

Selon la figure N°16, la période entre (30-12-2012) et le (10-01-2013) ne marque aucun effet remarquable de l'action des traitements sur la vitesse de croissance des plantes. Cette phase stationnaire est expliquée par la période d'adaptation des jeunes plantules dans les milieux nutritifs correspondants. Après le 10-01-2013 et jusqu'au 20-01-2013, nous avons remarqué une légère augmentation de la vitesse de croissance pour l'ensemble des traitements. Après cette date, nous constatons que la salinité et la correction des eaux exercent une action significative sur la vitesse de croissance des plantes.

Concernant les plantes alimentées par la solution saline naturelle (T1), nous observons une vitesse de croissance ralentit par rapport à celle observée chez le traitement corrigé (T3) et les traitements dilués (T4 et T5). Ce résultat est en relation avec les teneurs en sels minéraux existant dans les traitements salins naturels notamment le NaCl et le Na₂SO₄, ainsi le déséquilibre ionique, et des carences en éléments fertilisants (macro et micro éléments) indispensable à la croissance et au développement des plantes.

Ces résultats peuvent être expliqués par le fait que la réduction de la croissance s'accompagne d'une augmentation de l'accumulation de Na⁺ et de Cl⁻ dans les tissus, et d'une diminution de K⁺ et Ca²⁺ dans les milieux nutritifs (SOLTANI et *al.*, 1990).

Ce même auteur indique que, Ca²⁺ et K⁺ pourraient devenir des facteurs limitant pour la croissance quand le milieu est enrichi en NaCl et que Cl⁻ inhibe l'absorption de NO₃⁻.

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

Les plantes issues des traitements salins corrigés (T3) et la solution diluée à 40% (T5), présentent une vitesse de croissance beaucoup importante (37.2 et 36.1cm) , ceci explique nettement l'équilibre ionique dans les solutions et leur richesse en éléments fertilisants, ainsi la présence des éléments nutritifs favorables à la croissance des plantes particulièrement le N, P, K et les oligo-éléments et notamment le pH favorable de 5,8 de la solutions nutritive (T3) qui est considéré comme étant le facteur déterminant dans l'absorption hydrominérale des plantes dans un environnement salin. Ainsi selon les travaux de DIEHILR (1975), l'azote est un élément indispensable à la multiplication cellulaire puisqu'il intervient dans la composition des noyaux. Il favorise l'augmentation de la croissance des végétaux. Ainsi les nitrates NO₃⁻

facilitent la pénétration des cations K^+ et Ca^{2+} par synergisme, ce qui intervient dans la photosynthèse (MUNNUS *et al.*, 2002).

1.3. Hauteur finale des plantes [cm] :

La hauteur finale des tiges a été mesurée au moment de la coupe 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 finale des tiges en (cm) :

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètre					
Hauteur finale des plantes	25.86 ± 0.38 e	32.14 ± 0.38 d	37.29 ± 0.49 a	33.86 ± 0.38 c	36.14 ± 0.38 b

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

Les résultats obtenus durant la coupe finale montre qu'il y a une augmentation de la hauteur des plantes au niveau du traitement salin corrigé (T3) et les traitements dilués (T4 et T5) et ce par rapport aux autres traitements salins naturels (T1) et (T2).

La hauteur finale la plus élevée est enregistrée au niveau du traitement (T3) avec une moyenne de 37.29 cm, suivi par les solutions diluées à 40% (T5) et à 20% (T4) respectivement. Ceci peut s'expliquer par l'équilibre ionique parfait dans les solutions salines corrigées et de leur richesse en éléments fertilisants, notamment la présence des éléments utilisés tels que l'azote, le phosphore, le potassium et les oligo-éléments.

Par contre, les solutions salines naturelles (T1 et T2) donnent les hauteurs les plus faibles et ce en raison de déséquilibre ionique entre les éléments et notamment la déficience en éléments majeurs utiles et en oligo-éléments, aussi un pH alcalin défavorable pour une meilleure absorption hydrominérale des plantes irriguées notamment au niveau du traitement (T1).

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
Accoissement				
hauteur finale	24.28%	44.19%	30.93%	39.75%

Le tableau n°18 montre une influence de l'effet du facteur traitement sur la hauteur finale des plantes, ou le traitement T3 présente le paramètre le plus élevé avec un accoissement de 44.19% par rapport au T1, suivie par le traitement T5 avec un accoissement de 39.75%. Les traitements T4 et T2 présentent les accoissement les moins importantes.

1.4. Diamètre des tiges :

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

Tableau 19 : diamètre moyennes des tiges en (cm) :

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètre					
Diamètre des tiges	5.29 ± 0.49 d	10.14 ± 0.38 c	14.86 ± 0.38 a	10.29 ± 0.49 c	12.86 ± 0.38 b

L'analyse de la variance nous renseigne l'existence d'une différence très hautement significative pour ($P < 0,001$). Le test de Newman-Keuls ($\alpha = 5\%$) classe les traitements testés en quatre groupes. Le diamètre le plus mince est celui des plants alimentés par le (T1) qui est égal à 5.29 mm.

Les mesures effectuées ont montré que la solution saline corrigée (T3) et la solution nutritive diluée à 40% (T5) ont enregistré les plus épais diamètres avec des valeurs de 14.86 mm et 12.86 mm respectivement, suivie par la solution nutritive diluée à 20% (T4) et la solution naturelle (T2) (pH=5.5-5.8), qui sont classés dans le même groupe homogène (c) et qui présentent les paramètres les moins importants avec des valeurs de 10.29 mm et 10.14 mm respectivement.

Il est à noter que les 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, 1982, DAOUD et HALITIM, 1994, SNOUSSI, 2001).

Ainsi selon SMIRNOV et *al.*, (1977), qui ont montré que le manque d'azote et le soufre peut induire la formation des tiges minces.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à l'accroissement du paramètre mesuré à savoir le diamètre des tiges des plantes 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
Accoissement				
Diamètre des tiges	91.68%	180.90%	94.51%	143.10%

Nous remarquons que le facteur traitement exerce un effet sur le diamètre des tiges. En effet, nous constatons que le traitement (T3) semble présenter le paramètre le plus élevé avec une valeur de plus de 180% par rapport au (T1), suivie par le traitement (T5) avec un accroissement de 143% plus que le traitement (T1). Néanmoins les traitements (T4) et (T2) présentent les valeurs les moins élevées.

1.5. Nombre des feuilles :

Ce comptage est réalisé 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 de feuilles	13.29	16.86	26.14	17.29	23.43
	±	±	±	±	±
	0.49	0.38	0.38	0.49	0.53
	d	c	a	c	b

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

Le nombre de feuilles le plus élevé est obtenu chez les plantes issues de traitement salin corrigé (T3) et le traitement dilué à 40% (T5) avec un nombre varie de 26 à 23 feuilles par plante. Ainsi que les plantes irriguées par les traitements (T4) et (T2) sont classées dans le groupe homogène (c), on dénombre 17 et 16 feuilles par plante. Alors que celles issue du la solution saline naturelle (T1) n'ayant que 13 feuilles. Ces résultats sont traduits par l'effet de la salinité, ainsi que l'impact du pH basique qui empêche l'assimilation des nutriments nécessaire à la croissance des plantes.

Il est à noter que dans le cas ou le pH est trop haut, certaines espèces montrent un jaunissement des jeunes feuilles et leur croissance est ralentie (SENECALE, 2006).

D'après HELLER et *al.*, (1998), la carence d'azote provoque un ralentissement de croissance suivie par une diminution du développement des feuilles.

Des résultats analogues ont été trouvés par RIOU et *al.*, (2009), 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 les traitements salins naturels 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 des plantes par rapport au traitement salin naturel T1.

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

Traitements	T2	T3	T4	T5
Accoissement				
Nombre des feuilles	26.86%	96.68%	30.09%	76.29%

D'après les résultats montrés dans le tableau n°22, on conclue que le facteur traitement a un effet sur le nombre de feuilles. Cependant le traitement (T3) désigne un accoissement le plus élevé par rapport au (T1), puis le traitement (T5) avec un accoissement de 76.29%, alors que le (T4) et le (T2) présents des pourcentages les moins importants.

1.6. Biomasse fraîche totale en [g] :

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

Tableau 23 : moyennes de biomasse fraîche totale en (g) :

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètre					
Biomasse fraîche totale	35.77	91.90	264.14	103.00	134.57
	±	±	±	±	±
	0.45	0.74	0.69	0.58	0.79
	e	d	a	c	b

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les différentes moyennes mesurées de la biomasse fraîche aérienne ce qui met en évidence l'influence des milieux alimentaires sur le paramètre mesuré. En effet, le test de Newman et keuls au seuil $\alpha= 5\%$ fait ressortir cinq (05) groupes homogènes. Le groupe (a) dominant est représenté par les moyennes mesurées chez les individus qui ont reçu le traitement T3 qu'il fournit tous les éléments nécessaires aux besoins des plantes à des proportions convenables. Ainsi leur pH qui se situ entre 5.5 à 5.8 donc il est idéal pour la croissance et le développement de la courgette.

Ce même test classe les autres solutions diluées à 40% et 20% à partir de T3 dans les groupes (b et d), la dilution de 40% présente un poids frais total plus élevés (134.57g) par rapport à la dilution de 20% de (91.90g), donc la concentration des éléments minéraux dans la solution nutritive joue un rôle très important sur la biomasse fraîche totale.

Autrement dit, les plantes qui sont alimentées par la solution saline (T1) donnent des poids frais totaux les moins importantes avec des moyennes de 35.77g, par rapport aux celle irriguées par le traitement (T2) ou on a corrigé le pH, ce que confirme que la correction de pH assure l'absorption de la majorité des éléments minéraux et permet d'éviter les risques de précipitation des phosphates et sulfates avec le calcium et avec certains oligo-éléments.

Des résultats analogues sont observés dans les travaux de MONG (1982), où il est montré que l'excès de sels provoque une réduction de toutes les dimensions de la plante (diminution de la surface foliaire, l'arrêt de la croissance et de l'allongement des organes et leurs ramifications) et une perturbation dans le métabolisme azoté et glucidique traduisant par la réduction de la synthèse des protéines, entraînant une chute des feuilles et par conséquent une diminution de la biomasse végétale produite.

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

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

Traitements	T2	T3	T4	T5
Accoissement				
Biomasse fraîche totale	156.91%	638.44%	187.95%	276.20%

Selon le tableau ci-dessus, nous remarquons que la solution saline corrigé (T3) nous a donné une adition de 638,44% plus que la solution saline (T1), suivi par le traitement (T5) qui présent un pourcentage de 276.20%. Alors que les traitements (T4 et T2) présents les proportions les moins importantes avec 187.95% et 156.91% respectivement.

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

La mesure de la biomasse fraiche des feuilles, des tiges et des racines a été effectuée au moment de la coupe finale (tableau 25).

Tableau 25 : moyennes de biomasse fraiche des feuilles, des tiges et des racines (g) :

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Racine	21.37 ± 0.49 e	41.74 ± 0.38 d	69.87 ± 0.38 a	43.83 ± 0.49 c	55.14 ± 0.53 b
Tige	12.30 ± 0.25 e	22.39 ± 0.41 d	53.07 ± 0.58 a	23.16 ± 0.49 c	31.90 ± 0.31 b
Feuilles	23.47 ± 0.35 e	69.51 ± 0.50 d	210.86 ± 0.69 a	79.80 ± 0.52 c	102.71 ± 0.76 b

Selon les résultats qui sont enregistrés dans le tableau N°25, on remarque que les traitements testés dans notre expérimentation que ce soit salins naturels ou salins corrigés ou dilués exercent un effet significatif sur la biomasse fraiche des trois organes durant tout le stade de développement des plantes.

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

Il faut noter que les paramètres mesurés les plus élevés sont enregistrés par la solution saline corrigée (T3) et la solution diluée à 40% (T5).

En effet, les plantes issues de solution saline corrigée présentent le poids frais des racines le plus élevé, dont elles produisent une biomasse racinaire bien développée et dense. Alors que le paramètre mesuré le plus faible est observé au niveau du traitement T1 dont ces plantes nous ont donné un chevelu racinaire chétif. Ceci peut être expliqué par l'accumulation des sels nocifs au niveau des racines de la plante tels que le Na_2SO_4 , MgCl_2 et le NaCl .

Ainsi nos résultats sont conformes à ceux de BLANC (1987), où il a été montré que la conséquence la plus immédiate d'une concentration saline et une lésion des racines suivi du flétrissement de plante lui étant à une difficulté d'absorption hydrominérale.

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

Pour ce qui est de la biomasse fraîche des tiges, la meilleure valeur enregistrée est celle de la solution saline corrigée (T3) avec un poids qui correspond à 53.07g, suivi par les traitements dilués (T5 et T4). En revanche, les plantes issues de la solution saline naturelle présentent les poids les moins importants à cause de la salinité et le pH alcalin du milieu.

Aussi, il y a lieu de noter que dans les milieux salins naturels, les plantes ne peuvent assurer une alimentation convenable en divers éléments nutritifs et ce compte tenu le déséquilibre ionique de milieu T1. A cet effet la carence en Mg^{+2} se traduit par une déshydratation du cytoplasme, il apparaît un phénomène de plasmolyse du aussi à l'accumulation des sels au niveau intracellulaire aboutissant un dépérissement des tiges et la formation des tiges moins développées alors les jeunes organes des plantes se nécrosent aboutissant une réduction du poids de la matière fraîche des organes des plantes. (COIC et LESAIN, 1975).

Enfin, pour ce qui est de la biomasse fraîche des feuilles, les résultats montrent que la solution saline corrigée (T3) a enregistré une valeur maximale de 210.86g, suivi par les solutions naturelles corrigées et diluées (T5 et T4).

Le poids le plus faible est observé au niveau de T1 et T2, où des carences sont observées. Il est à noter que les plantes carencées en azote restent chétives, les feuilles se

dessèchent, deviennent plus raides et tournent au vert clair, le pétiole et les nervures sont plus prononcées à cause du retard de développement des parties succulentes, ce qui va entraîner une réduction de la surface foliaire (EL ALAOUI, 2007).

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à l'accroissement des trois paramètres mesurés par rapport au traitement salin naturel T1.

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

Traitements	T2	T3	T4	T5
Accoissement				
la biomasse fraîche des racines	95.32%	226.95%	105.10%	158.02%
la biomasse fraîche des tiges	82.03%	331.46%	88.29%	159.34%
la biomasse fraîche des feuilles	196.16%	798.42%	240%	337.62%

Le tableau montre un effet remarquable des traitements sur la biomasse fraîche des trois organes. Il faut noter que les meilleurs pourcentages ont trouvé chez le traitement (T3) avec des pourcentages plus de 226%, 331% et 798% pour les racines, tiges et feuilles respectivement par rapport au T1. Pour les solutions diluées, nous constatons que la dilution de 40% (T5) à donner des résultats mieux que la dilution de 20% (T4) chez les trois organes. En revanche, le traitement T2 ou on a corrigé le pH semble être le paramètre le moins important.

1.8. Biomasse sèche totale en [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 27 : moyennes de biomasse sèche totale en (g) :

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètre					
La biomasse sèche totale	5.06 ± 0.06 e	8.29 ± 0.15 d	12.32 ± 0.65 a	9.49 ± 0.08 c	11.20 ± 0.12 b

Selon les résultats obtenus, nous observons que les traitements testés dans notre expérimentation exercent un effet très hautement significatif sur le paramètre étudié.

Le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir cinq groupes homogènes, dont le groupe (a) représente les plantes issues de traitement salin corrigé (T3), elles donnent la biomasse sèche la plus élevée, suivie par le 2^{ème} groupe (b) représenté par la solution diluée (T5), ceci est dû essentiellement à la richesse de ces traitements en éléments fertilisants et la présence d'un potentiel hydrogène (pH) favorable facilitant l'absorption de ces derniers par les plantes de courgette dans ces milieux nutritifs.

La solution diluée (T4) ainsi que la solution saline naturelle (pH= 5,5-5,8), sont représentées par les groupes (c) et (d) respectivement. Ces deux traitements présentent les valeurs les moins importantes. Par contre, 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 entraînant un faible taux de la biomasse sèche totale produite.

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

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 28 : accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1

Traitements	T2	T3	T4	T5
Accoissement				
la biomasse sèche totale	63.83%	143.47%	87.54%	121.34%

Le tableau ci-dessus, montre que le facteur traitement influe sur la biomasse sèche totale. En effet, nous constatons que la solution saline corrigé (T3) désigne le pourcentage le plus élevée (548.61%) par rapport au traitement (T1), suivie par le traitement (T5) et (T2) avec des proportions du 301.58% et 300.98% respectivement. Au contraire, le traitement (T4) présent la valeur la moins importante.

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

Ce paramètre est réalisé après séchage des feuilles, des tiges et des racines dans un étuve à 70°C jusqu'à la stabilité du poids sec de cet organes, les résultats sont présenté dans le tableau suivant :

Tableau 29 : moyennes de biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines (g) :

Traitements paramètres	T1	T2	T3	T4	T5
Biomasse sèche des Feuilles	5.58 ± 0,05 e	7.91 ± 0,08 d	10.30 ± 0.09 a	8.50 ± 0,09 c	8.91 ± 0,08 b
Biomasse sèche des Tiges	1.60 ± 0.03 d	2.54 ± 0.04 c	5.14 ± 0.05 a	2.67 ± 0.07 c	3.61 ± 0.03 b
Biomasse sèche des racines	5.12 ± 0.09 b	6.32 ± 0.01 d	15.26 ± 0.22 a	5.67 ± 0.08 c	7.80 ± 1.09 b

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence significative de l'effet du traitement sur la biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines de la variété de courgette testée.

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 ionique dans le milieu nutritif, avec un potentiel hydrogène (pH) le plus favorable, ce qui favorise l'absorption hydrominérale et augmente l'activité photosynthétique se traduisant par une biomasse importante.

Tandis que 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.

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).

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 des plantes par rapport au traitement salin naturel T1.

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

Accoissement \ Traitements	T2	T3	T4	T5
la biomasse sèche des feuilles	41.75%	84.58%	52.32%	59.67%
la biomasse sèche des tiges	58.75%	221.25%	66.87%	125.62%
la biomasse sèche des racines	23.43%	198.04%	10.74%	52.34%

Les résultats obtenus révèlent que les traitements testés ont un effet bien remarquable sur la biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines. Également, 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.

1.10. La matière sèche totale [%] :

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

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

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 31 : moyennes de la matière sèche totale (%):

Paramètre \ Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
La biomasse sèche totale	14.15 ± 0.02 a	9.02 ± 0.05 B	4.66 ± 0.01 d	9.21 ± 0.03 b	8.32 ± 0.01 c

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence significative entre les différentes moyennes mesurées de la matière sèche totale ce qui met en évidence l'influence des traitements testés sur le paramètre mesurée .En effet, le test de Newman et keuls au seuil $\alpha=5\%$ fait ressortir cinq groupes homogènes.

Nous remarquons que les plantes issus de la solution saline naturelle T1 produise une teneur en matière sèche totale la plus élevé qui sont présenté par le groupe dominant (a) ceci peut être expliqué par une accumulation plus élevée des éléments minéraux et de matières solides (sucres principalement) mais sont souvent accompagnées par une réduction de la taille des fruits. Les mêmes constatations sont faites par SATTI *et al.*, (1996), BALIBBREA *et al.*, (1997) et PETERSON *et al.*, (1998) (HOUASSINE, 2004).

En revanche la solution saline corrigé T3 enregistre la valeur la plus faible avec une valeur de 4,66g ce qui montre que l'ossature de ces plantes sont plus riche en eau et c'est ce qui donne une rigidité importante aux tissus aérienne.

Enfin, les traitements (T4 et T2) présentent une léger différence entre eux c'est pour cela sont classés dans le même groupe homogène (b).

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

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

Accoissement \ Traitements	T1	T2	T4	T5
la matière sèche totale (%)	203.64%	93.56%	97.63%	78.54%

Selon les résultats montrés dans le tableau ci-dessus, nous constatons que la solution saline naturelle enregistre la meilleure performance avec une addition de 203.64% par rapport à la solution saline corrigée (T3), suivie par les traitements (T4 et T2) qui ont des proportions voisine, alors que le traitement (T5) semble être le moins important.

2. Paramètre de production :

1. Estimation de nombre de fleurs :



Figure 17 : fleur femelle.



Figure 18 : fleur mâle.

L'estimation de la floraison a été faite tous les trois jours au niveau des plantes traitées, les valeurs moyennes du nombre de fleurs par plant sont présentées dans le tableau 33 :

Tableau 33 : moyennes de l'estimation de nombre de fleurs:

Paramètre \ Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
Estimation de nombre de fleurs	9.57	10.29	17.14	10.86	12.00
	±	±	±	±	±
	0.53	0.49	0.38	0.38	0.58
	e	d	a	c	b

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les différentes moyennes estimées du paramètre étudié. Le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ indique la présence de cinq groups homogènes, dont le traitement (T3)

manifeste le nombre de fleurs le plus élevé dans ce premier groupe avec 17.14 fleurs/plant, suivie par le traitement (T5) avec une moyenne de 12 fleurs /plant.

Il est à noter que les premières fleurs qui sont apparues étaient observées au niveau des plants alimentés par le traitement (T1), cette précocité est l'une des conséquences de la salinité. Les plantes obtenues par ce traitement accélèrent leur cycle biologique ce qui se traduit par un faible taux de floraison et donc de nouaison accompagné par un taux d'avortement plus élevé.

Par contre, les traitements (T4 et T2) sont classés dans les groupes (c) et (d) respectivement avec des moyennes de 10.86 et 10.29 fleurs /plant.

Ce résultat est similaire à celui trouvé par DENDEN et *al.*, 2005, qui ont montré que le nombre des fleurs diminue avec l'augmentation de la salinité du milieu.

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

Tableau 34 : accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1

Traitements	T2	T3	T4	T5
Accoissement				
Estimation de nombre de fleurs	07.52%	79.10%	13.47%	25.39%

Selon les résultats obtenus, nous pouvons dire que le traitement (T2) présente le pourcentage le plus faible avec une proportion de 7.52%, bien que le traitement (T3) donne la meilleure performance avec un accroissement de 79.10% c'est-à-dire supérieur plus que 11 fois que le traitement précédent.

2.2. Le nombre de fruits produits par plant :

Le comptage de ce paramètre est réalisé au niveau de chaque plante et par traitement.

Les résultats relatifs au nombre de fruits produits par plante sont présentés dans le tableau 35 :

Tableau 35 : moyennes de nombre de fruits produits par plant :

Paramètre \ Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
Nombre de fruits	3.71	4.00	15.71	5.43	9.29
	± 0,49	± 0,00	± 3.86	± 0.53	± 0,49
	c	c	a	c	b

Les résultats de la production montrent que l'effet de traitement manifeste une action très remarquable sur le paramètre mesuré.

Le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir trois groupes homogènes le plus dominant est le traitement salin corrigé (T3), ces résultats ont pour origine un équilibre ionique, et un pH favorable à l'absorption hydrominérale, ces derniers sont concordés avec ce de SATTI et *al.*, (1994) ; où ils montrèrent que le nombre de fruit dépend de l'alimentation hydrominérale et notamment de la présence de l'équilibre parfait de K^+ et de Ca^{2+} .

Il a noté que le traitement (T3) présent des éléments fertilisants nécessaires pour la florescence et la fructification telle que le phosphore à une teneur maximale. Cette situation est similaire aux travaux de VILAIN (1987), le phosphore régularise la mise à fleurs ainsi que la mise à fruits, donc on peut dire que le phosphore est un facteur de précocité et de qualité.

Au contraire, les plantes de courgette qui sont irriguées par la solution saline naturelle (T1), leur croissance a été réduite à cause de l'effet de sels nocifs qu'elle renferme et cela est par rapport au traitement (T3).

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

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

Accoissement \ Traitements	T2	T3	T4	T5
Estimation du nombre de fruits	07.81%	323.45%	46.36%	150.40%

Le résultat obtenu par le tableau montre que le traitement T3 est le meilleur traitement avec une addition de 320% plus que le traitement T1, suivie par le traitement T5, par contre le traitement T2 semble être le moins important avec un pourcentage juste de 7.81%.

2.3. Taux d'avortement des fleurs :

Le taux de fleurs avortées est étroitement lié aux conditions climatiques et aux conditions nutritionnelles et physiologiques de la plante. L'estimation de ce facteur a été élaborée sur la base du comptage du nombre de fleurs total et du nombre de fruits par plante et par traitement.

Les résultats relatifs aux taux de fleurs avortées par traitement sont présentés dans le tableau 37 :

Tableau 37 : moyennes de taux d'avortement des fleurs:

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Taux d'avortement des fleurs	62.86 ± 3.57 a	61.04 ± 1.78 a	0.00 ± 0.00 d	51.82 ± 4.66 b	22.56 ± 3.60 c

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence significative entre les différentes moyennes mesurées du nombre de fleurs avortées. En effet, le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir quatre groupes homogènes.

Selon les résultats obtenu du tableau ci-dessus, nous remarquons que le taux d'avortement au niveau de traitement (T3) est nulle, ce résultat à pour origine de la richesse de cette solution en éléments minérales indispensables ainsi, les meilleurs conditions de culture de ces plantes.

En revanche, le traitement salin naturel (T1) et le traitement (T2) ou on a corrigé le pH présentent le taux d'avortement le plus élevé, ceci est l'une des conséquences de la salinité. En effet, Les plantes alimentées par ce traitement faisant face au stress salin, accélèrent leur cycle biologique ce qui se traduit par un faible taux de floraison et de nouaison accompagné par un taux d'avortement élevé.

Aussi, ce taux d'avortement élevé des fleurs peut aussi être expliqué par les conditions du milieu qui ne sont pas favorables à la pollinisation des fleurs. Ceci peut être lié au facteur de la baisse de la température qui pourrait agir négativement sur le phénomène de pollinisation. Cette observation est similaire à celle notée par CHAUX et FOURY (1994) qui a montré que les températures diurnes supérieures à 30°C sont défavorables à la floraison et à la fécondation. A l'inverse, la chute des températures (inférieure à 15°C) provoque l'avortement des fleurs. On a remarqué que la température était faible (la matinée) au moment de la floraison (période du 31/12/2012 au 17/01/2011) donc elle pourrait inhiber le phénomène de la pollinisation.

2.4. Poids frais des fruits :



Figure 19 : aspect générale d'un fruit de traitement T3.

Le poids frais des fruits par plante est obtenu par pesée de chaque fruit au moment de la récolte. Les résultats sont présentés dans le tableau 38 :

Tableau 38 : moyennes de poids frais des fruits :

Paramètre \ Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
Poids frais des fruits	10.24	39.76	281.59	98.21	208.60
	±	±	±	±	±
	0.24	0.13	2.23	0.20	0.14
	E	d	a	c	b

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative ($p < 0.001$) entre les différentes moyennes mesurées. Le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir quatre cinq homogènes.

Les plantes alimentées par le traitement (T3) donnent le poids frais de fruit le plus élevé avec 281,59 g, ce qui peut être expliqué par la présence de l'élément potassium en qualité appréciable dans ces milieux alimentaires. Il est à noter que l'élément potassium favorise un bon développement végétatif et par conséquent accroît les organes de réserves ce qui permet une bonne production de fruit. (DIEHIL R., 1975).

Les traitements (T5) (T4) (T2) sont classés dans les groupes b, c et d respectivement, avec des valeurs moins importantes par rapport au traitement corrigé (T3).

Les plantes alimentées par le traitement salin naturel (T1) présente le poids de fruits par plante le plus faible (10.24g).

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

Tableau 39 : accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1

Traitements	T2	T3	T4	T5
Accoissement				
poids frais des fruits	288.28%	2649.90%	859.08%	1937.10%

Le tableau ci-dessus, montre un effet bien remarquable du facteur traitement sur le poids frais des fruits. Le traitement corrigé (T3) présente l'accroissement le plus élevé avec une valeur supérieure de plus de 26 fois que le paramètre (T1) suivi par le traitement (T5) qui est supérieur de plus de 19 fois par rapport a celui précédent.

Par contre le traitement (T2) donne l'accroissement le plus faible mais qui reste toujours supérieur par une valeur significativement élevée par rapport au traitement (T1).

3. Paramètres biochimique :

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

Le dosage de la chlorophylle (A) a été effectué afin d'identifier leur teneur dans les plantes stressées et non stressées. Les résultats sont présentés dans le tableau 40 :

Tableau 40 : moyennes de la quantité de la chlorophylle (A):

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
Quantité de la chlorophylle (A)	0.14	0.30	0.46	0.38	0.44
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	0.00	0.07	0.02	0.04	0.03
	d	c	a	b	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. Le groupe (a) représente le traitement corrigé T3 avec une valeur de (0.46 $\mu\text{g/g MF}$). Le groupe (b) renferme le traitement T5 et le traitement T4 avec des valeurs assez proches (0.44 et 0.38 $\mu\text{g/g MF}$). Alors que les deux derniers groupes (c) et (d) font référence au Traitements T1 et T2 avec des valeurs respectives de (0.14 et 0.30 $\mu\text{g/g MF}$).

Les résultats précédents montrent que les traitements corrigés (T3, T4 et T5) produisent plus de chlorophylle (A) que les traitements salins naturels (T1 et T2). Ceci est lié à l'effet de sels qui limite la croissance foliaire. Lors d'un stress salin, le métabolisme de la plante est affecté. On remarque ainsi une réduction significative au niveau T1 par rapport à la solution saline corrigée T3.

D'après les travaux de (AGASTIAN *et al.*, 2000) le taux de chlorophylle (A) dans les feuilles diminue en présence d'un stress salin. Cela est de même pour notre expérimentation.

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

Tableau 41 : accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1

Traitements	T2	T3	T4	T5
Accroissement				
Quantité de la chlorophylle (A)	114.28%	228.57%	171.42%	114.28%

Nous constatons d'après le tableau n° que les traitements corrigés donnent les quantités de chlorophylle les plus élevées avec un accroissement très hautement dominant de 297% pour le T3, et c'est au niveau des traitements salins naturels que l'accroissement reste réduit. Cependant ce dernier reste toujours supérieur de deux fois au T1.

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

Les résultats obtenus de dosage de la chlorophylle (B) sont classés dans le tableau 42.

Tableau 42 : moyennes de la quantité de la chlorophylle (B):

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètre	0.09	0.24	0.65	0.21	0.52
Quantité de la chlorophylle (B)	\pm 0.03	\pm 0.05	\pm 0.02	\pm 0.02	\pm 0.18
	d	b	a	b	a

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 trois groupes homogènes.

Les données du tableau n°41 sont similaires à ceux du tableau de moyennes concernant la chlorophylle (B). En effet les traitements corrigés sont ceux qui synthétisent la plus importante quantité de chlorophylle (B).

Ces résultats sont expliqués par le fait que les traitements corrigés 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.

D'une façon générale nous avons constaté que la chlorophylle (B) est moins sensible au stress salin que la chlorophylle (A) et (C) et que sa teneur diminue avec l'augmentation de

l'intensité du stress conformément à ce que nombreux auteurs ont démontré (KADRI et *al.*, 2008).

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

Tableau 43 : accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1

Traitements	T2	T3	T4	T5
Accoissement				
Quantité de la chlorophylle (B)	166.66%	622.22%	133.33%	477.77%

Le tableau de l'accroissement montre clairement la différence du teneur en chlorophylles pour chaque traitement. L'accroissement du traitement T3 est plus élevée que le T1 plus de 60 fois. Ainsi il est à la tête du classement suivi du T5 avec une valeur inferieur de T3. Le facteur traitement a eu un effet grandiose sur la quantité de la chlorophylle (B).

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

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

Tableau 44 : moyennes de la quantité de la chlorophylle (C):

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètre					
Quantité de la chlorophylle (C)	2.58	5.22	8.95	5.93	8.13
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	0.39	0.19	0.02	0.76	0.05
	e	d	a	c	b

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

La chlorophylle (C) est la plus sensible à la salinité, 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.

Les traitements corrigés manifestent le taux de chlorophylle (C) et cela du fait que ces derniers ont un équilibre ionique contrairement au traitement non corrigés.

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

Tableau 45 : accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1

Traitements	T2	T3	T4	T5
Accoissement				
Quantité de la chlorophylle (C)	102.32%	246.89%	129.84%	215.11%

Le traitement T3 prend toujours la première place avec un pourcentage de 246.89% suivi du T5 avec une légère diminution, le T4 vient en troisième position avec un taux de 129.84%. En dernière place vient le traitement salin naturel T2 avec une valeur minime.

3.4. Quantité de la proline :

La proline s'accumule fortement dans les plantes exposées au stress salin. La plupart des travaux signalent qu'elle migre vers les feuilles et s'y localise, c'est pour cette raison qu'on la dose au niveau des feuilles médianes, les résultats obtenues sont présentés dans le tableau 46 :

Tableau 46 : moyennes de la quantité de la proline :

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètre					
Quantité de la proline	0.04 ± 0.00 b	0.04 ± 0.00 b	0.05 ± 0.01 a	0.02 ± 0.01 c	0.02 ± 0.00 c

L'analyse de la variance montre qu'il y'a une différence très hautement significative entre les différents traitements testés. Le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir trois groupes homogènes. Le premier groupe (a) renferme le traitement salin corrigé T3 qui présente la quantité de proline la plus élevée contrairement au cinquième groupe (c) renfermant les traitements T4 et T5 qui présentent la quantité de proline la moins élevée.

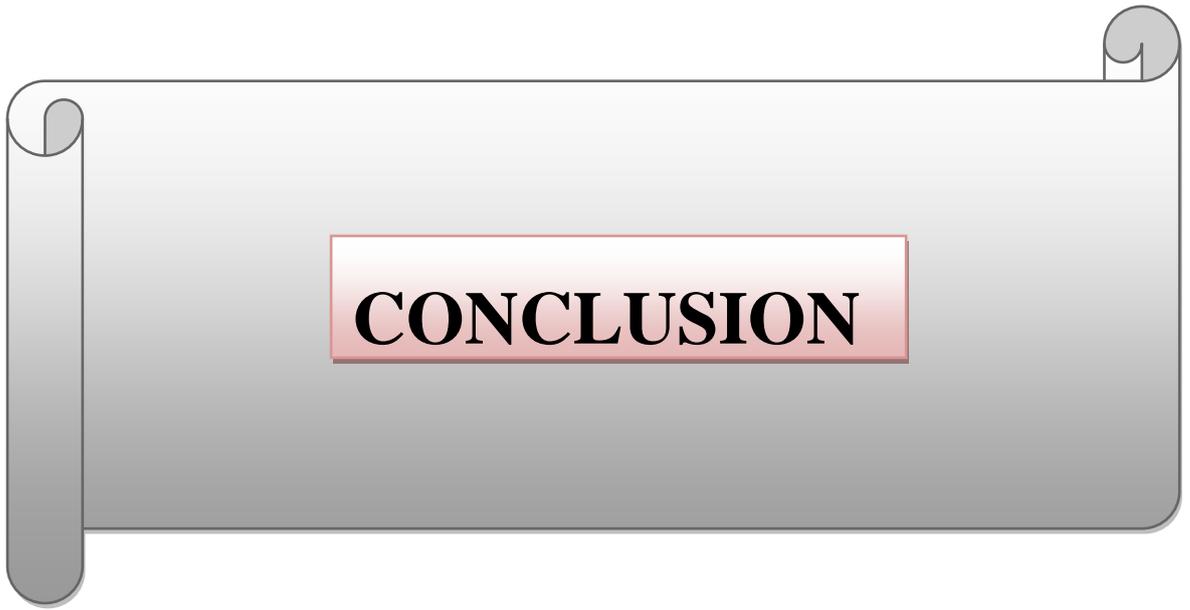
La proline augmente de teneur avec l'augmentation de la concentration en sel. En effet l'augmentation des teneurs de la solution d'irrigation en sel est accompagnée parallèlement par une augmentation croissante et relativement régulière de proline (DENDEN *et al.*, 2005).

La correction de l'eau saline naturelle améliore considérablement l'absorption hydrominérale des plantes ce qui montre bien que le milieu nutritif est convenable pour la plante. Cependant les traitements salins corrigés tels que le traitement T3 présentent une concentration en sel plus forte que les traitements salins naturels comme le traitement T1.

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.

On constate que les plantes stressées accumulent moins de proline, ceci est dû au fait que les milieux nutritifs sont chargés en sel qui crée un déséquilibre du potentiel osmotique extérieur qui reste plus fort, induisant une réponse de défense qui se traduit par une production de proline pour réajuster l'osmolarité interne et permettre à l'eau de passer du milieu le moins concentré vers le milieu le plus concentré.

Des résultats similaires ont été trouvés par (DJEROUDI, 2009), où il indique que, l'augmentation de la teneur en proline dans les feuilles est en fonction de l'augmentation de la salinité.



CONCLUSION

Conclusion

Notre travail avait pour objectif la valorisation et la gestion des eaux non conventionnelles en agriculture. Pour cela, nous avons suivi, en hors sol d'une part le comportement de la courgette variété quarantaine vis à vis des eaux salines naturelles et d'autre part l'impact de la correction du pH uniquement et de la correction complète de la solution saline naturelle ainsi que l'effet de la dilution de la solution saline corrigée à 20% et à 40%.

Nous avons constaté que le facteur salinité exerce une action défavorable sur la physiologie et la morphologie des plantes de courgette, car les plantes traitées par les solutions salines naturelles présentent un aspect chétif, un feuillage moins développé, un dessèchement précoce suivi d'un dépérissement, ceci se traduit par une faible production de biomasse, une faible production en fruits et de mauvaise qualité. Ces résultats s'expliquent essentiellement par un taux de salinité élevé et au désordre ionique dans les milieux alimentaires naturels, ainsi qu'à l'absence des éléments nutritifs utiles pour leur croissance notamment l'azote, le phosphore et le potassium, et enfin, par le pH défavorable de milieu, ce qui a conduit à des taux d'avortement très élevé.

En revanche, La correction des eaux salines naturelles améliore significativement la plupart des paramètres de croissance et ce durant tous les stades du développement étudiés. Des augmentations sont enregistrées concernant la hauteur et le diamètre des tiges, le nombre des feuilles produites, ainsi la présence d'un chevelu racinaire développé. Ceci est dû principalement à l'équilibre ionique parfait réalisé au niveau de cette solution et à la présence des macros et micros éléments utiles au développement des plantes de courgette.

En effet, ces résultats nous a permis de conclure que la correction des eaux salines joue un rôle prépondérant sur la conduite des plantes, tout en limitant les dommages provoqués par les sels nocifs au cours de la culture.

La réponse du végétal face à un stress salin se manifeste par le déclenchement du métabolisme secondaire et par la synthèse des osmo-régulateurs tel que la proline qui agit directement sur l'équilibre osmotique qui assure la vie du végétal. La teneur en proline, même assez faible, suffit d'assurer le réajustement de l'équilibre ionique. La teneur en proline est

beaucoup plus importante au niveau de traitement salin corrigé compte tenu que c'est le milieu le plus salé.

Les teneurs en chlorophylles (A) et (B) sont des paramètres qualitatifs du fait qu'elles peuvent nous renseigner sur le degré de tolérance de la culture de la courgette à la salinité.

Les traitements salins naturels ont une action directe sur le taux de la chlorophylle. Par ailleurs, il faut signaler que la teneur en chlorophylle (A) et (B) est plus sensible à l'effet du stress salin et de ce fait leurs teneurs sont moindres.

Enfin, ces résultats seront d'un apport important pour participer à une meilleure conduite de la courgette dans les zones arides où la qualité des eaux fournies pour l'irrigation est défavorable. Pour cela, il est souhaitable d'approfondir ces recherches afin de valoriser ces ressources en eaux salines non seulement à l'échelle expérimentale, mais aussi pour des applications pratiques à grande échelle et notamment dans les régions arides.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- ABATZIAN V., LIZOT J., COLLIN F., BRUN L., 2003 : Produire des semences de courgette dans un itinéraire Agro biologique. Ed. FNAMS. 4p.
- AGASTIAN et al., 2000: Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica* 38. pp 287–290.
- ANONYME., 1979 : Les cultures maraichères en Algérie. Tome IV. Ed. ITCMI. Algérie. pp138-160.
- ANONYME., 1988 : cultures protégées en climat méditerranéen. Ed. FAO. Rome. p317.
- ANONYME., 2002 : Larousse Agricole. Ed. Larousse. Pp 622-623.
- ANONYME., 2009 : fruits et légumes : fiche technique. Ed. GAB/FRAB. Bretagne.4p.
- ANONYME., 2010 : Fiche technique valorisées des cultures maraichères et industrielles : la culture de la courgette. Ed. ITCMI. 5p.
- ANONYME., 2010 : Les bonnes conditions pour une culture hydroponique. Ed. Akornature. 6p.
- ANONYME., 2012 : Culture hydroponiques et horticoles 3^{ème} édition. Ed. HANNA instruments. France. 46p.
- ANONYME., 2012 : MADR. Ministre de l’agriculture et de développement rural, service statistique.
- ANONYME., 2012 : www.FAOSTAT.FAO.org.
- AUBERT G., 1975 : les sols sodiques en Afrique du nord. Ed. annale de l’INA. Alger. Pp 185-195.
- AYERS S et WESTOCOT D.W., 1984 : la qualité de l’eau en agriculture. Bull d’irrigation et de drainage. FAO. n°29. Rome. 120p.
- BAILLE et al In SAOU H., 2012 : impact des eaux salines non convetionelle sur la production de la chlorophylle et de la proline chez la tomate et le haricot.
- BALIBREA M.E, PEREZ-ALFOCEA F., CRUZ A.S et ASTAN M.T., 1996: Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in commercial tomato hybrid. *Plant and Soil*. 180(2). pp 251-257.

- BEN NACEUR M., RAHMOUNE C., SDIRI H., MEDDAHI M.L et SELMI M., 2001: Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. Sciences et changements planétaires/sécheresse. Vol. 12. n° 3. Pp 74-167.
- BERNARDIN A., 2011 : Légumes. Ed. Unilet. Paris.5p.
- BLANC D., 1987 : Les cultures hors-sol. Ed. INRA. Paris. 409p.
- BOUAOUINA S., ZID E et HAJJI M., 2000: tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dure (*Triticum turgidum* L). option méditerranées. 239p.
- BOUHLASSA S., ALEHCHEIKH 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, n°1. pp.67-75.
- BOUZID Z., 2010 : Etude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysiological de deux variétés de plantes de l'espèce *phaseolus vulgaris* L. Thèse magistère Biologie Végétale. Université Mentouri Constantine. pp 64.
- C.T.G.R.E.F., 1979 : Évaluation des qualités d'eau nécessaire aux irrigations. Ministre de la coopération. Pp 103-142.
- CALVET R., 2003: Le sol, propriété et fonction, phénomènes physiques et chimiques.
- CHAUX C., 1972 : production légumière. Ed. J.B. Baillière. 300p.
- CHAUX C., FOURY C., 1994 : Production légumières. Ed. Lavoisier TEC et DOC. Paris. 235p.
- CHERBUY B., 1991 : Les sols salés et leur réhabilitation. Etude bibliographique, C.E.M.A.G.R.E.F.124p.
- CHEVERRY C., 1991: Comportement des plantes en milieu salé : compte rendu de l'ACAD d'ARGRIC. Action n° 04. Revu. Bimestrielle. Vol.81 (2). France. pp 42-46.
- CHIKHI H., 2011 : effet de sodium combine aux chlorures, aux sulfates sur la production de plants de tomate (*lycopersicum esculuntum* mill) variété saint-pierre cultivées en hors sol et dans un environnement salin. Thèse ing. Université Blida. Algérie. 95p.
- CLAUDE G.M., WALTER., REMY J.C., BERTHELIN J., MOREL L.J., 2011 : sols et environnement 2^{ème} édition. Ed. Dunod. Paris. pp 729-748.

- CLEVELY A., 2010 : Réussir son potager. Ed. Larousse. Paris. pp 110-111.
- COIC Y., 1984 : la culture hors sol. Ed. science de vie. Paris. pp 68-75.
- DAOUD Y et HALITIM A., 1994 : irrigation et salinisation au Sahara Algérien « sécheresse » .Ed. OPU. pp 151-160.
- DAOUD Y., HALITIM A., 1994 : irrigation physiologiques à la salinité des plantes cultivées. Faculté des sciences. Tunisie. 169p.
- DENDEN et al., 2005: Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales. Ed. Tropicultura. pp 220-225.
- DEVIGNES A., 1986 : 30 Légumes faciles à cultiver. Ed. L'amitié. Hatier. Paris. pp 48-49.
- DICKERMAN A et JOHN D., 1975 : hydroponics gardening. Ed. woodbridge press publishing Co.
- DIEHIL R., 1975 : Agriculture générale., Ed. J-B Baillièrè. 396p
- DINON E et GERSTMANS A., 2008 : Influence du pH sur l'assimilation des éléments nutritifs du sol par les plantes et sur la variété des plantes. Université de liège. France.5p.
- 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.
- DOUAOUI 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.
- DROUHIN G., 1961 : expérience algérienne d'utilisation des eaux saumâtres pour l'irrigation avec référence particulier aux sols salines. Ed. UNESCO. Paris. 150p.
- EL ALAOUI A.C., 2007 : Fertilisation minérale des cultures : les éléments fertilisants majeurs (Azote, Potassium, Phosphore). Bulletin mensuel d'information et de la liaison du PNTTA n° : 155. pp 4.
- EL HENDAWY S.E., 2004: salinity tolerance in Egyptien Spring Wheat: these de doctoret d'état. University Munchen. Almannè. pp 1-13.
- ENCYCLOPÉDIE DE LA CUISINE., 1999.Ed. Quèbec. Paris.p
- ERARD P., 2002 : La courgette. Ed. CTIFL. Paris. 145p.

- FAO., 2005: Foresterie en zone aride. Archives de documents de la FAO. 12 p.
- FAVIER J., IRELAND RIPET J., TOQUE C., FEINBERG M., 1995 : Répertoire générale des aliments. Ed. INRA. Paris. 897p.
- FEVREAU., 1987 : culture en contenaires. Revue horticole 33. pp 17-19.
- FOURY et PITRAT., 2003 : Histoires de légumes :des origines à l'orée du XXI^e siècle. Ed. INRA. Paris. 410p.
- GAREL J., 2006 : la courgette. Ed. Les paniers de martin.3p.
- GOSSELIN A and TRUDEL M.N., 1983: Interaction between root-zone temperature and light levels on growth development and photosynthesis. pp 901-905.
- GRASSELY D., LE QUILLEC S., RAYNEL C., 2007 : Fertilisation azotée des légumes sous abris. Quide pratique. Ed. CTIFL. Paris. pp72.
- GREENWAY H et MUNNS R., 1980: Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. Annual Review of Plant Physiology 3. pp 149-190.
- GUERRIER G., 1984: relation entre tolérance ou la sensibilité à la salinité lors de la germination des semences et les composantes de la nutrition en sodium. Ed Biologie plantarum (PRAHA) vol.26.n°1. pp 22-28.
- GUTIER ., 2012 : Tous les légumes courants, rares ou méconnus, cultivables sous nos climats. Ed. Eugen Ulmer. Paris. 224p.
- HALITIM A., 1988 : sols des régions arides d'Algérie. Office de publication universitaire. 384p.
- HAMDY A., LIETH H., MEZHER Z., 1995: Halophyte performance under high salinity levels:an overview saline irrigation, halophyte production and utilization. roject. n° IG. 18. CT.96.55. pp 20-58.
- HASSANI A., DELLEL A., BELKHODJA M et KAID- HARCHE M., 2008 : Effet de la Salinité Sur L'eau et Certains Osmolytes Chez L'orge (Hordeum Vulgare L) European Journal of Scientific Research. Vol.23. n°1. Pp 61-69.
- HELLER R., 1981 : «Physiologie végétale, nutrition », 2eme édition. Ed. Masson. Paris.244p.
- HELLER R., Esnault R et Lance C., 1998: «Physiologie végétale:1- nutrition» 6ème ed, Ed DUNOD. Paris. 151p.
- HOUSSINE D., 2004: effet de toxicité du magnesium lié aux sulfates et aux chlorure de sodium, revue, milieu aride vol 6. pp 99-109.

- HUNTZ A.M et ROQUES-CARMES., 1980 : Equilibre acido-basiques en solution aqueuse, pH. Ed. Massou. Paris. pp 15.
- IMALET R., 1979 : Influence de différentes concentrations de sels (NaCl, Na₂SO₄, MgSO₄) des eaux d'irrigation sur le rendement du haricot. Mémoire. Ing. INA. El Harrach. pp 43.
- INSID., 2008 : Institut National des sols, de l'irrigation et du drainage. les sols salins en Algérie. Algérie.7p.
- JAMES B., 1982 : Turf management for golf courses.. Ed. Publishing. Macmillan. 642p.
- JEANNEQUIN B., 1992: Les plastiques en agriculture. Ed. C.A.P. Revue horticole. pp 153-161.
- KADRI K., MAALAM S., CHEIKH M.H., BENABDALLAH A., RAHMOUNE C., ET BEN NACEUR M., 2009: Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques accessions tunisiennes d'orge (*hordeum vulgare* L). Science & Technologies, n°29. Tunisie. pp 72-79.
- KEHDI N., 2010 : l'hydroponie biologique : la bioaponie, une nouvelle vision de la culture hydroponique. Ed. Eurohydro. France. 4p.
- KOLEV N., 1976 : Les cultures maraichères en Algérie, Tome I, légume et fruits. Ed. Ministère de l'Agriculture et de la réforme Agraire. 207p.
- KOTUBY., AMACHER J., KOENIG R., KICHEN B., 1997: Salinity and plant tolerance. Ed. USDA. 15p.
- KOZLOWSKI S., 2007: response of woody plants to flooding and salinity.three physiology monograph, n°1. Pp 1-29.
- LAMZERI, H., 2007: Réponses écophysiologicals de trois espèces forestières du genre *Acacia*, *Eucalyptus* et *Schinus* (*A. cyanophylla*, *E. gomphocephala* et *S. mölle*) soumises à un stress salin. Thèse de magistère en Ecologie et Environnement .Option : Ecologie végétale. Université Mentouri Constantine. 141p.
- LASRAM M., 1995 : comportement des plantes en milieu salé et placé en pourteur Méditerranée. Ed. ACR. Acad Agric. Pp 47-60.
- LAUMONNIER., 1979 : Les cultures légumières et maraichères. Ed. J-bbailliere. Paris. 276p.
- LEGROS J.P., 2009 : la salinisation des terres dans le monde. Académie des sciences et lettres de Montpellier. Conférence n° 4069. Bull n°40. France. Pp 257-269.

- LESAIN C., 1974: Évaluation de la fertilisation et l'irrigation vers l'utilisation des solutions nutritives équilibrées. Ed. Versailles. 118 p.
- LESAIN C., COIC Y., 1983 : Culture hydroponiques. Ed. La maison rustique. Paris. pp 17-20.
- LEVIGNERON A., LOPEZ F., VARISUYT G., BERTHOMIEN P., ET CASSE-DELBART., 1995 :Les plantes face au stress salin. Ed : Cahier d'agriculture. pp 263-273.
- MAALEM S et RAHMOUNE C., 2009: Toxicity of the salt and pericarp inhibition on the germination of some Atriplex species. American-Eurasian Journal of Toxicologic Sciences. Vol. 1, n°2, pp 43-49.
- MAPPA D., 2010 : Les productions légumières. Ed. Educargri. Paris. pp 67-68.
- MARLET S., 2005 : Gestion de l'eau et salinisation des sols dans les systèmes irrigués Synthèse de l'atelier du PCSI sur : Vers une maîtrise des impacts environnementaux de l'irrigation. CIRAD/AMIS. n°40. Montpellier. pp 12-23.
- MAZOLLIER C., 2012 : les abeilles et bourdons. Ed. refbio maraichage PACA. France. 2p.
- MERMOUD A., 2006: Cours de physique du sol :Maîtrise de la salinité des sols. Ed. École polytechnique fédérale de Lausanne. 23 p.
- MESSIAEN et PAGOTTO., 2009 : Le potager familial méditerranéen. Ed. Quae. Pp 87-93.
- MONGI H., 1982 : Adaptation physiologique à la salinité des plantes cultivées. Faculté des sciences. Tunisie. 169p.
- MORARD P., 1995 : Les cultures végétales en hors sol. Ed. Publication agricole. Paris.301p.
- MOUSSAOUIS., 1995 : effet des différents types de paillage sur la productivité de la courgette cultivée sous serre. Thèse ing. INA. pp 62.
- MOZOYER., 2002 : Système racinaire de la tomate de serre, champignons phytopathogènes et environnement. Ed. Quebec. France. 17p.
- MUNNS et *al.*, 2002: Water relation and leaf expansion: importance of time scale. Ed. J. Exp. Bot. 51 350. pp 1495-1504.
- MUSARD M., JOUBERT G., B NAVEZ., 1992 : Aubergine poivron courgette : pratique culturales. Ed. CTIFL. Paris. pp 28-35.
- PETROV., 1978 : les cultures maraichères. Ed. INA. Alger.

- PRIDA A.K., DAS A.B., 2005: salt tolerance and salinity effect on plants: review *Ecotoxicology and environmental safety*. Vol 60. pp 324-349.
- RABY G., 1978 : le jardinage sans terre : tout sur la culture hydroponique. Ed. L'étincelue. 355p.
- RAHMOUNE C., MAALEM S., BEN NACEUR M., 2004: Effets comparés de la fertilisation phosphatée sur l'Atriplex cultivé en zone semi-aride du Nord-est algérien. *Plant Physiology*. Vol. 3, n°4. pp 213-217.
- 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. 411p.
- ROBERT M., 1996: le sol: interface dans l'environnement ressource pour le développement. Ed. Masson .Paris.244p.
- RUSH D-W et EPSTEIN E., 1981 :Breeding and selection for salt-tolerance by incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. Ed. J. Amer. Soc. Hort. Sci.106. pp 699-704.
- SATTI S.M.E et AL., 1994: salinity induced changes in vegetative and reproductive growth in tomato. *Commun. Soil Sci. Pant Anal.*, 25(5 et 6). pp 501-510.
- SERRURIER M et OTTENS N., 2010 : Mémento fruits et légumes. Ed. CTIFL. Paris. pp 48-49.
- SERVANT J.M., 1975: Étude pédologique des sols halomorphes. Thèse. Doc. Uni. Montpellier. 194 p.
- SHOLTO DOUGLAS., 1977 : hydroponics : the bengal systém : with notes on other methods of soilless cultivation. Ed. Fifth edition. London. pp1-2.
- SMIRNOV ET al., 1997: "Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants", *Physiol. Plant.* 84, (1992). pp 55-60.
- SNOUSSI S.A ; 1984 : Effet des variations des concentrations d'azote et de potassium d'une solution nutritive de base sur la tomate cultivée en système hydroponique. *Th.Mag.* Ed. INA. El-Harrach.115p.
- SNOUSSI S.A., 1980 : caractérisation de quelques substrats disponible dans la région d'Alger en vue de leur utilisation en culture hydroponique. Thèse ing Agro. INA. Alger. Pp 67.
- SNOUSSI S.A., 1981: Culture maraichères. Cours polycopié. INA. Alger.

- SNOUSSI., 2001 : valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. Thèse doctorat. Université national agronomique INA. Alger. 152p.
- SOLTANI A., 1990 : Recherche de facteur limitant de la nutrition minérale de l'orge en milieu salé. Revus Agronomie. 866p
- SOUCI S., FACHMANN W., KRANT H., 1994 : La composition des aliments : tableaux de valeurs nutritives. 5^{ème} Edition. medpharm, CRC preo. Germany. P1091.
- SUAZET R., 1987 : culture légumière sur substrat. Ed. CTIFL. Paris. 276p.
- SZABOLCS I., 1994: Soils and salinization. In: Pessarakli, M. (Ed.), Handbook of Plant and Crop Stress. Ed. Marcel Dekker. New York. pp 3-11.
- THUIAULT J.F., 2004 : la maitrise de la culture hors sol. Ed. CTIFL.6p.
Tome 2. Ed. Agricole. France. 511 p.
- UNSD., 2004 : United Stat Département of Agriculture.USA.
- URBAN L., 1997 : Introduction a la production sous serre : irrigation fertilisante en culture hors sol (TOME 2). Ed. Maison Rustique. Paris. 180p.
- VILAIN M., 1987: la production végétale, la maitrise technique de la production. Ed. Tec & Doc. Paris. 384p.
- ZIEGLER., 2008 : l'hydroponie ou la culture hydroponique : maladies des plantes, agriculture et écologie. 16p.
- ZUANG H et MUSARD M., 1984 : cultures légumières sur substrats : installation et conduite. Ed. CTIFL. Paris. 7p.
- ZUANG H., 1986 in LEMAIRE F, DARTIGUES A, RIVIERE L.M et CHARPENTIER S., 1989 : Les cultures en pots et en conteneurs. Ed. I.N.R.A. Paris. 184p.

Annexe 02 : Diamètre des tiges.

	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Coupe Finale	Var. Totale	569.89	34	16.76	872.48	0.0000	0.40	1.2%
	Var. Facteur 1	565.03	4	141.26				
	Var. Residuelles1	4.86	30	0.16				

Annexe 03 : Nombre de feuilles.

	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Coupe Finale	Var. Totale	367.54	34	10.81	500.29	0.0000	0.43	4.0%
	Var. Facteur 1	362.11	4	90.53				
	Var. Residuelles1	5.43	30	0.18				

Annexe 04 : Matière fraîche totale.

	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Coupe Finale	Var. Totale	776.40	34	22.84	918.89	0.0000	0.46	2.4%
	Var. Facteur 1	770.11	4	192.53				
	Var. Residuelles1	6.29	30	0.21				

	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Coupe Finale	Var. Totale	202942.00	34	5968.88	116514.22	0.0000	0.66	0.5%
	Var. Facteur 1	202928.94	30	50732.23				
	Var. Residuelles1	13.06		0.44				

Annexe 05 : Poids frais des feuilles.

Coupe Finale	Var. Totale	136184.61	34	4005.43	100251.11	0.0000	0.58	0.6%
	Var. Facteur 1	136174.42	4	3 043.61				
	Var. Residuelles1	10.19	30	0.34				

Annexe 06 : Poids frais des tiges.

Annexe 07 : Poids frais des racines.

	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Coupe Finale	Var. Totale	6611.04	34	194.44	9208.84	0.0000	0.42	1.5%
	Var. Facteur 1	6605.66	4	1651.42				
	Var. Residuelles1	5.38	30	0.18				

Annexe 08 : Matière sèche totale.

	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Coupe Finale	Var. Totale	8982.21	34	264.18	8767.89	0.0000	0.51	1.1%
	Var. Facteur 1	8974.53	4	2243.63				
	Var. Residuelles1	7.68	30	0.26				

Annexe 09 : Poids sec des feuilles.

	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Coupe Finale	Var. Totale	2767.77	34	81.40	7371.93	0.0000	0.31	1.6%
	Var. Facteur 1	2764.95	4	691.24				
	Var. Residuelles1	2.81	30	0.09				

Annexe 10 : Poids sec des tiges.

	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Coupe Finale	Totale	2103.75	34	61.88	81080.63	0.0000	0.08	0.5 %
	Var. Facteur 1	2103.56	4	525.89				
	Var. Residuelles1	0.19	30	0.01				

	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Coupe Finale	Var. Totale	50.41	34	1.48	5341.03	0.0000	0.05	1.6%
	Var. Facteur 1	50.34	4	12.58				
	Var. Residuelles1	0.07	30	0.00				

Annexe 11 : Poids sec des racines.

	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Coupe Finale	Var. Totale	3279.54	34	96.46	3271.29	0.0000	0.50	4.9%
	Var. Facteur 1	3272.04	4	818.01				
	Var. Residuelles1	7.50	30	0.25				

Annexe 12 : Taux de matière sèche totale.

	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Coupe Finale	Var. Totale	382.36	34	11.25	139619.05	0.0000	0.03	0.2%
	Var. Facteur 1	382.34	4	95.58				
	Var. Residuelles1	0.02	30	0.00				

Annexe 13 : Estimation du nombre de fleurs.

	Var. Totale	262.97	34	7.73				
Coupe Finale	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
	Var. Residuelles1	6.86	30	0.23				

Annexe 14 : Estimation de nombre de fruits produits par plante.

Annexe 15 : Taux d'avortement des fleurs.

	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Coupe Finale	Var. Totale		34			0.0000		%
	Var. Facteur 1		4					
	Var. Residuelles1		30					

	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Coupe Finale	Var. Totale	21362.08	34	628.30		0.0000		8.0 %
	Var. Facteur 1	21058.63	4	5264.66	520.49		3.18	
	Var. Residuelles1	303.45	30	10.11				

Annexe 16 : Poids frais des fruits.

Coupe Finale	Var. Totale	368406.16	34	10835.48	90214.41	0.0000	1.01	0.8 %				
	Var. Facteur 1	368375.53	4	92093.88								
	Source De Variation	S.C.E	Ddl	Moyens					Test F	Proba	E.T	C.V
	Residuelles1	30.63	30	1.02								

Annexe 17 : Teneurs de la chlorophylle A.

Annexe 18 : Teneurs de la chlorophylle B.

	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Coupe Finale	Var. Totale	0.23	14	0.02	30.34	0.0000	0.04	11.8 %
	Var. Facteur 1	0.21	4	0.05				
	Var. Residuelles1	0.02	10	0.00				

	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Coupe Finale	Var. Totale	0.71	14	0.05	21.78	0.0001	0.09	25.0 %
	Var. Facteur 1	0.64	4	0.16				
	Var. Residuelles1	0.07	10	0.01				

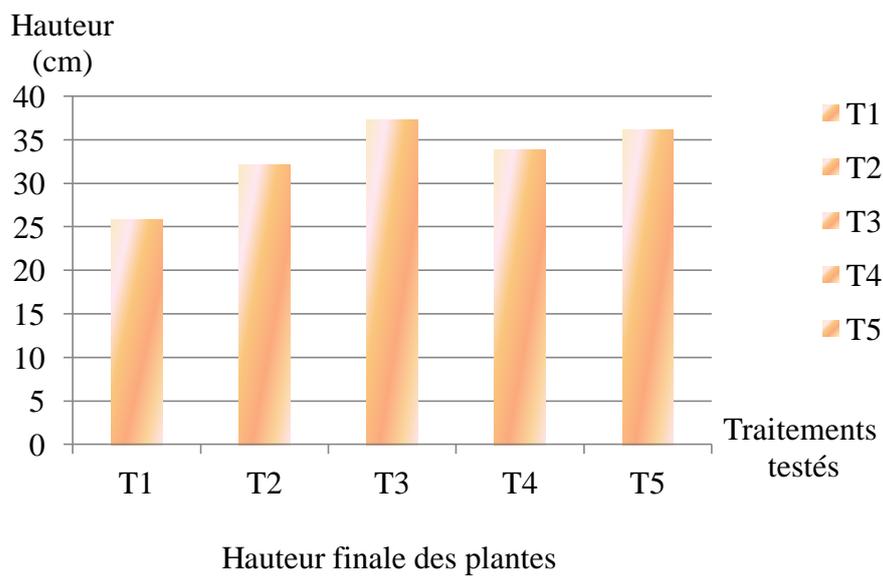
Annexe 19 : Teneurs de la chlorophylle C.

Coupe Finale	Var. Totale	77.86	14	5.56	125.41	0.0000	0.39	6.3 %
	Var. Facteur 1	76.34	4	19.08				
	Var. Residuelles1	1.52	10	0.15				

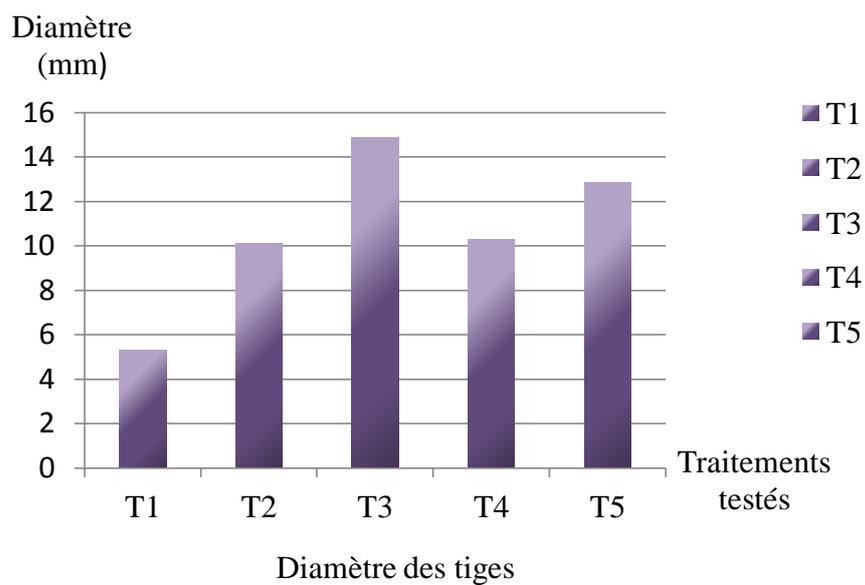
Annexe 20 : Teneur de la proline.

Annexe 21 : Figure de la hauteur finale des plantes.

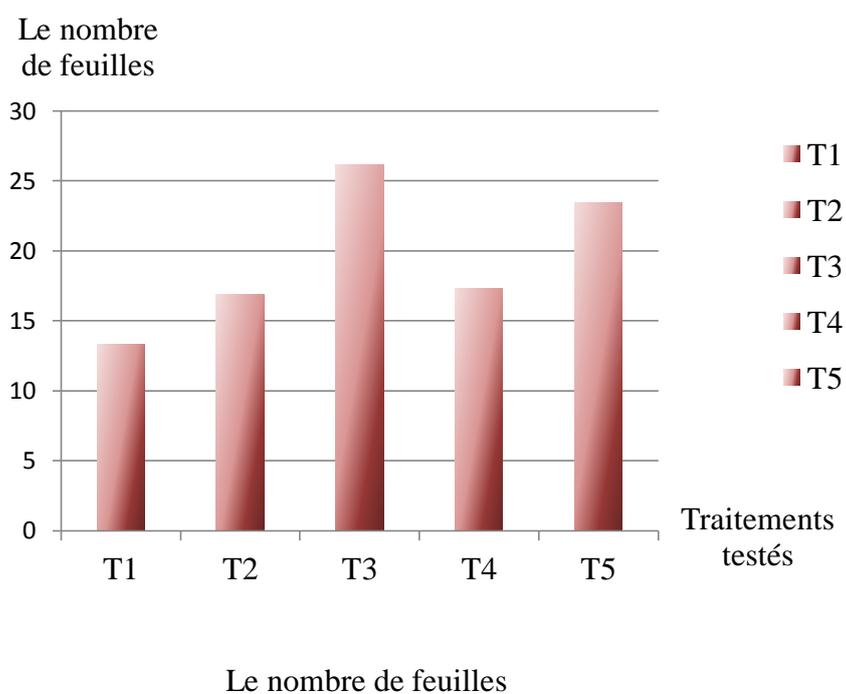
	Source De Variation	S.C.E	ddl	Carres Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
Coupe Finale	Var. Totale	0.00	14	0.00	30.72	0.0000	0.00	13.2 %
	Var. Facteur 1	0.00	4	0.00				
	Var. Residuelles1	0.00	10	0.00				



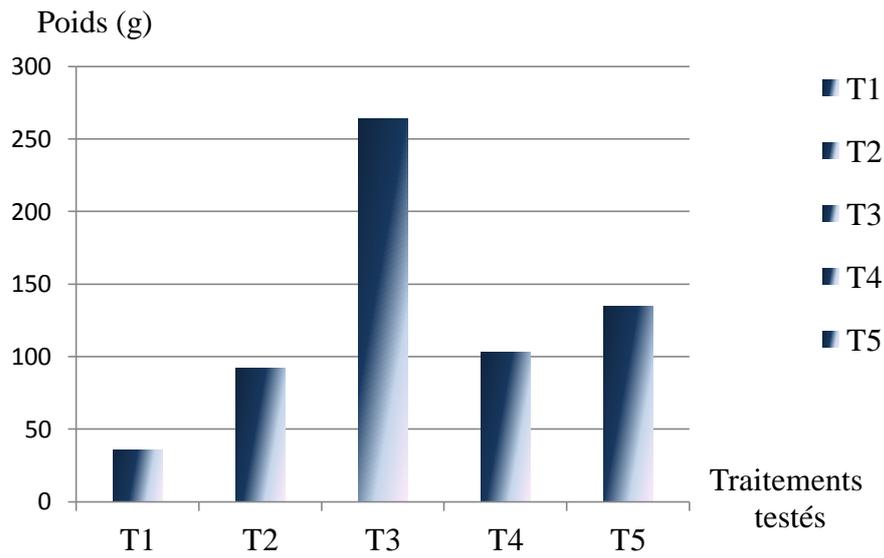
Annexe 22 : Figure de diamètre des tiges.



Annexe 23 : Figure de nombre de feuilles.

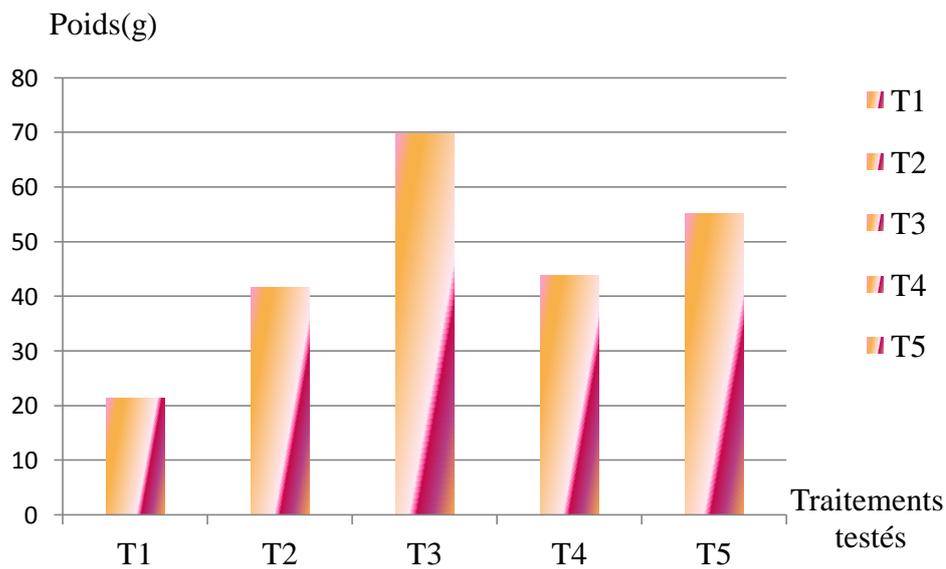


Annexe 24 : Figure de la biomasse fraiche totale.



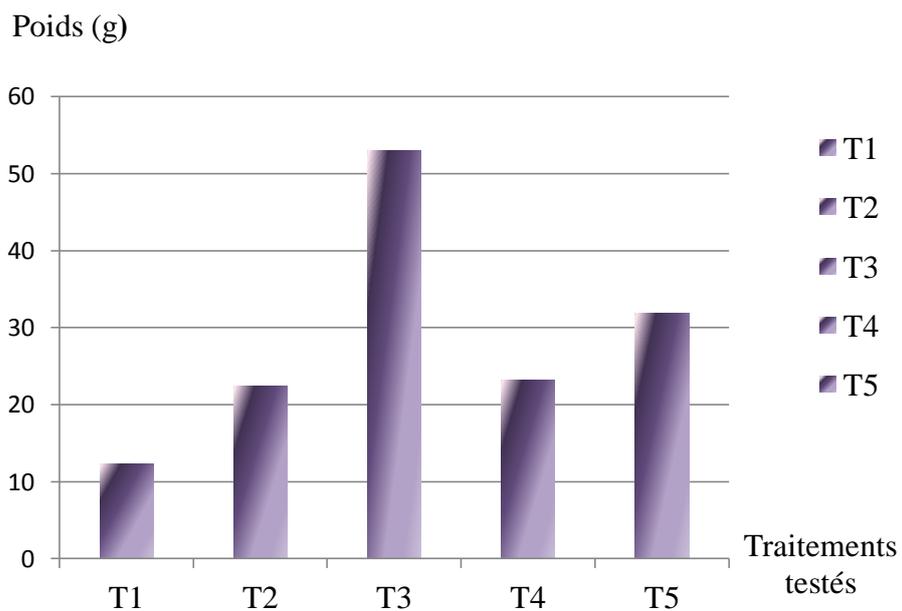
Biomasse fraîche totale

Annexe 25 : Figure de la biomasse fraîche des feuilles.



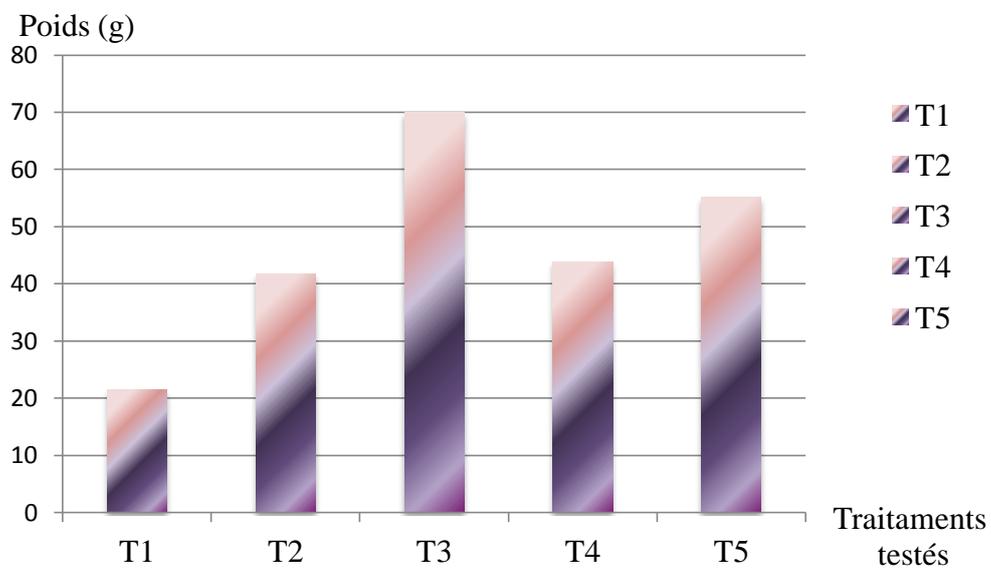
Biomasse fraîche des racines

Annexe 26 : Figure de la biomasse fraîche des tiges.



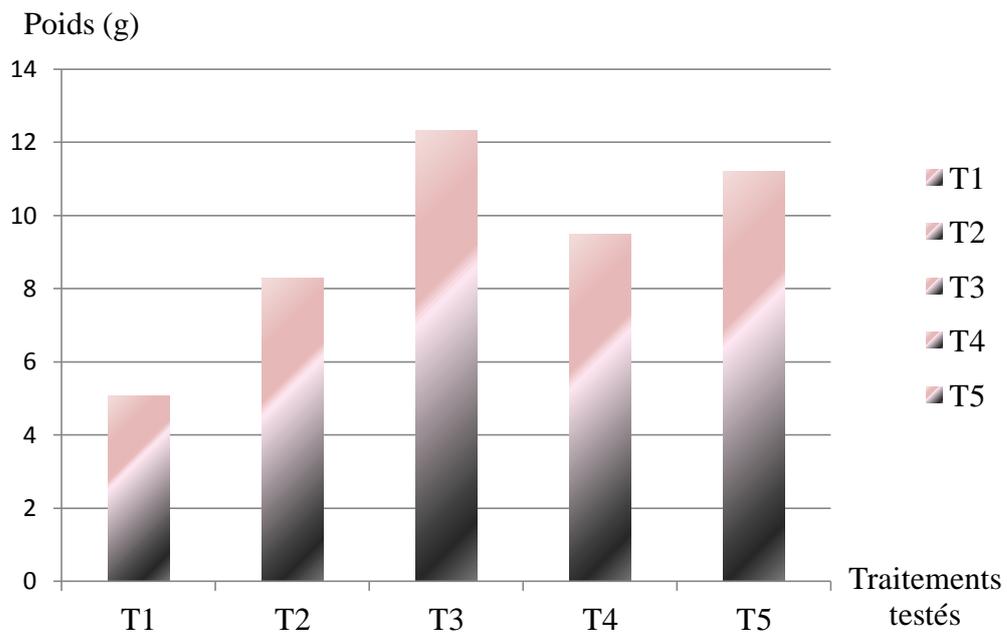
Biomasse fraîche des tiges

Annexe 27 : Figure de la biomasse fraîche des racines.



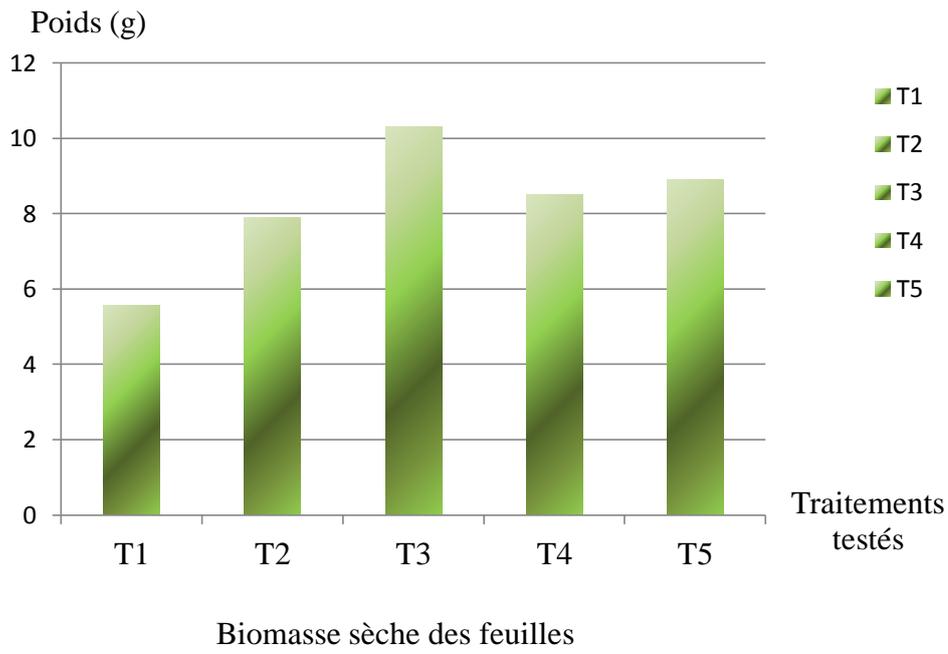
Biomasse fraîche des racines

Annexe 28 : Figure de la biomasse sèche totale.

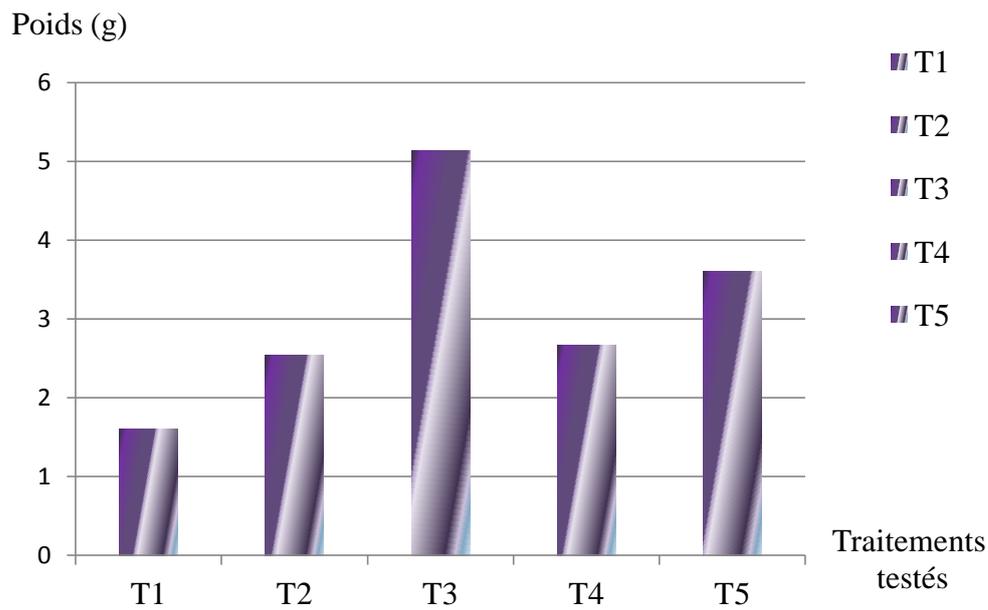


Biomasse sèche totale.

Annexe 29 : Figure de la biomasse sèche des feuilles.

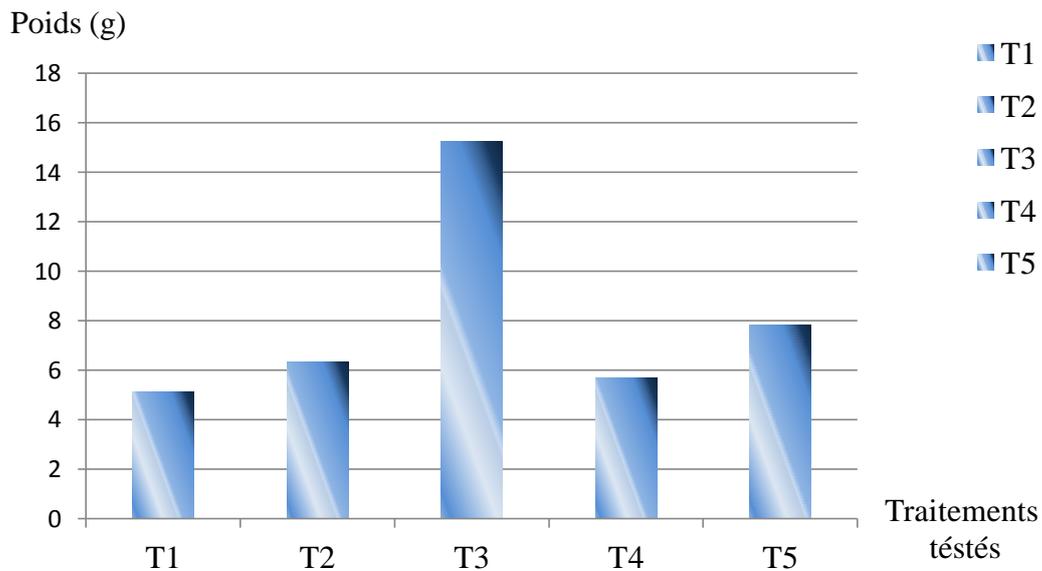


Annexe 30 : Figure de la biomasse sèche des tiges.



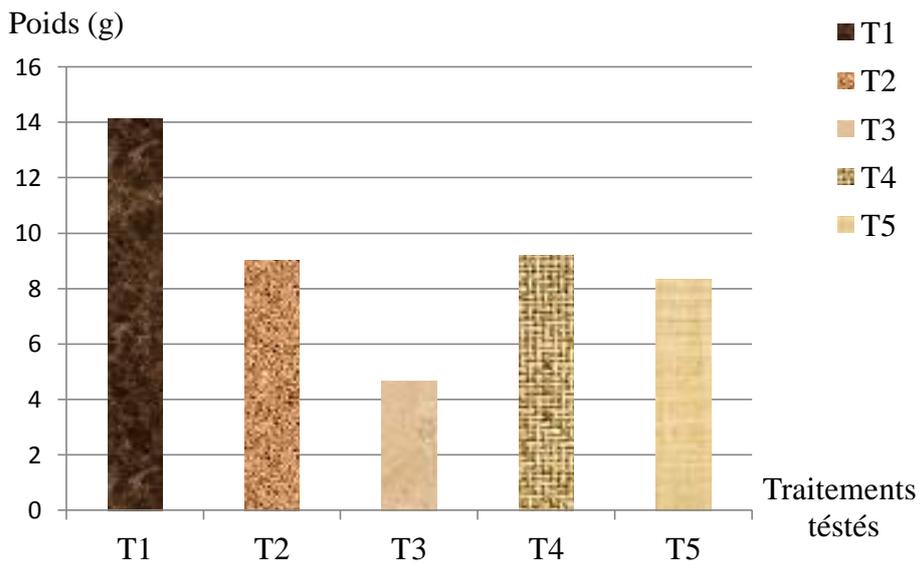
Biomasse sèche des tiges

Annexe 31 : Figure de la biomasse sèche des racines.



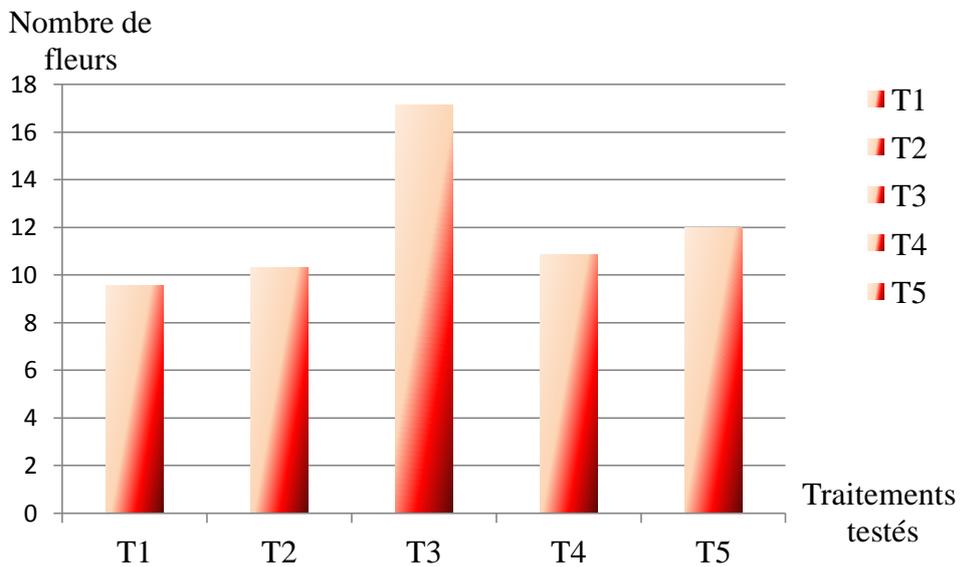
Biomasse sèche des racines

Annexe 31 : Figure de taux de matière sèche totale.



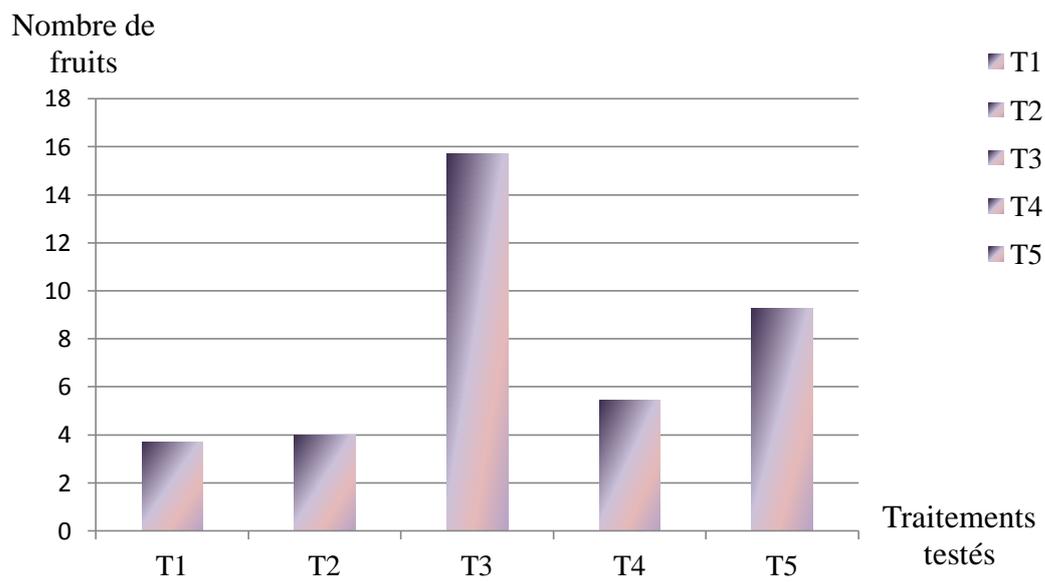
Taux de matière sèche totale

Annexe 32 : Figure de l'estimation de nombre de fleurs.



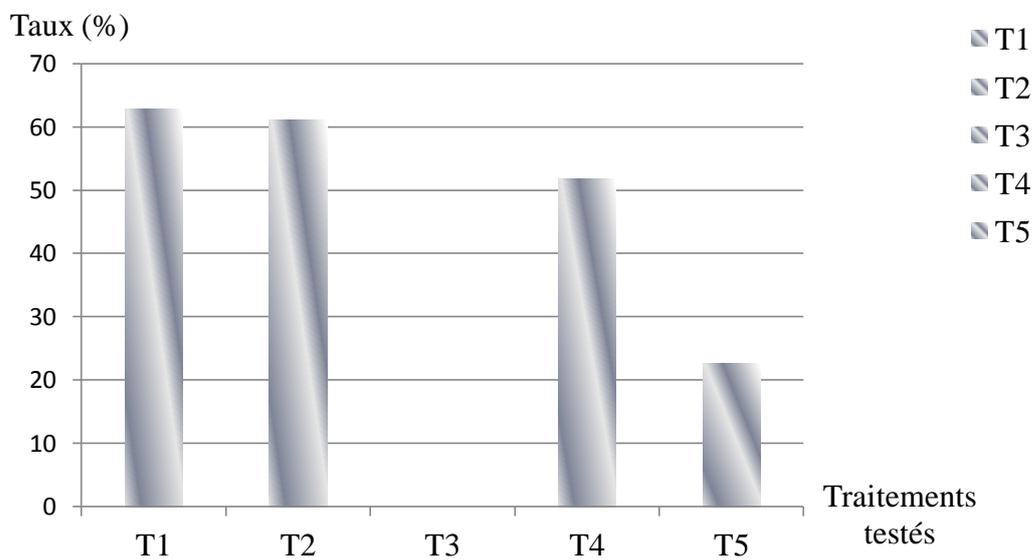
Estimation de nombre de fleurs

Annexe 33 : Figure de l'estimation de nombre de fruits produit par plant.



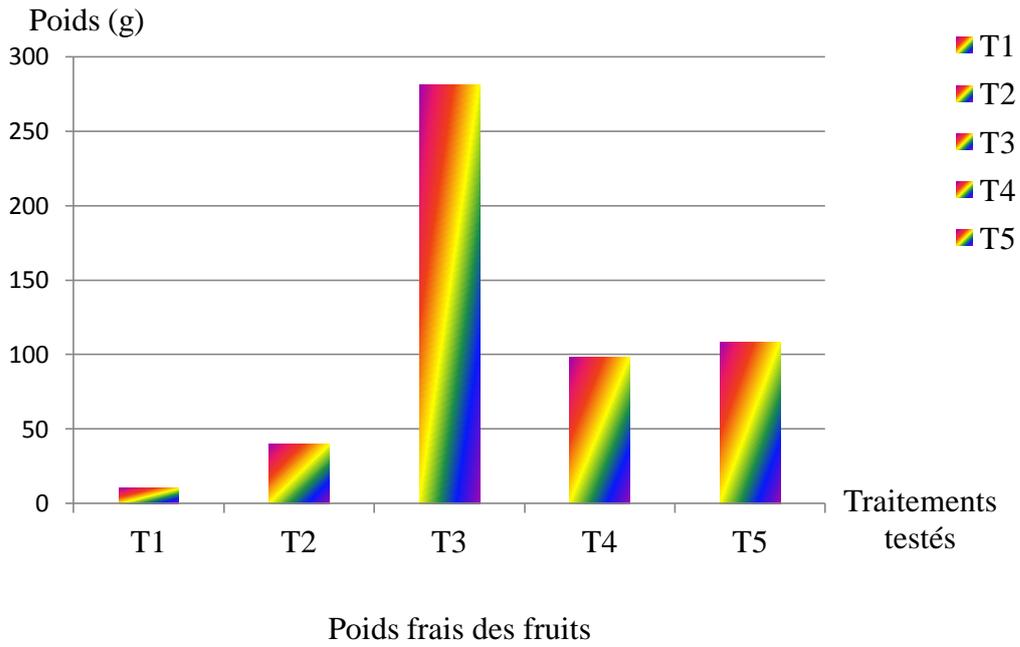
Nombre de fruits

Annexe 34 : Figure de taux d'avortement des fleurs.

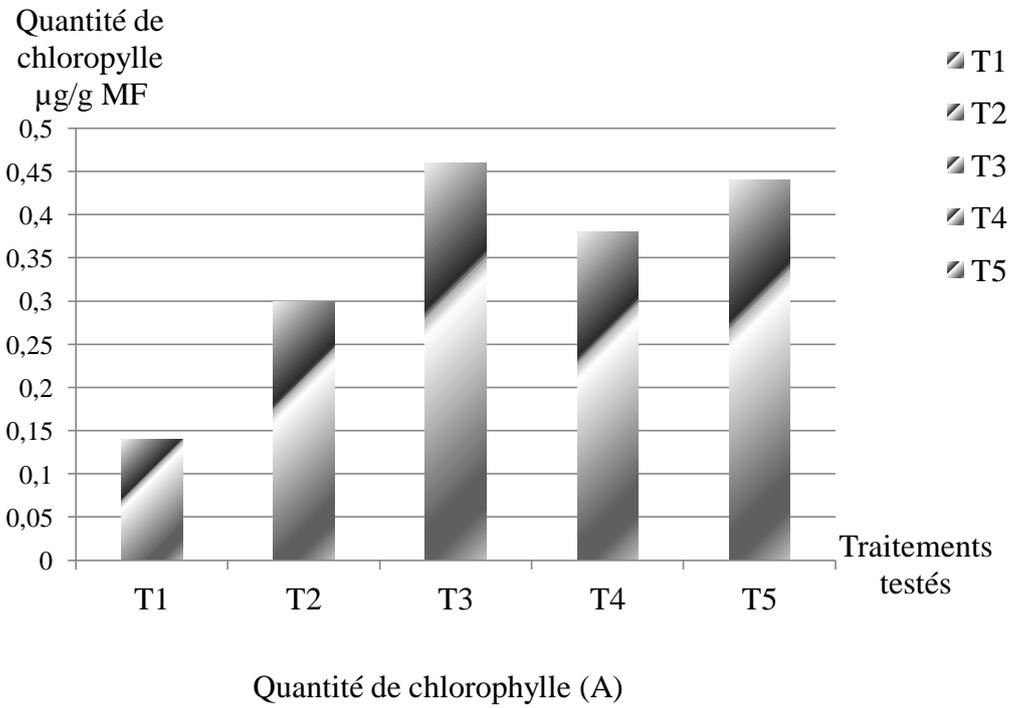


Le taux d'avortement des fleurs.

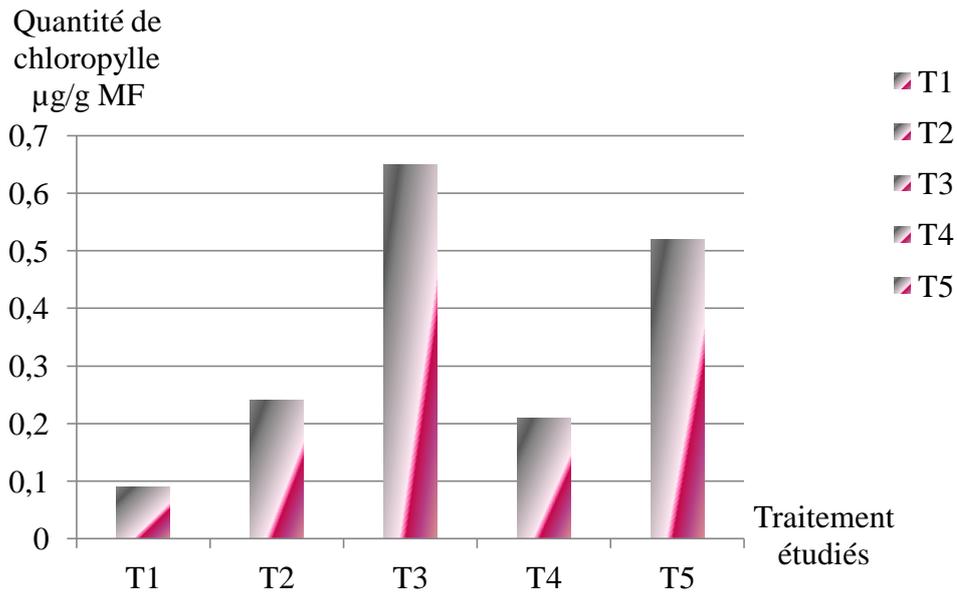
Annexe 35 : Figure de poids frais des fruits.



Annexe 36 : Figure de la quantité de chlorophylle (A).

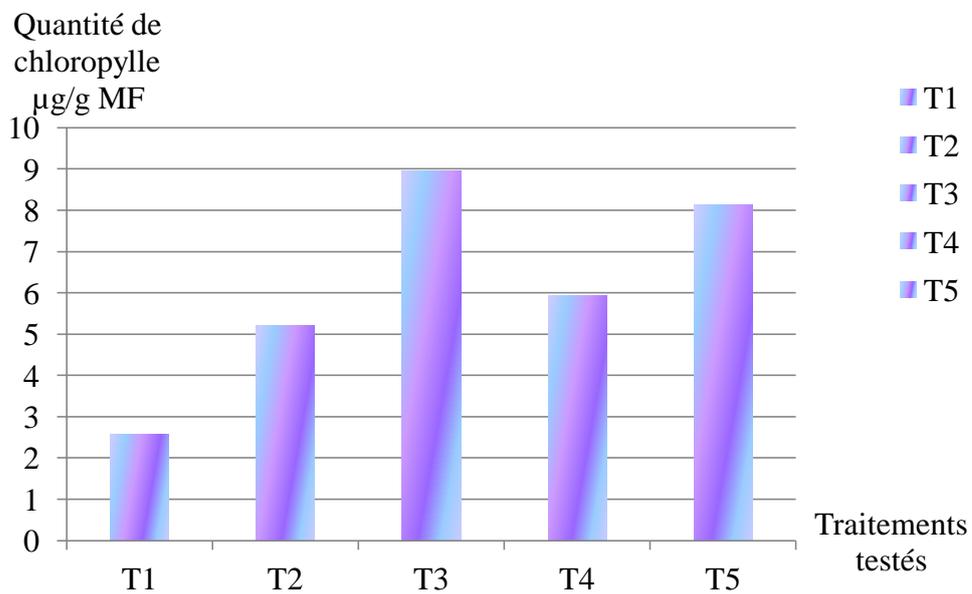


Annexe 37 : Figure de la quantité de chlorophylle (B).



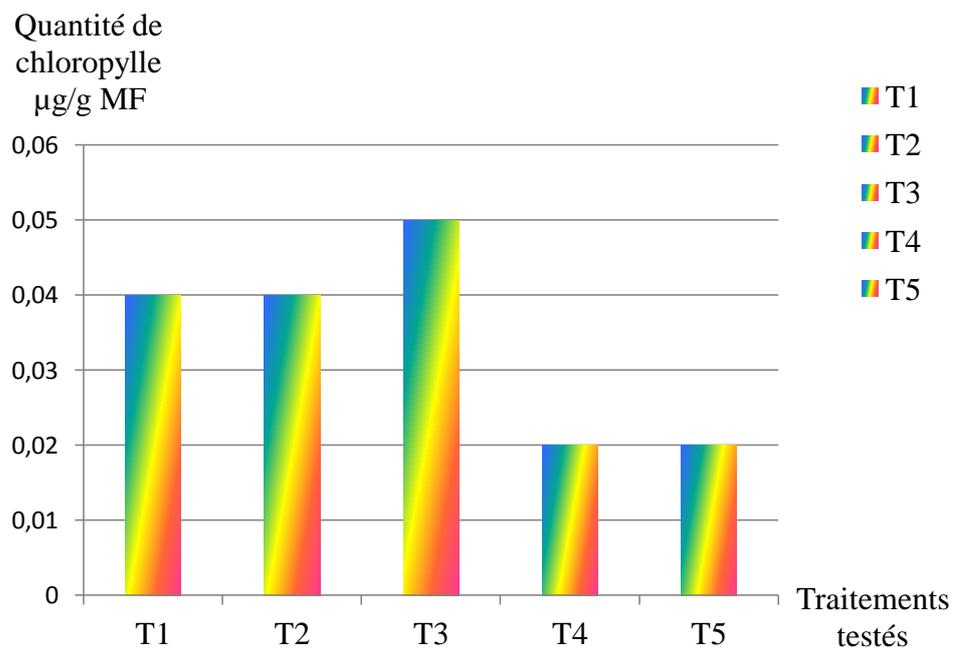
Quantité de chlorophylle (B)

Annexe 38 : Figure de la quantité de chlorophylle (C).



Quantité de chlorophylle (C)

Annexe 39 : Figure de quantité de proline.



Quantité de proline