

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA
FACULTE DES SCIENCES AGRO –VETERINAIRES ET BIOLOGIQUE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Essai de comportement de l'aubergine (*Solanum melongena*) variété blanche dans une eau non conventionnelle : Impact de la concentration et du potentiel hydrogène en hors sol

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master II

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Spécialité : Biotechnologie végétale

Présenté par : BENHELAL NADHIRA

Devant le jury composé de :

BOUTAKRABTE. L	Professeur, U.S.D. Blida	Présidente
SNOUSSI .S.A	Professeur, USD. Blida	Promoteur
ABBAD .M	MAGISTER	Examineur

ANNEE UNIVERSITAIRE 2012- 2013

Remerciements

Grâces à dieu le tout puissant qui ma donné le courage, la volonté et la santé pour terminer mes études et préparer ce mémoire.

Tous mes remerciements vont d'abords à Mr le Professeur, SNOUSSI S.A pour avoir accepté de diriger ce travail, qu'il trouve ici, l'expression de ma profonde reconnaissance, mon immense gratitude et mon grand respect, pour tous ses efforts, son savoir, ses idées, sa confiance et ses encouragements.

Mes remerciements s'adressent particulièrement à M^{me} L. BOUTAKRAPTE de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury. Qu'elle trouve ici ma reconnaissance et mon respect les plus sincères.

Je tiens également à remercier M. ABBAD MOHAM ED, de m'avoir fait l'honneur de participer au jury. Je lui exprime ma profonde gratitude pour ces précieux conseils et son orientation.

Dédicaces

Mes remerciements s'adressent particulièrement ma précieuse mère, et Mon frère Rabie

Ce travail a bénéficié du soutien de plusieurs personnes qu'il me fait plaisir de remercier, en particulier :

Mr., Zouaoui, Amine, Abd Razak, Newel, Yousef, Rakaia, Zahra, Mahdia, Fatiha.

Sans oublier l'administration de département des sciences agronomiques

Je tiens à remercier l'ensemble des personnes qui mon aidés de près ou de loin pour réaliser ce modeste travail.

Ainsi tous mes enseignants durant toute ma formation.

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 présent travail a porté sur l'évaluation de la tolérance au stress salin, en hydroponie sur une espèce cultivée : l'aubergine irriguée par cinq traitements qui se différencient par la teneur totale en sels ; du pH et de l'équilibre ionique et ce durant tout le cycle végétatif.

Une amélioration hautement significative des paramètres de croissance, de production et biochimiques (quantité de la proline et de la chlorophylle) a été constatée lors de l'irrigation des plantes par les traitements salins corrigés (T3, T4 et T5), en comparaison avec les plantes arrosées par la saline naturel(T1) et le traitement où seul le pH a été modifié à savoir le T2.

Mots clés: Salinité, Proline. Aubergine, pH, chlorophylle

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.

This work is concerned with the evaluation of the tolerance to the saline stress of two cultivated species in hydropony: (eggplant)

The study focused on the irrigation of eggplant plants by five treatments differentiates with content total of salt; pH and balance ionic throughout the growth cycle.

A highly significant improvement in growth parameters, production and biochemical quality (the amount of Proline and chlorophyll) was observed during the irrigation of plants by corrected saline treatment (T3,T4, T5) that is close to the witness, compared to plants under natural saline treatments (T1) , and which own treatment modify of pH (T2) .

Keywords: Salinity, Proline. Eggplant, pH, chlorophyll

ملخص

تعتبر ملوحة التربة و المياه مشكلة رئيسية لا سيما في المناطق الجافة و الشبه جافة لأنها تسبب أثار ضارة على النباتات و تؤدي إلى انخفاض في إنتاج المحاصيل .

هذا العمل يركز على إظهار تأثير الإجهاد الملحي عند نبتة البندجان المزروعة خرج التربة . تركزت الدراسة على ريهها بخمسة محاليل مختلفة عن بعضها في كمية الأملاح و في الضغط الهيدروجيني و أيضا في التوازن الأشاردي.

لوحظ وجود تحسن كبير جدا في مراحل النمو و الإنتاج و الجودة الفيزيولوجية (كمية الكلوروفيل و البر و لين) خلال ري النباتات بالمحاليل المالحة المصححة مقارنة بالنباتات المسقية بالمحلول الملحي و المحلول المصحح الضغط الهيدروجيني

الكلمات الدالة: الملوحة. البر و لين. البندجان الضغط الهيدروجيني , اليخضور

Table des matières

Résumé	
Remerciements	
Table des matières	
La liste des tableaux	
La liste des figures	
La liste des abréviations	
Introduction.....	1

Chapitre 1: Importance de la salinité des sols et des eaux dans le monde et en l'Algérie

1.1. Définition de la salinité	3
1.2. Origines et causes de la salinité.....	3
1.3. Types de la salinité	4
1.3.1 .Salinisation primaire.....	4
1.3.2. Salinisation secondaire	4
1.4. Effet des sels sur le sol	5
1.4.1. Mouvement des sels dans le sol	6
1.5. Salinisation des eaux.....	6
1.5.1. Origine des eaux salines	7
1.5.2 .Classification des eaux salées	7
1.5.3. Utilisation des eaux salines	7
1.6. Répartition de la salinité	8
1.6.1. Salinité en Algérie.....	9
1.6.2. La salinité dans le monde	10
1.7. Comportement des plantes cultivées dans un environnement salin ou zone aride.....	11
1.7.1. Réponse des plantes à la salinité.....	12
1.7.2. Différentes méthodes de lutte contre la salinité.....	13

Chapitre 2:

Notions générales sur la culture hors –sol

2.1. Définition de la culture hydroponique.....	14
2.2. Historique.....	14
2.3. Les objectifs de la culture hydroponie	15
2.4. Les avantages de la culture hydroponique	15
2.5. Les inconvénients de la culture hydroponique	16
2.6. Les composantes de l'hydroponie	16
2.6.1. Le substrat	16
2.6.1.1. Critères de choix d'un substrat.....	16
2.6.1.2. Classification des substrats	17
a. Milieu fluide (absence de substrat)	17
a.1. Système N.F.T (Nutrient film technique)	17
a.2. Aquiculture	17
a.3. Aéroponique	18
b. Milieu solide (avec substrat)	18
b.1. Subirrigation	18
b.2. Percolation	18
2.6.1.3. Classification des substrats.....	19
c. Classification selon la nature des matériaux.....	19
c.1. D'origine minérale.....	19
c.2. D'origine organique.....	19
c.3. Classification selon les propriétés de matériaux.....	19
2.6.2. Conteneurs.....	19
2.6.2.1. Caractéristiques idéales des conteneurs	20
2.6.2.2. Conditions de réussite des cultures en conteneurs	20
2.7. Solution nutritive	20
2.7.1. Définition.....	20
2.7.2. Contrôles de la solution nutritive	21
2.7.3. Le pH	21
2.7.4. La conductivité électrique.....	22
2.7.5. L'équilibre ionique	23

Chapitre 3: Etude de la plante

3.1. Origine de la plante.....	24
3.2. Classification de la plante.....	24
3.3. Description botanique de la plante... ..	25
3.3.1 Les fleurs.....	25
3.3.2. Les fruits.....	25
3.3.3. Les graine :.....	26
3.3.4. Les tiges et la face supérieure des feuilles	26
3.3.5. Le système racinaire.....	26
3.4. Principaux variétés cultivées... ..	26
3.4.1. Violette longue hâtive.....	26
3.4.2. Violette longue –race CAMINAL.....	26
3.4.3. Aubergine impérial black beauty.....	27
3.4.4. Aubergine GOYO –KUMBA... ..	27
3.5. Les exigences de la plante	27
3.5.1. Les exigences climatiques.....	27
3.5.1.1. La température.....	27
3.5.1.2. Hygrométrie.....	27
3.5.1.3. Luminosité.....	28
3.5.1.4. Le sol.....	28
3.5.2. Les exigences nutritionnelles.....	28
3.6. Les modes de culture	28
3.6.1. Culture de primeurs	29
3.6.2. Culture de saison	29
3.6.3. La culture d’arrière saison	29
3.7. Les maladies cryptogamiques de l’aubergine.....	30
3.7.1. Pourriture grise.....	30
3.7.2. Oïdium.....	30
3.7.3. La verticilliose.....	30
3.7.4. Mildiou	31
3.7.5. Les aleurodes ou la mouche blanche.....	31

3.7.6. Les Acariens	32
3.8. Les accidents physiologiques.....	32
3.9. Les principaux travaux d'entretien	33
3.9.1. Arrosage	33
3.9.2. Désherbage.....	33
3.9.3. La taille	33
3.9.4. Binages et buttage	33
3.9.5. Tuteurage	33
3.10. La récolte	33
3.11. Importance économique	34
3.11.1. L'aubergine dans le monde	35
3.11.2. L'aubergine en Algérie.....	35

Chapitre 4 : Matériel et méthodes

4.1. Matériel Végétal Utilisé.....	37
4.2. Objectif de l'expérimentation.....	37
4.3. Condition expérimentales	37
4.3.1. Lieu de l'expérience.....	37
4.3.2. Substrat	39
4.3.3. Conteneurs	39
4.3.4. Dispositif expérimental.....	39
4.3.5. Les différents traitements ayant constitué notre dispositif expérimental.....	41
4.3.6. Essai de germination	41
4.3.7. Semis et repiquage	41
4.4. Synthèse des différents traitements.....	43
4.4.1. Caractéristiques de l'eau utilisée pour la synthèse des traitements et Correction	43
4.4.2. Solution nutritive standard	45
4.4.2.1. Quantités et ordre de dissolution des éléments	45
4.5. Description des différents traitements.....	46
4.5.1. Quantités et ordre de dissolution des sels (T1).....	47

4.5.2. Quantités et ordre de dissolution des sels (T2).....	47
4.5.3. Quantités et ordre de dissolution des sels de la solution nutritive (T3).....	48
4.6. Entretien de la culture	51
4.6.1. Irrigation.....	51
4.6.2. Traitements phytosanitaires	51
4.6.3. L'ébourgeonnage	52
4.7. Paramètres morphologiques.....	52
4.8. Paramètres de production.....	53
4.9. Dosage des paramètres physiologiques.....	54

Chapitre 5 : Résultats et discussions

5.1. Paramètres de croissance :

5.1.1. Aspect général des plantes.....	56
5.1.2. La vitesse de croissance des plantes.....	58
5.1.3. Hauteur finale des plantes [cm]	60
5.1.4. Diamètre des tiges.....	61
5.1.5. Nombre de feuilles.....	62
5.1.6. La surface foliaire (cm ²).....	63
5.1.7. Biomasse fraîche totale [g]	64
5.1.8. Biomasse fraîche des feuilles[g].....	65
5.1.9. Biomasse fraîche des tiges [g].....	66
5.1.9. Biomasse fraîche des racines [g].....	68
5.1.10. Longueur des racines [cm]	69
5.1.11. Biomasse sèche totale [g]	70
5.1.12. Biomasse sèche des feuilles [g]	71
5.1.13. Biomasse sèche des tiges [g].....	72
5.1.14. Biomasse sèche des racines [g].....	73
5.1.15. La matière sèche totale [%].....	74
5.1.16. La matière sèche des feuilles [%].....	75
5.1.17. La matière sèche des tiges [%]	77

5.2. Paramètres de rendements

5.2.1. Nombre de fleurs par plant:.....	78
--	----

5.3. Les paramètres physiologiques

5.3.1. Taux de proline dans les feuilles de la plante [$\mu\text{g/g MF}$].....	79
--	----

5.3.2. Taux de la chlorophylle (A) [$\mu\text{g/g MF}$].....	80
---	----

5.3.3. Taux de la chlorophylle (B) [$\mu\text{g/g MF}$].....	81
---	----

5.3.4. Taux de la chlorophylle (C) [$\mu\text{g/g MF}$].....	82
---	----

5.4. Classements des performances des paramètres biométriques, et de production, et physiologiques	84
---	----

Conclusion	85
-------------------------	----

Références bibliographiques

La liste des tableaux

Tableau 1 : Classification des eaux salines.....	7
Tableau 2 : Localisation géographique de la salinité dans certaines wilayas.....	9
Tableau 3 : Pourcentage des terres irriguées atteintes par la salinisation dans certains pays	10
Tableau 4 : Superficies affectées par la salinité dans le monde	11
Tableau 5 : Tolérance relative de quelques plantes cultivées à la salinité du sol.....	13
Tableau 6 : Composition de l'aubergine (teneurs pour 100gramme).....	25
Tableau 7 : Les apports des éléments en plein champ en Kg /ha	28
Tableau 8 : Les apports en sol sous abri en Kg/h	29
Tableau 9 : Les rendements sont en moyenne de 25 t/h	34
Tableau 10 : Statistique de la ministre d'agriculture en 2012 de l'aubergine en Algérie.....	35
Tableau 11 : Moyennes des températures par semaine enregistrées sous serre en(C°).....	38
Tableau 12 : Teneurs des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida	44
Tableau 13 : Composition de l'eau de Blida en meq /l.....	45
Tableau 14 Eau de Blida corrigée en meq /l.....	45
Tableau 15 : Eau d'oued Chélif naturelle reconstituée avec l'eau de Blida (T1) en meq /l .pH =7 .52.....	46
Tableau 16 : Eau d'oued Chélif naturelle reconstituée avec l'eau de Blida en meq/l .pH =5.8.	46
Tableau 17 : Eau d'oued Chélif corrigé, reconstituée avec l'eau de Blida en meq / l avec un (pH = 5.5-5.8).....	47
Tableau 18 : Composition des solutions complémentaires d'oligo-éléments A et B	49
Tableau 19 : Doses et fréquence nécessaires pour la culture de l'aubergine.....	51
Tableau 20 : Programme des traitements phytosanitaires réalisés en alternance.....	60
...	60

Tableau 21 : Hauteur moyenne des tiges en (cm).....	
Tableau 22 : Accroissement des paramètres mesuré (hauteur des tiges) en fonction des traitements salé naturel (T1).....	61
Tableau 23 : Diamètre des tiges en (mm).....	61
Tableau 24 : Accroissement des paramètres mesuré (Diamètre des tiges en (mm)) en fonction des traitements salé naturel.....	62
Tableau 25 : Nombre de feuilles.....	62
Tableau 26 : Accroissement des paramètres mesuré (Nombre de feuilles) en fonction des traitements salé naturel	63
Tableau 27 : La surface foliaire des plantes.....	63
Tableau 28 : Accroissement des paramètres mesuré (La surface foliaire) en fonction des traitements salé naturel	64
Tableau 29 : Biomasse fraîche totale en [g]	64
Tableau 30 : Accroissement des paramètres mesuré (Biomasse fraîche totale) en fonction des traitements salé naturel	65
Tableau 31 : Biomasse fraîche des feuilles en [g]	66
Tableau 32 : Accroissement des paramètres mesuré (Biomasse fraîche des feuilles) en fonction des traitements salé naturel.....	66
Tableau 33 : Biomasse fraîche des tiges [g]	67
Tableau 34 : Accroissement des paramètres mesuré (Biomasse fraîche des tiges) en fonction des traitements salé naturel	67
Tableau 35 : Biomasse fraîche des racines [g]	68
Tableau 36 : Accroissement des paramètres mesuré (Biomasse fraîche des racines) en fonction des traitements salé naturel	68
Tableau37 : Longueur des racines [cm]	69

Tableau 38 : Accroissement des paramètres mesuré (Longueur des racines) en fonction des traitements salé naturel	70
Tableau 39 : Biomasse sèche totale [g]	70
Tableau 40 : Accroissement des paramètres mesuré (Biomasse sèche totale) en fonction des traitements salé naturel	70
Tableau 41 : Biomasse sèche des feuilles [g]	72
Tableau 42 : Accroissement des paramètres mesuré (Biomasse sèche des feuilles) en fonction des traitements salé naturel.....	72
Tableau 43 : Biomasse sèche des tiges [g]	73
Tableau 44 : Accroissement des paramètres mesuré (Biomasse sèche des tiges) en fonction des traitements salé naturel	73
Tableau 45 : Biomasse sèche des racines [g]	73
Tableau 46 : Accroissement des paramètres mesuré (Biomasse sèche des racines) en fonction des traitements salé naturel	74
Tableau 47 : La matière sèche totale [%].....	75
Tableau 48 : Accroissement des paramètres mesuré (La matière sèche totale) en fonction des traitements salé naturel corrigé	75
Tableau 49 : La matière sèche des feuilles [%].....	76
Tableau 50 : Accroissement des paramètres mesuré (La matière sèche des feuilles) en fonction des traitements salé naturel corrigé	76
Tableau 51 : La matière sèche des tiges [%].....	77
Tableau 52 : Accroissement des paramètres mesuré (La matière sèche des tiges) en fonction de traitement salé naturel corrigé	77
Tableau 53 : Nombre de fleurs par plant.....	78
Tableau 54 : Accroissement des paramètres mesuré (Nombre de fleurs par plant) en fonction des traitements salé naturel	78

Tableau 55 : Taux du proline dans les feuilles de la plante [$\mu\text{g/g MF}$].....	79
Tableau56 : Accroissement des paramètres mesuré (Taux du proline) en fonction des traitements salé naturel.....	79
Tableau 57 : Taux de la chlorophylle (A) [$\mu\text{g/g MF}$].....	80
Tableau 58 : Accroissement des paramètres mesuré (Taux de la chlorophylle (A)) en fonction des traitements salé naturel.....	80
Tableau 59 : Taux de la chlorophylle (B) [$\mu\text{g/g MF}$].....	81
Tableau60 : Accroissement des paramètres mesuré (Taux de la chlorophylle (B)) en fonction des traitements salé naturel	81
Tableau 61 : Taux de la chlorophylle (C) [$\mu\text{g/g MF}$].....	83
Tableau 62 : Classements des performances des paramètres biométriques.....	84
Tableau 63 : Classements des performances des paramètres de production	84
Tableau 63 : Classements des performances des paramètres de production	84

La liste des figures

Figure 01 : schéma du dispositif expérimental.....	40.
Figure 02 : dispositif expérimentale réel	40
Figure 03 : aspect générale des graines de l'aubergine avant et après la germination.....	41
Figure 04 : aspect générale des jeunes plantules de l'aubergine après le repiquage	42
Figure 05 : jeunes plantules après le démariages.....	42
Figure 06 : aspect générale des jeunes plantules de l'aubergine irriguée par la solution nutritive.....	43
Figure 07 : stade végétatif en début de traitement	43
Figure 08 : aspect général des plantes de l'aubergine alimentés par différents traitements	56
Figure 09 : aspect général des plantes de l'aubergine alimentés par traitement saline naturelle T1, comparés au corrigées T3.....	57
Figure 10 : la comparaison entre les plantes irriguées par le traitement saline corrigé et sa dilution de 20 % et 40% (T4.T5).....	57
Figure 11 : la comparaison entre le traitement saline naturel (T1) et le traitement saline corrigé le pH (T2)	58
Figure12 : vitesse de croissance des plantes en (cm/j).....	58
Figure 13 : les racines de différents traitements.....	
Schéma N° 1 : Schéma de la constitution du traitement T4.....	50
Schéma N° 2 : Schéma de la constitution du traitement T5.....	50

La liste des abréviations

- CE** : conductivité électrique
- pH** : potentiel hydrogéné
- S.A.U** : surface agricole utile
- T°** : la température
- I.T.C.M.I** : institut technique des cultures maraichères et industrielles
- T1. T2. T3. T4.T5** : les traitements
- P1.P2. P3. P4. P5. P6. P7** : les plantes ou les observations
- UV** : ultra violet
- Chl (A), Chl (B), Chl (C)** : chlorophylles
- DO** : la densité optique
- MF** : matière fraîche
- % MS** : taux de matière sèche
- W** : le poids de matière fraîche de l'échantillon
- V** : volume de solution extraite
- %** : pourcent
- °C** : degré de Celsius
- cm** : centimètre
- g** : gramme
- ha** : hectare
- meq** : milliéquivalent
- mm** : millimètre
- µg / g MF** : microgramme par gramme de matière fraîche

Introduction

L'eau est un élément indispensable pour la vie des êtres vivants. Il couvre environ 75% de notre planète, mais la majeure partie de cette eau est non conventionnelle, parce qu'elle présente une concentration élevée en sel. Cependant l'eau douce constitue le principal facteur qui limite l'extension et l'intensification de l'agriculture.

Dans les zones sèches et arides où la pluviométrie est variable et insuffisante, l'agriculteur a adopté des pratiques d'irrigation. De ce fait, il a utilisé des eaux contenant du sel. Avec le temps, les sels s'accumulent et provoquent la salinisation des sols. [Denden et al 2005].

La salinité excessive affecte la rhizosphère et limite la répartition des plantes dans leur habitat naturel. Le fort ensoleillement et les rares pluies dans les régions semi arides et arides qui représentent un tiers de la surface du globe, accentuent la salinisation des périmètres irrigués et les rendent impropres aux cultures [Denden et al 2005].

Ce phénomène affecte près de 7% de la surface globale dans le monde. L'Algérie se situe parmi les pays touchés, presque 3,2 millions d'hectares de la surface sont salins [Djerroud et al 2010].

En Algérie, ces problèmes sont particulièrement importants dans les régions où les eaux d'irrigations renferment des quantités excessives de chlorures de sulfates et du sodium qui peuvent atteindre 2g/l.

A l'échelle de la plante entière, les ions chlorures, sodique, sulfates et magnésiens entrent par les racines, sont véhiculés par la sève xylémique jusqu'aux tiges et feuilles. Là, ils sont soit stockés (plantes inclusives), soit au contraire très peu retenus et mobilisés par la sève phloémique jusqu'aux racines (plantes exclusives).

La salinité diminue le potentiel osmotique de la solution du sol et réduit par conséquent l'absorption de l'eau par les racines. La turgescence cellulaire est abaissée ce qui entraîne un phénomène de plasmolyse. Certains végétaux régulent leur pression osmotique interne par la synthèse d'osmoprotecteurs, principalement des sucres

solubles et acides aminés comme la proline et la glycinebétaine. La synthèse de proline est une mesure adaptative prise par les plantes et sa teneur est corrélée à la tolérance aux sels nocifs [Cheikh et al 2008].

La culture hors sol est l'une des technologies modernes utilisées aujourd'hui en horticulture pour valoriser les terrains affectés par la salinité.

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

En pratiquant un cycle d'irrigation composé de cinq traitements (traitement saline naturelle, traitement saline corrigé, traitements saline dilué 20% et 40 %

Chapitre 1:

Importance de la salinité des sols et des eaux dans le monde et en l'Algérie

1.1. Définition de la salinité :

La salinité est la teneur du sol en sels solubles préjudiciables à la production végétale. d'une façon générale, il y a salinité, chaque fois que la présence des sels vient modifier la vie végétale ou les caractéristiques des sols. (DE, FORGES, 1972)

On peut définir la salinité comme étant la concentration de la solution nutritive s'exprimant en grammes de sels par litre d'eau. Elle est couramment contrôlée par la mesure de la conductivité électrique que les sels dissociés sous forme ioniques confèrent à la solution. Elle s'exprime alors en milli siemens. (BRUN, MONTARON, 1987)

La salinité est définie conventionnellement comme poids en grammes des composés solides séchés à poids constant à 480C°, obtenu à partir de 1Kg d'eau de mer. (RODIER, 1984)

1.2. Origines et causes de la salinité :

D'après DE FORGES, (1972) ; en premier lieu, la salinité est due à la présence des horizons supérieurs du sol qui sont salés avant toute intervention humaine. En second lieu elle provient de l'emploi d'eau salée sur des sols initialement sains.

Selon CHERAFA (2010) ; Les sols salés résultent du processus pédologique selon lequel le sol s'enrichit anormalement en sels solubles, acquérant ainsi le caractère salin.

L'origine de la salinisation est due à l'aridité du climat (forte évaporation de l'eau du sol), la topographie et l'hydrologie du terrain, les caractéristiques physicochimiques et les techniques d'aménagement des sols et des eaux.

D'après GAUCHER et BURDIN (1974) ; notent que, la salure peut avoir trois origines distinctes :

- Salure d'origine marine : Peut être provoquée par le contact de la mer.
- Salure d'origine continentale ou géologique : elle peut provenir de couches sédimentaires salifères.
- Salure d'origine volcanique : elle peut se rattacher à certaines manifestations, généralement posthumes, du volcanisme.

1.3. Types de la salinité :

1.3.1 .Salinisation primaire :

Selon SNOUSSI. (2001) ; elle est due principalement aux sels, à leur origine et au processus d'altération des roches. La migration et le dépôt de ces sels solubles dépendent de l'intensité des précipitations et de leurs répartitions.

Le degré de porosité du sol et d'autres caractéristiques du milieu naturel dans les régions arides et semi-arides est influencé par un climat chaud, caractérisé par une évaporation intense qui favorise le dépôt du sel dans le sol.

Selon CHERAFA (2010) ; La salinisation primaire est due à l'origine géologique du sol et sa formation.

Souvent il se produit autour des marges naturelles grâce à l'accumulation des sels provenant des roches salines qui sont attaquées par l'eau. A cause de la capillarité l'eau remonte vers la surface du sol, après l'évaporation de l'eau le sol devient salin.

1. 3.2. Salinisation secondaire :

Selon DE.FORGES, (1972) ; La salinisation secondaire provient de l'emploi d'eau salée sur des sols initialement sains. Il est aisé de comprendre que si, le sol reçoit, par irrigation et par pluie, la quantité d'eau correspondant exactement à la consommation des végétaux et, à l'évaporation du sol, les sels que la végétation n'absorbent pas s'accumuleront, car une eau d'irrigation, qu'elle soit de surface ou de profondeur, est toujours minéralisée ne serait ce que très faiblement.

La salinisation secondaire est une contamination du sol, par des apports extérieurs. Parmi ces apports, on trouve :

Des eaux chargées de sels solubles, soit des eaux de la nappe phréatique salée, soit l'irrigation par des eaux plus au moins salines.

Les effets résultants de cette accumulation de sels se manifestent de la même manière que pour la salinité primaire. (CHERAFA (2010).

Les eaux salées utilisées faiblement peuvent conduire une salinisation des sols. Le cas s'est produit où l'application en trop faibles quantités d'eaux salines a une accumulation de sels dans le sol, gênante pour les cultures. (DURAND, (1983)

1.4. Effet des sels sur le sol :

D'après EILERS et al, (1992) ; La présence dans le sol de fortes teneurs en sel réduit la capacité de croissance des cultures et diminue les rendements en raison de la présence des sels solubles qui en s'accumulant provoquent une détérioration des conditions physiques du sol.

L'accumulation de ces sels et en particulier le sodium détériorent la structure du sol, car la présence des quantités excessives de sodium favorise la dispersion et le gonflement des argiles, le sol devient alors imperméable à l'air et à l'eau, l'infiltration et la conductivité décroissent dans des proportions telles que l'eau ne circule pratiquement plus ou pas de tout. A l'état humide, le sol est plastique, en séchant il devient dur, difficile à travailler et une croûte se forme à la surface.

D'après EILERS et al, (1992) ; indiquent qu'il est possible de repérer les sols salinisés avant que le problème ne soit grave et cela par quelques signes précurseurs :

- Croissance soudaine des cultures, d'où des rendements élevés
- Augmentation de l'humidité du sol, au point de rendre les lieux inaccessibles
- Apparition de mauvaises herbes tolérantes au sel parmi les plantes cultivées

Les signes deviennent plus évidents à mesure que la teneur en sel augmente :

- Croissance irrégulière des cultures et manque de vigueur des plantes
- Croûtes blanches en surface

- Formation de point et de stries de couleur blanche sur le sol, même en l'absence de croute en surface
- Présence de végétation naturelle tolérante au sel

1.4.1. Mouvement des sels dans le sol :

Les sels solubles présents dans les sols sont mobiles et vont se déplacer sous l'action de divers processus. Les sels les plus mobiles sont évidemment les plus solubles, leurs mouvements sont conditionnés par l'eau qui imprègne le terrain et les mouvements qu'elle subit, mais ils dépendent aussi d'autres phénomènes qui ne sont pas encore nettement mis en évidence. (DURAND, (1983))

1.5. Salinisation des eaux :

Nous devons une grande partie de notre nourriture à l'irrigation mais un dixième environ des terres irriguées de la planète sont endommagées par le sel.

La salinisation des eaux réduit les superficies irriguées du monde de 1 à 2% par an et frappe le plus durement les régions arides et semi-aride (WARRENCE. et al, (2002))

La plupart des eaux d'irrigation sont d'une qualité bonne à excellente et ne présentant pas de contraintes sérieuses de salinité. Le contrôle de la salinité devient cependant plus difficile avec une eau plus médiocre. Les sels solubles contenus dans les eaux souterraines ou superficielles sont susceptibles de contaminer les sols par l'accumulation des produits solubles dans le milieu poreux ainsi que par une modification du complexe adsorbant. Il en résulte une transformation profonde des propriétés physiques et chimiques du sol, avec pour conséquence la création d'un milieu stérile vis-à-vis de la production agricole.

L'irrigation en faite ne fait qu'aggraver ce problème. En effet les sels sont apportées dans le sol à chaque irrigation, la culture prélève dans le sol ses besoins en eau en laissant sur le sol une solution très concentrée en sel. Cette concentration sera encore très importante par l'irrigation suivante. (BEN MECHLIA, (2001))

1.5.1. Origine des eaux salines :

Parmi les différentes origines des eaux salines existantes, RHOADES, al (1992) ; soulignent que dans l'utilisation agricole pratique, une source commune de l'eau saline est celle des eaux souterraines qui peut être naturelle ou induite par l'homme :

- L'eau dans les couches sédimentaires devient de plus en plus saline avec l'augmentation de la profondeur, car en surface on trouve l'eau riche en sulfates, à un niveau intermédiaire, l'eau riche en bicarbonates et à une plus grande profondeur, l'eau concentrée en chlorure
- La surexploitation des eaux est un autre mécanisme par lequel les eaux souterraines pourraient devenir saumâtres, dans le cas où l'eau saline sous-jacente se trouve à proximité de l'eau douce qui par migration ascendante envahit les puits, tel est le cas aux États-Unis où plus de deux tiers de la région continentale ont été touchés.
- L'utilisation des eaux de drainage pour l'irrigation constitue une source de salinisation, car son niveau de salinité augmente après chaque réutilisation.

1.5.2 .Classification des eaux salées :

Tableau 1. : Classification des eaux salines

Classe de l'eau	Conductivité électrique ds/m	Concentration en sels (mg/l)	Type d'eau
Non salée	<0,7	<500	Eau potable et irrigation
Légèrement salée	0,7 -2	500 -1500	Eau irrigation
Moyennement salée	2-10	1500-7000	Eau souterraine et drainage primaire
Fortement salée	10-25	7000-15000	Eau souterraine et drainage secondaire
Très fortement salée	25-45	15000-35000	Eau souterraine très Salin
Eau salée	>45	>35000	Eau de mère

1.5.3. Utilisation des eaux salines :

L'utilisation des eaux salines et de qualité médiocre ainsi que le recyclage des eaux de drainage est important quant à l'approvisionnement en eau de bonne qualité pour l'irrigation est limitée et elle est l'un des moyens efficace pour réduire la pollution de l'eau. Cette utilisation doit être judicieuse et raisonnée.

Aux Etats-Unis, les eaux salines ont été employées avec succès pour l'irrigation pendant des périodes de 75 à 100 ans dans plusieurs secteurs de sud –ouest.

Le gouvernement Egyptien a lancé la politique d'employer l'eau de drainage depuis des années d'une conductivité électrique de 4.5 ds/m après qu'elle soit mélangé avec l'eau du Nil pour avoir une eau d'irrigation de 1.0 ds/m. En l'an 2000, cette utilisation a atteint 7 milliards de m³. L'eau saline de rivière de Medjerda e Tunisie d'une conductivité électrique de 3.0 ds/m est employée avec succès pour irriguer le palmier dattier, le sorgho, l'orge, la luzerne, le seigle et les arachides. (RHOADES, et al. (1992).

1.6. Répartition de la salinité :

1.6.1. Salinité en Algérie :

En Algérie près de 95 % du territoire national est représenté par la zone aride.

Par conséquent, la majorité des sols sont potentiellement affectés par le sel. HALITIM, (1988)

Les données actuelles se résument dans le bassin méditerranéen à 16 millions d'hectares de sols salés dont 3.2 millions en Algérie HAMDY, (1999)

Selon CHERAFA (2010) ; l'Algérie est un pays de sels, et le plus souvent d'origine sédimentaire.

D'après DAOUD et HALITIM (1994) ; ajoutent qu'en Algérie la salinisation secondaire à la suite de l'irrigation avec des eaux diversement minéralisées a entraîné une extension de la salure dans de nombreux périmètres irrigués.

Selon CHERAFA (2010) ; en Algérie les sols salés occupent de grandes étendues et ils sont particulièrement localisés dans les zones sèches.

Le phénomène de salinisation du périmètre irrigué constitue une menace grave. Dans dix pays de la méditerranée, le pourcentage des terres irriguées atteintes par la salinisation est en effet significatif. Ce pourcentage se situe entre 10 et 15% pour l'Algérie. CHERAFA (2010).

Tableau2. : Localisation géographique de la salinité dans certaines wilayas

Wilaya	S.A.U (ha)	Superficie affectée par Salinité de la S.A.U en (ha)	Pourcentage de la S.A.U affecté par la Salinité %
Tamanrasset	2510	1445	57.57
Ouargla	17390	9850	56.64
Ghardaïa	7930	3284	41.41
Bechar	13250	2249	16.97
Illizi	570	60	10.53
Djelfa	67760	6250	9.22
Relizane	241670	20000	8.28
Ain Temouchent	18350	15000	8.14
Tébessa	231750	13000	5.61
Adrar	14990	780	5.20
Biskra	151530	7272	4.80
Khanchela	177900	4480	2.52
Mascara	328740	6475	1.97
Alger	7940	150	1.89
Mostaganem	131730	1977	1.50
Naama	4150	62	1.49
Laghouat	53880	800	1.48
Batna	487740	5100	1.05
Oran	85860	850	0.99
Cheliff	188620	1490	0.79
Guelma	183860	1283	0.70
Mila	22150	100	0.45
Boumerdes	72090	192	0.27
Saida	306480	700	0.23
Tipaza	615340	472	0.08

CHERAFA (2010).

1.6.2. La salinité dans le monde :

DURAND [1983] ; note que les sols salés se rencontrent dans toutes les parties du monde. Ils ont un caractère azonal. Ils se trouvent non seulement dans les milieux arides et semi-arides mais aussi dans les milieux subhumides et même humides.

La salinité du sol est le problème le plus répandu et constitue un facteur limitant pour la production des cultures irriguées. Elle intéresse environ un milliard d'hectares dans le monde situés principalement dans les régions arides et semi arides. Vingt millions d'hectares sont atteints par la salinité correspondent à 27% de la surface irriguées affectés par un excès de sel. (LASRAM, (1995)

Actuellement dans le monde, sur les 280 millions d'hectares irrigués, 27% sont affectés par la salinisation secondaire, et 50% sont menacés ; (CHERAFA (2010)).

Tableau3 : Pourcentage des terres irriguées atteintes par la salinisation dans certains pays.

Pays	% de terres atteintes	Pays	% de terres atteintes
Algérie	10-15	Inde	27
Egypte	30-40	Iran	<30
Sénégal	10-15	Iraq	50
Soudan	< 20	Etats unies	20-25
Jordanie	16	Pakistan	<40
Colombia	20	Seri Lanka	13
Peru	12	Syria	30-35
La Chine	15		

CHERAFA (2010)

Les sols affectés par la salinisation existent sous climat aride et semi-aride.

Plus de 100 pays souffrent de la salinité, les sols salins couvrent environs 955 millions d'hectares, l'estimation des dommages de la salinité varie entre 25 et 60 %. (CHERAFA, (2010)

Tableau 4: Superficies affectées par la salinité dans le monde

Région	Millions d'hectares	Région	Millions d'hectares
Afrique	80.50	Australie	357.30
Europe	50.80	Mexique et Amérique centrale	2.00
Amérique du sud	129.20	Asie du sud-est	20.00
Amérique du nord	15.70	Asie centrale et du nord	211.70
Asie du sud	87.60		
Total		954.80	

CHERAF A (2010)

1.7. Comportement des plantes cultivées dans un environnement salin ou zone aride :

1.7.1. Réponse des plantes à la salinité :

Selon CHERAF A (2010) ; La réponse à la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par un effet dépressif sur la croissance et le développement. Cette réponse varie considérablement en fonction du genre, de l'espèce et même de l'écotype ou de la variété.

La diminution de la croissance est une réponse à la déshydratation. Elle contribue à la conservation des ressources en eau, ce qui permet la survie de la plante .Chez la tomate, la diminution de la croissance n'est pas considérée comme une conséquence des perturbations osmotiques, mais comme une stratégie qui permet à la plante de limiter les pertes d'eau par transpiration et de maintenir ainsi une bonne valeur de l'efficacité d'utilisation de l'eau.

Selon MUNNS et TERMAAT .(1986) ; Les végétaux sont capables de supporter le déficit hydrique engendré par le stress salin, en ajustant plus ou moins rapidement leur potentiel osmotique avec celui du milieu extérieur, de manière à maintenir un gradient de potentiel hydrique entre la plante et le milieu salin. Une fois que la plante s'est ajustée osmotiquement au milieu salin et que sa turgescence est restaurée, le déficit hydrique n'apparaît plus comme un facteur limitant la croissance sur milieu salin.

Selon IRAKI et al (1989) ; les cellules de tabac adaptées au stress salin continuent de présenter une limitation de croissance, même quand leurs réajustements osmotiques sont réalisés. Les plantes régénérées à partir de cellules, adaptées au stress salin, continuent de montrer une croissance limitée, même en l'absence de stress salin.

La diminution de l'expansion foliaire est soumise à un double contrôle, comprenant les équilibres hydriques et les signaux hormonaux provenant des racines. Dans le cas de brusques variations environnementales d'humidité, de lumière ou de salinité, les relations hydriques sont les responsables des perturbations de la vitesse d'élongation. Alors que pour des stress hydriques ou salins, dont la durée est de l'ordre de quelques jours, ce sont les signaux hormonaux qui conditionnent le niveau de croissance ; cependant, à ce niveau, durant les périodes de forte transpiration, c'est l'état hydrique qui redevient le facteur limitant, malgré le contrôle exercé par les hormones.

Selon JOHANSSON et al (2000) ; Les pertes d'eau induites par les exigences atmosphériques sont régulées par les stomates ; mais c'est au niveau des racines que se situe le maillon faible de la chaîne du flux hydrique , À ce niveau, des canaux hydriques, ou aquaporines, induits en réponse à tout déficit hydrique, ont été mis en évidence.

La plante, du fait de la diminution de la croissance de la partie aérienne, doit réguler plus strictement la pénétration des ions à travers les racines pour empêcher une accumulation trop rapide des ions au niveau aérien ; ceci conduit à une accentuation du déficit hydrique. La diminution de la productivité des plantes en déficit hydrique est due au fait que ces dernières, en réduisant leur croissance, diminuent leurs surfaces foliaires, ce qui a pour conséquence une diminution de la capacité photosynthétique de la plante entière.

Les halophytes n'utilisent pas la diminution de croissance comme un moyen de survie dans les conditions salines, mais continuent de puiser l'eau dans le sol, et les ions absorbés sont, soit éliminés par excrétion, soit dilués au niveau de la plante au cours de la croissance. (CHERAFI, 2010)

Tableau 5: Tolérance relative de quelques plantes cultivées à la salinité du sol

	Tolérance faible aux sels	Tolérance moyenne	Tolérance élevée
Arboriculture fruitière	Poires, pommes, agrumes, pêches, avocats, prunes.	Figues, olives.	Dattes.
Cultures maraîchères	Radis, cèleris, petits pois, haricot	Tomates, brocolis, choux, pomme de terre, carottes, concombres, oignons	Asperges, épinards.
Fourrages	Trèfle, betterave à sucre.	Alfa, fétuque, blé, avoine	Orge.

TIRICELIN, (1998)

1.7.2. Différentes méthodes de lutte contre la salinité :

D'après AYERS et WESCOTTD (1976). Pour améliorer la disponibilité de l'eau du sol pour la culture, quelques solutions sont préconisées :

- Irriguer plus fréquemment pour améliorer l'approvisionnement hydrique de la culture
- Choisir des cultures tolérantes à une salinité existante ou éventuelle
- Appliquer régulièrement un supplément d'eau pour satisfaire le besoin de lessivage
- Changer de méthode d'irrigation ; en adopter une qui permette de mieux lutter contre le sel ;
- Modifier les pratiques culturales.

Parmi les pratiques plus radicales qui permettent d'améliorer ou de restaurer la productivité d'un sol endommagé par le sel :

- Lessiver autant qu'il est nécessaire pour réduire la concentration saline
- Améliorer ou régulariser la surface ou la pente du terrain pour rendre l'application d'eau plus uniforme
- Modifier le profil du sol pour améliorer la percolation de l'eau en profondeur
- Installer un drainage artificiel s'il existe une nappe gênante.

Chapitre 2:

Notions générales sur la culture hors –sol

2.1. Définition de la culture hydroponique :

Les cultures hors-sol sont 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. (URBAN, 1997)

Selon CHERAFA (2010) ; Une culture «hydroponique» est une culture sur un milieu aqueux qui doit contenir les éléments minéraux dont les plantes à besoin.

Le terme « culture hors-sol » regroupe un ensemble de systèmes de production qui permettent aux plantes de se développer en faisant abstraction du sol en place (JEANNEQUIN, 1992)

La culture hors sol au sens stricte, est la culture dans un milieu racinaire qui n'est pas le sol naturel, mais un milieu reconstitué et isolé de sol. On parle souvent de culture sur substrat, car ce milieu reconstitué repose souvent sur l'absorption d'un matériau physique stable. (Vitre, 2003)

2.2. Historique :

Selon les historiens, la culture des plantes sur l'eau était pratiquée à l'époque des Astèques et était utilisée pour les jardins suspendus de Babylone. Il faut attendre l'année 1860 pour avoir deux chercheurs allemands (Thiault, et Boudreau, 2001) réussir à faire pousser des plantes sur un milieu composé uniquement d'eau et de sels minéraux. Cette découverte a permis de mieux connaître la physiologie de la nutrition et le rôle des éléments minéraux. La culture en hydroponie a été lancée par les américains pendant la deuxième guerre mondiale pour répondre aux besoins de leur armée en légumes frais.

Les mêmes auteurs indiquent que la technique du hors sol a été introduite en Europe dans les années 70 ; appliquée à quelques cultures maraichères et florales sous serre, elle s'est en suite développée à un rythme rapide.

2.3. Les objectifs de la culture hydroponie :

Selon CHERAFA (2010) ; les cultures hydroponiques sont développées pour trois raisons :

- Eviter la fatigue rapide du sol de serre à cause des attaques parasitaires avec prolifération de nématodes et de champignons.
- Elles offrent la possibilité d'implanter des serres à des endroits où l'énergie est meilleur marché, à proximité d'usines ou sur des sites géothermiques pour profiter des eaux chaudes et de l'énergie solaire.
- Elles permettent de contrôler très précisément l'environnement racinaire assurant une précocité plus grande et une production en quantité et en qualité.

2.4. Les avantages de la culture hydroponique :

Selon LESAIN et COÏC (1983) ; les avantages de la culture hydroponique sont :

- Gain de précocité.
- Élimination des contraintes liées au sol (sols inadaptés ou de mauvaises qualités agronomiques, présence d'agents pathogènes, de polluants,...).
- Simplification des techniques culturales (absence de préparation du sol, rotations culturales rapides et mise en œuvre facile).
- Meilleure qualité du produit (augmentation du poids moyen du fruit, amélioration de la qualité ; coloration, fermeté et capacité de conservation et réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires).
- Meilleure productivité de la plante (optimisation du potentiel de la plante, réduction des pertes en culture).

D'après les mêmes auteurs, le rôle essentiel de l'hydroponie est l'amélioration de nos connaissances sur les besoins de diverses espèces végétales.

2.5. Les inconvénients de la culture hydroponique :

D'après MORARD (1995) ; les inconvénients de la culture hydroponique sont :

- Coût d'installation et d'entretien important (investissement station de tête, charges proportionnelles (substrat, solution nutritive).
- Utilisation d'une haute technologie (absence d'un système tampon, formation des agriculteurs).
- Maîtrise incomplète des déchets (rejets de solution nutritive, certains Substrats non recyclables).

2.6. Les composantes de l'hydroponie :

Les composantes de la culture hydroponie sont :

2.6.1. Le substrat :

Selon BLANC, (1987) ; Le terme de substrat en agriculture s'applique à tout matériau naturel ou artificiel qui placé en conteneur, pur ou en mélange permet l'ancrage du système racinaire et joue ainsi vis-à-vis de la plante le rôle du support.

On parle souvent de cultures sur substrat, car ce milieu reconstitué repose souvent sur l'adoption d'un matériau physique stable, le substrat, parfois d'origine manufacturé et industriel, parfois d'origine naturelle. Il existe cependant des cas de cultures hors-sol n'utilisant pas de substrats: NFT (nutrient film technique), VITRE, (2003)

Selon ZANG et MUSARD (1987) ; le substrat est le milieu dans le quel les racines s'installent et où elles sont mises en contact avec la solution nutritive.

2.6.1.1. Critères de choix d'un substrat :

Selon ZANG et MUSARD (1987), le substrat idéal doit :

- Permettre une bonne circulation de la solution.
- Ne pas se tasser.
- Ne pas se dégrader.
- Ne pas blesser les racines.

- Ne pas contenir d'éléments toxiques pour les plantes.
- Avoir une capacité d'échange nulle ou faible.
- Ne pas renfermer d'organismes pathogènes.
- Etre facile à désinfecter.

Selon CHERAFA (2010) ; avant d'utiliser le substrat, il est nécessaire d'avoir des connaissances sur les caractéristiques physiques et chimiques du substrat. Il faut que le substrat soit en compatibilité avec les exigences propre du végétal, et du type de culture.

2.6.1.2. Classification des substrats :

a. Milieu fluide (absence de substrat) :

a .1. Système N.F.T (Nutrient film technique) :

C'est la seule technique sans substrat utilisée en horticulture. Du fait de la difficulté d'aérer un liquide stagnant, le principe de l'oxygénation repose sur la circulation du milieu nutritif sous une faible épaisseur (d'où le nom de « Nutrient Film Technique »). La solution nutritive s'enrichit en oxygène dissous au cours de son lent déplacement par échange avec l'air, au niveau de la surface du film liquide. C'est le même phénomène qui permet l'oxygénation de l'eau des fleuves et des rivières. Mais, les contraintes sont identiques : quand la température de l'eau augmente, la concentration en oxygène dissous diminue. (Anonyme 2006)

Dans sa conception originale, le liquide nutritif est apportés à l'extrémité la plus élevée de la gouttière et les excédents sont récupérés à sa partie basse, collectés dans un bac, puis de nouveau recyclés en tête de l'installation.

a.2. Aquiculture :

La solution nutritive non circulante est contenue dans un bac de culture. Comme la solution nutritive est stagnante, la faible quantité d'oxygène dissous est généralement insuffisante pour le bon fonctionnement des racines. Pour éviter une asphyxie partielle, il est nécessaire d'enrichir régulièrement le milieu en oxygène en y insufflant de l'air. (À partir d'un compresseur). La solution nutritive doit être complétée (pertes en eau dues à la transpiration) et renouvelée (épuisement des sels

minéraux). Ces particularités destinent l'aquaculture à un usage presque exclusivement réservé à la recherche. (Anonyme 2006)

a.3. Aéroponique :

L'Aéroponique représente l'évolution la plus récente des technologies de culture hors sol et c'est aussi le système le plus sophistiqué. Les racines des plantes ne sont en contact ni avec un milieu solide ni même avec un milieu liquide. Elles sont alimentées par un brouillard nutritif obtenu par nébulisation de la solution nutritive dans une enceinte close. (Anonyme 2006)

L'excès de solution nutritive est récupéré puis recyclé. L'atmosphère du milieu de culture où se trouvent les racines est saturée par un brouillard nutritif qui se dépose sur les racines puis ruisselle sur ces dernières en assurant l'alimentation hydrique et minérale. Bien entendu, le système assure une excellente aération.

b. Milieu solide (avec substrat) :

b.1. Subirrigation :

La solution nutritive pénètre dans le substrat au niveau de sa partie inférieure, y demeure un certain temps, puis est évacuée par gravité dans un réservoir. Après cette récupération, le cycle recommence à intervalles de temps variables. (Anonyme 2006)

La Subirrigation est répandue en horticulture, essentiellement pour les plantes en pots.

b.2. Percolation :

La solution nutritive est distribuée par irrigation discontinue à la surface supérieure du système puis percole vers le bas du substrat. L'enveloppe qui le contient est percée d'orifices à sa partie inférieure ou de fentes latérales qui permette une évacuation des excédants.

Ces systèmes fonctionnent donc à solution perdue, car, en général, cette dernière n'est pas récupérée.

L'apport de solution nutritive se fait souvent par l'intermédiaire d'un goutteur ou d'un capillaire installé au pied de chaque plante. C'est la technique au sol la plus répandue

actuellement en agriculture. (Anonyme 2006).

2.6.1.3. Classification des substrats :

Selon ZUAUNG et MUSARD (1986) ; les substrats sont classés selon leur nature et leur propriété :

c.1.. Classification selon la nature des matériaux:

c.1.1 D'origine minérale :

Naturels (extraits) : graviers, sables, pouzzolane.

Manufacturés: laine de roche, laine de verre, argile expansée, vermiculite, perlite.

c.1.2. D'origine organique:

- Naturels: tourbe, terreau, cèdre rouge, écorces de pin, fibres de coco.
- Synthétiques: matériaux plastiques expansés, billes de polystyrène, Mousse. De polyuréthane, grains d'eaux (polycrylamides)

c.1.3. Classification selon les propriétés de matériaux :

- Les matériaux chimiquement neutres: matériaux minéraux ou synthétiques.
- Les matériaux chimiquement actifs: les matériaux d'origine végétale et quelques matériaux minéraux et synthétiques.
- Les matériaux ne se dégradant pas: gravier, sable, briques, concassées, argile expansée.
- Matériaux se dégradant lentement: marc de raisin, écorce, tourbes blondes
- Matériaux se dégradant: sciure, tourbes noires, vermiculites

2.6.2. Conteneurs :

D'après FEVERAU (1976) ; ce sont des récipients qui contiennent la plante et, le substrat isolement du sol .Le choix des conteneurs doit se faire en fonction de l'espèce cultivée et de son système racinaire .En général les centenaires sont en matière plastique chimiquement inerte, étanche et durable.

2.6.2.1. Caractéristiques idéales des conteneurs :

Selon CHERAFA 2010 ; les caractéristique idéale des conteneurs sont ;

- Etre rigide (mais souples), bord supérieur renforcé (plus de rigidité prise pour les pinces).
- Etre résistant (protection mécanique).
- Etre de couleur sombre, pour mieux exploiter les premières chaleurs.
- Etre résistant au soleil.
- Etre stable vis à vis du vent (nécessité d'une surface de base importante).
- Etre léger, pour faciliter le transport, les manipulations.
- Assurer un bon drainage; trous au fond.
- Autoriser une bonne aération du substrat.

2.6.2.2. Conditions de réussite des cultures en conteneurs :

Selon LEMAIRE (1989) ; les conditions de réussite des cultures en conteneurs sont :

- Evacuation rapide des eaux en excès.
- Circulation facile dans les cultures.
- Protection contre le vent.
- Protection contre le froid.

2.7. Solution nutritive :

La solution nutritive est la composante fondamentale des cultures hors sol puisqu'elle constitue le seul vecteur d'alimentation hydrominérale des végétaux.

Elle doit satisfaire de manière non limitant les besoins des systèmes racinaires. (CHERAFA 2010).

2.7.1. Définition :

Les solutions nutritives sont fabriquées à partir des eaux naturelles qui peuvent renfermer des sels. Certains sels sont indésirables, mais la technologie de fabrication permet de tenir en compte ou de corriger les teneurs ; CHERAFA (2010)

D'après LESAINTE et COÏC (1983) ; les solutions nutritives seront composées d'eau et de sels dissous apportant les ions indispensables.

Les solutions nutritives renferment des macroéléments et des oligoéléments. Pour les caractériser on utilise deux unités : CHERAFA (2010)

- Milli mole.

- Le milliéquivalent.

Selon LESAIN, et COÏC, (1983) ; En hydroponique les solutions nutritives sont considérées comme la seule source d'alimentation en eau et ions minéraux; Il est nécessaire que cette solution renferme tous les éléments nutritifs et équilibrés par rapport au besoin en eau et en ions.

Selon CHERAFA (2010) ; Une solution nutritive donnée, fabriquée avec des sels chimiques totalement dissociés, renferme un nombre total égal l'équivalent de cations et d'anions.

Selon LESAIN, et COÏC, (1983) ; Le but recherché est de fabriquer une solution nutritive dont la composition est proche de l'une des solutions de référence tout en corrigeant la mauvaise qualité de l'eau lorsque cela est nécessaire.

2.7.2. Contrôles de la solution nutritive :

Selon LESAIN, et COÏC, (1983) ; Il est important de vérifier régulièrement la solution prête à l'emploi pour assurer qu'il n'y a pas des erreurs graves lors de la préparation de la solution.

2.7.3. Le pH :

Le pH est une expression chiffrée qui permet de désigner le caractère acide, neutre ou basique d'une solution aqueuse. La plupart des espèces cultivées se révèlent être tolérantes par rapport à de grandes variations de pH. Cependant, la plage optimale se situe entre 4,9 et 6,5. La connaissance de cette zone optimum ne présente pas qu'un intérêt physiologique : le maintien du pH des solutions nutritives entre 4,9 et 6,5 permet d'éviter les risques de précipitation des phosphates et sulfates avec le calcium et avec certains oligoéléments. (Anonyme 2012)

Compte tenu des variations qu'induisent normalement les racines, il n'y a en général pas lieu de corriger le pH de la solution nutritive des systèmes recyclés au cours de la culture. Cette affirmation peut paraître contradictoire avec l'importance qui est

souvent accordée au facteur pH lors de la production de végétaux en culture hors sol. Cette confusion résulte de l'influence de ce paramètre dans certaines pratiques liées aux cultures hors sol : Anonyme (2012)

- Correction de l'eau d'irrigation : lors de la fabrication de la solution nutritive, il est souvent nécessaire de corriger le pH de l'eau d'irrigation quand ce dernier est supérieur à 5,8. Cette opération s'effectue généralement par un apport d'acide nitrique.
- Neutralisation des substrats : l'utilisation de substrats particulièrement acides (tourbe, écorce de pin) nécessite une neutralisation avant emploi. Cette correction est obtenue par addition de chaux ou de carbonate de calcium.

Selon CHERAFA (2010) ; lors de la préparation des solutions nutritives, il faut prendre en considération le pH, qu'il doit être adapté à la nature des plantes (Neutrophiles ou acidophiles). Le pH dépend des sels utilisés pour la réparation.

D'après LESAIN et COÏC (1983), la mesure du pH, permet de vérifier la teneur en bicarbonates de l'eau et les erreurs éventuelles concernant l'apport d'acide nitrique. Le pH mesuré par le pH mètre.

Selon CHERAFA (2010) ; La maîtrise du pH a quatre objectifs principaux :

- Eviter le précipité des éléments minéraux, et notamment de phosphate de calcium, dont une fraction croissante précipité lorsque le pH augmente.
- Neutraliser l'alcalinité naturelle de l'eau essentiellement due aux carbonates, pour éviter la toxicité, et éviter les précipités de carbonate de calcium.
- Amener le pH de la solution dans une zone favorable à l'absorption de la majorité des éléments minéraux.
- Ajuster le pH de la solution aux exigences de l'espèce.

2.7.4. La conductivité électrique :

La conductivité est la mesure dans la solution du substrat de la concentration totale en engrais (salinité de la solution). Plus la solution est salée en engrais, plus la conductivité mesurée électriquement est grande. (VITRE, 2003)

Selon LESAINTE et COÏC (1983), la mesure de la conductivité électrique de la solution nutritive permet de connaître la concentration globale en ions minéraux.

Selon CHERAFA (2010) ; la concentration ionique totale et la somme des concentrations molaires des ions. Elle détermine la pression osmotique de la solution. La conductivité électrique représente la concentration totale en éléments minéraux contenus dans la solution nutritive, pour apporter les éléments nécessaires à la culture.

2.7.5. L'équilibre ionique :

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

Aussi selon COÏC (1984), CHAUX et FOURY. 1994 L'égalité équivalente entre les anions et cations est obligatoire dans la solution. Les équilibres ioniques pour l'alimentation hydrique et minérale ne sont pas indifférents et pourront être modulés en fonction des stades de développement de la plante

Chapitre 3: Etude de la plante

3.1. Origine de la plante:

L'origine de l'aubergine cultivée est biologiquement plus simple, géographiquement plus imprécise et historiquement moins ancienne que celle des tomates et des piments. (CHAUX ; FOURY 1994)

L'aubergine fait partie du genre *Solanum*, dans lequel il ya près 1000 espèces. Parmi le grand nombre d'espèces cultivées, semi-sauvages ou sauvages de *Solanum*, on trouve trois principales : *S.melongena* L. très commune en Asie et dans le bassin méditerrané (son nom indien «bringal», anglais « eggplant», portugais« berinjala», espagnol «berenjena», *S.aethiopicum* L.et *S.macrocarpon* L ; ces deux dernières sont surtout cultivées en Afrique, bien que l'on rencontre *S.aethiopicum* en Amérique du Sud et *S.macrocarpon* en Amérique tropicale et en Asie ,ces trois espèces sont diploïdes ($2n = 24$). (ERARD. 2003)

S. melongena est reconnue comme étant originaire des indes orientales où l'on rencontre encore aussi bien des cultivars domestiques à gros fruits que des formes sauvage à petits fruits .On pense que le premier centre de domestication est la région comprise entre l'inde ,la Birmanie et l'ancienne de Indochine.(ERARD 2003)

3.2. Classification de la plante: selon (Anonyme 2009)

Règne: Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Famille : Solanacées

Genre : Solanum

3.3. Description botanique de la plante:

L'aubergine est une plante cultivée comme annuelle dans les pays tempérés car elle craint le gel, et dans les pays tropicaux c'est une plante pérenne. (Anonyme 2009)

3.3.1. Les fleurs:

Sont grandes, de 3 à 5 cm de diamètre, de couleur blanche ou violette, solitaire sont portées à l'aisselle des feuilles, et sont généralement hermaphrodite. (ERARD 2003 ; Anonyme 2009)

3.3.2. Les fruits :

Est une baie de différente volume, forme (oblongue, ronde, piriforme, cylindrique) il est charnu de couleur différente d'après la variété (rouge, blanche, violette) ; brillant ou non, les variétés les plus répandues (y compris en Algérie) on une couleur violette. (Kolév 1979)

Tableau 6 : composition de l'aubergine (teneurs pour 100gramme).

Protide : 1,2g	Fer : 0,4mg	Eau : 92 grammes
Lipide : 0,2g	Vitamin A : 5mg	
Glucide : 4,6g		Fibres : 2,5 grammes
Sodium : 8mg	Vitamin B1: 0,04mg	
potassium: 2,4mg	Vitamine B2 : 0,05mg	Minéraux totaux : 500 milligrammes
calcium :13 mg	Vitamine C: 0,6 mg	
magnesium : 11mg	Vitamine E : 1,5mg	
phosphor : 26mg		

Anonyme (2006)

3.3.3. Les graine :

Sont petites, marron jaunâtre, lisses et réniformes légèrement plus grosses que de la tomate .la germination est parfois irrégulière dans les 6 à12 mois qui suivant leur récolte, cette dormance est facilement levée par séjour au froid sec de 4°C à 6°C. (CHAUX et FOURY, (1994) et ERARD ,2003)

3.3.4. Les tiges et la face supérieure des feuilles :

Est épaisse et présente un fort anneau ligneux, au mois a sa base, l'écorces est minces verte, elle peut porter ou non des épines. (ERARD 2003; CHAUX ; FOURY ,1994)

Les feuilles sont alternes, amples, surtout sous faible éclaircissement et forte humidité, entières et lobées, a forte nerveuse généralement épineuses, le limbe lui-même peut être violacé. (CHAUX ; FOURY 1994)

3.3.5. Le système racinaire :

Est pivotant en semis direct ou fasciculé avec quelques racines adventices dans le cas du repiquage, l'ensemble de système racinaire est relativement peut profond (50cm) mais suffisamment puissant pour explorer un grand volume de terre. (ERARD ,2003).

3.4. Principaux variétés cultivées :

La diversité variétale n'est pas aussi grande que la tomate et le poivron, donc on utilise dans la pratique quelque variétés fixées et hybride à savoir:

3.4.1. Violette longue hâtive:

Plante vigoureuse, les fruits sont volumineux allongés (jusqu'à 25 cm) violet rougeâtre, variété précoce et productive, très répandue et appréciées en Algérie. (Kolév, 1979)

3.4.2. Violette longue –race CAMINAL

Plante vigoureuse, les fruits sont volumineux, allongés épais et violètes, variété précoce et très productive. (Kolév, 1979)

3.4.3. Aubergine impérial black beauty:

Selon anonyme (2012) ,c'est une Variété ancienne populaire également appelée black beauty résultant d'un croisement en 1902 entre la violette longue hâtive et la noire de PEKIN (cette dernière avait été introduite de chine ,aux états unis) gros fruits ovoïde ,de couleur noire ,très grande capacité de conservation ,plantes de 45cm de hauteur.

3.4.4. Aubergine GOYO –KUMBA:

Variété ancienne originaire d'Afrique et très ornementale, les plantes pouvant atteindre 1mètre de hauteur, produisant une abondance de petites fruits de couleur rouge brillant. (Anonyme ,2012)

3.5. Les exigences de la plante:

3.5.1. Les exigences climatiques:

3.5.1.1. La température:

De nature, l'aubergine est bien adaptée aux conditions tropicales et aux régions tempérées à été chauds, c'est une espèce thermophile qui pousse d'autant mieux qu'il fasse chaud.

L'aubergine est plus sensible aux basses températures que la tomate et le piment, surtout à la plantation ,les minima thermique optimums sont de 22°C-26°C de jour et de 16°C -20°C de nuit ,le développement végétatif devient médiocre à des températures inférieures à 15°C pour se bloquer aux alentours de 10 -12°C

La croissance végétative et le rythme d'émission des feuilles sont ralentis et la floraison est retardée au-delà de 35°C. (ERARD ,2003)

La température les plus favorables à l'anthèse et à la pollinisation se situe entre 25°C -30°C, et en dessous de 20°C la reproduction et la fertilité du pollen sont réduites.

Les températures du sol sont également importantes : 18°C à20°C sont requis pour une bonne implantation de la culture

Les températures optimales de germination se situent entre 25et 30 °C (CHAUX et FOURY 1994)

3.5.1.2. Hygrométrie :

L'aubergine est théoriquement moins exigeante en humidité ambiante que le piment, mais plus que la tomate, l'humidité relative optimale est comprise entre 50 et 65 %. (ERARD ,2003)

3.5.1.3. Luminosité :

Cette espèce exige une bonne luminosité, tant pour son développement végétatif que la floraison et la nouaison. (ERARD ,2003)

3.5.1.4. Le sol

L'aubergine est la plante le moins exigeante concernant la nature du sol, les sols sablo – ou limono-argileux, légère riches en éléments minéraux

Les sols trop humides ne lui conviennent pas et la plante manifeste rapidement des symptômes d'asphyxie surtout si elle est jeune.

Le pH du sol doit être proche de la neutralité (5,5 - 6,8) : en sol trop acide, la végétation est moins vigoureuses et les chutes de fleurs plus fréquentes. (ERARD 2003)

L'optimum de salinité est voisin de celui de la tomate (0,5 -0,6 mS).

3.5.2. Les exigences nutritionnelles:

L'aubergine se classe parmi les espèces exigeantes en éléments fertilisants (CHAUX, 1994).

Tableau 7: Les apports des éléments en plein champ : en Kg /ha

Pour un rendement escompté : 30 à 40 t /ha, nous devant apporter

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Fumure minérale totale	150 180	100 150	180 250	40 80
En début de la culture	1/3	1/2 ou 1	1/2	1
A partir de nouaison des premiers fruits	2/3	1/2 ou 0	1/2	1

ERARD (2003)

Tableau 8 : Les apports en sol sous abri : en Kg/h

Pour un rendement escompté 80 t/ha : nous devons apporter

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
1	0,5	1,5	0,3 -0,4

ERARD (2003)

3.6. Les modes de culture :**3.6.1. Culture de primeurs :**

Le semis se fait au début de janvier, de lignes espacées de 5cm, les plantes produits sont repiqués 35à 40 jours après le semis (au stade de 1^{er} feuille) sur couche tiède ou sur côtelière très bien abrités, et ensoleillée, les distances de repiquage sont 10×8 cm.

Le semis peut être effectuée aussi avec succès, directement en godet ou en pots
L'écartement de 50 -60 cm entre les plants dans le rang.

La récolte commence au début de juin. (Kolév ,1979)

3.6.2. Culture de saison :

La production des plantes se fait sur couche tiède ou sous abris plastique, le semis s'effectue à partir du moins d'avril, et peut continuer jusqu'à juin en ligne espacées à 5 -6 cm.

La plantation en place définitive se fait environ 40jours après le semis, où stade 4– 5 feuilles bien développé.

Le repiquage se fait en billon la distance 70 -80 cm, les plantes écartées sur les lignes de 50 – 60 cm.

La récolte commence depuis la deuxième moitié de juillet et continue jusqu'à au mois de novembre, et même décembre. (Kolév, 1979)

3.6.3. La culture d'arrière saison :

Le semis s'effectue à partir de la fin juillet au début Aout, et la récolte commence au début d'octobre à la fin novembre, (kolév, 1979)

3.7. Les maladies cryptogamiques de l'aubergine :

Selon anonyme (2010) et ERARD (2003), les maladies de l'aubergine sont :

3.7.1. Pourriture grise (*Botrytis cinerea*) :

-Organe sensible : les organes sénescents (les restes de pétales, fruits avortés, feuilles desséchés, les tiges)

-Symptômes et dégâts : sur les tiges (des chancres beiges ou marron foncé), et sur les feuilles (des taches en anneaux concentrique sont observées à la face supérieure des feuilles).

-Les principaux moyens de lutte :

-par des bonnes pratiques culturales

-plantation sur paillage, aération des abris, fertilisation et irrigation raisonnées et élimination les organes malades.

-traitement d'ordre chimique (Cyprodinil + fludioxonil), avec un dose de 0.8 à 1Kg /ha (nom commerciale : Switch _SYNGENTA)

3.7.2. Oïdium (*Leveillula taurica*) :

-Organe sensible : Les feuilles

-Symptômes et dégâts : a la face supérieure des feuilles, des taches jaunes qui finissent par se nécrose au centre, avec un feutrage blanc discret à la face inférieure, en cas de forte attaque, les feuilles finissent par se dessécher

-Les principaux moyens de lutte :

-l'hygiène de la serre et de son environnement

- espacer suffisamment les plantes

-traitements d'ordre chimique : soufre pour poudrage, avec un dose de 20 Kg / ha, nom commerciale (Mopfluid _CALLIOPE)

3.7.3. La verticilliose (*verticillium dahliae*) :

-Organes sensible : toute la plante

-Symptômes et dégâts : Sur les tissus vasculaires (coloration gris clair à brun clair, flétrissement unilatérale de la plante), sur les branche et les rameaux (dessèchement des branches)

- Les principaux moyens de lutte :

- Éliminer la plante morte en totalité

-désinfecté le sol, les substrats avant plantation

-éviter arrosage par aspersion

-Traitements d'ordre chimique : thiophanate-méthyle, avec une dose de 72 g/hl, nom commerciale : (Pelt 44 –BAYER)

3.7.4. Mildiou : Phytophthora capsici

-Organes sensible : les feuilles, la tige, les fruits, les racines

-Symptômes et dégâts : sur les feuilles (larges plages brunes à marges vert pâle à la face supérieure); sur la tige (taches brunes à différents niveaux évaluant vers la destruction des jeunes plants ou la cassure des tiges adultes); sur les fruits (taches brunes, dures et marbrées avec parfois un feutrage blanc au niveau de l'épiderme); sur les racines (des pourritures racinaires ou du collet)

-Les principaux moyens de lutte :

-Utiliser des plantes saines

-Choisir des variétés résistantes

-Effectuer la rotation des cultures

- Contrôler le climat de la serre

-Traitements d'ordre chimique : Cuivre de l'oxychlorure de cuivre, avec un dose de 1Kg /ha, nom commerciale (Curenox 50-ACI/IQV)

3.7.5. Les aleurodes ou la mouche blanche (Trialeurodes vaporarium)

-Organes sensible : Les feuilles La tige L'apex

- Symptômes et dégâts :

Nombreuses petites taches chlorotiques en face inférieure des feuilles

-la larve aspire la sève et sécrète un miellat qui favorise l'apparition de fumagine

-Les principaux moyens de lutte :

-désherbage les serre En cours de culture,

-Éliminer les plantes contaminées

-des filets insect_ proof sont disposés aux ouvertures des serres

-utilisation des auxiliaires : *Macrolophus caliginosus*

-Traitements d'ordre chimique :(Cyperméthrine), avec un dose de 120 à 200 ml/ha
nom commerciale (Ripcord5_BASF)

3.7.6. Les Acariens (*Tetanychus urticae*) :

-Organes sensible : Les feuilles

-Symptômes et dégâts : Les acariens aspirent la substance des feuilles, ce qui les fait tomber prématurément, les piqûres d'acariens induisent des taches de décoloration sur les feuilles (mouchetures)

-Les principaux moyens de lutte :

-Désherbage des serres et des alentours

-Utilisation des auxiliaires : des acariens prédateurs comme : *phytoseiulus persimilis*

-Traitements d'ordre chimique : Acrinathrine , avec un dose de: 0.8 à 1 l/ha
nom commerciale : Rufast 75 EW _BAYER

3.8. Les accidents physiologiques

<u>Les symptômes de l'accident physiologique</u>	<u>Les causes de l'accident physiologique</u>
Pétale en forme de feuille	Température inférieure à 16°C à la différenciation florale
Fruits brun- rouge	Mauvaise nouaison, forte température, sensibilité variétale
Fruits de petite taille et souvent globuleux	Mauvaise fécondation (ces fruits sont souvent appelés « bouchons »)
Taches vertes sur les fruits	Les pétales ne sont pas tombés après fécondation ou il ya a eu des piqûres de THRIPS
Brunissement des sépales (calice) des fruits	Air trop sec
Fruits creux et mous	Absence de fécondation ou absence d'application de substance de croissance

Peau des fruits boursouflée avec chair vireuse	Comparable à la nécrose apicale des tomates et poivron due aux coups d'irrigation, carence en calcium ou en bore
Flétrissement des plantes	Manque d'eau mais surtout asphyxie

ERARD (1992)

3.9. Les principaux travaux d'entretien :

3.9 .1. Arrosage :

Pendant le cours de la végétation, il convient d'arroser abondamment les plantes. Dans le Midi, les cultures d'aubergines sont d'ailleurs fréquemment engagées dans les terrains irrigables. (LAUMONIER,1979)

3.9 .2. Désherbage :

Certain producteurs pratiquent le désherbage sélectif de l'aubergine de pleine terre au stade pré-plantation, c'est pour éviter le danger de phytotoxicité, et pour garnir le sol entre les lignes avec du plastique noir. (LAUMONIER,1979)

3.9 .3. La taille :

La taille de l'aubergine est parfois nécessaire pour l'obtention de beaux fruits .les producteurs suppriment les pousses secondaire qui partent du collet, et conservent seulement la tige principale, la pincer au dessus de la deuxième inflorescence, et laisser développer qu'un fruit à chaque étage de fleurs. (LAUMONIER. 1979 et Anonyme, 2006)

3.9 .4. Binages et buttage :

Le buttage se fait lorsque les plantes atteignent 40cm de haut, ces soins culturaux visent à maintenir l'aération et la fraîcheur du sol et favoriser l'assimilation des fumures. (Wikipédia 2006 et LAUMONIER. 1979)

3. 9.5. Tuteurage :

Les cultures potagères nécessitent l'installation des rames, surtout les cultures grimpantes. (LAUMONIER. 1979)

3.10. La récolte :

La récolte commence en Mai pour les cultures de serres, vers le 20 juin –début de juillet pour la pleine terre, les fruits est récolté bien avant sa maturité physiologique, dès qu'il atteint un volume suffisant .On considère que lorsque le calice commence à se fendre, le fruit a atteint sa qualité optimale, il doit alors être ferme, bien coloré et brillant.

Pendant la récolte, des t° <12-15°C entraînent une baisse et une hétérogénéité de calibre, une coloration moins intense et une perte de brillance des fruits.

On récolte tous les 4 à 6 jours, mais si les conditions de grossissement le permettent, des récoltes plus rapprochées (jusqu'à 2 -3 jours) améliorent la qualité.

Les fruits sont cueillis de préférence le matin, à l'aide d'un sécateur permettant d'obtenir une section franche, ils doivent être manipulés avec précaution de manière à éviter les meurtrissures de l'épiderme par les épines plus ou moins développées des calices. (LAUMONIER. 1979 et CHAUX ; FOURY 1994)

3.11. Importance économique

3.11.1. L'aubergine dans le monde :

Les premiers pays producteurs d'aubergine au niveau mondiale sont la chine, l'inde et le Turquie, en Europe, les principaux producteurs sont l'Italie, l'Espagne
En France, la production est concentrée dans le midi.

Tableau 9 : Les rendements sont en moyenne de 25 t/h :

Production en tonnes, chiffres 2008 -2012 selon de FAOSTAT (FAO)				
Pays	2008		2012	
Chine	16029929	56%	16529300	55%
Inde	7830000	27%	8200000	28%
Turquie	970000	3%	970000	3%

japon	395000	1%	400000	1%
Italie	376553	1%	385000	1%
Indonésie	301030	1%	301030	1%
Autres pays	1984858	7%	1966653	7%
Totale	28597370	100%	29461983	100%

3.11.2. L'aubergine en Algérie :

Tableau N°10 : statistique de la ministre d'agriculture en 2012 de l'aubergine en Algérie

Statistique de la ministre d'agriculture 2012 de l'aubergine en Algérie			
Wilaya	Superficie (ha)	Production (qx)	Rdt (qx /ha)
ADRAR	55	8539	155.3
CHLEF	18	1470	81.7
LAGHOUAT	675	168750	250.0
O.E.BOUAGHI	1	240	240.0
BEJAIA	15	2264	150.9
BISKRA	224	59158	264.1
BECHAR	185	14800	80.0
BLIDA	89	19685	221.2
BOUIRA	10	600	60.0
TAMANRASSET	60	7710	128.0
TLEMCEN	98	6700	68.4
TIARET	200	50.00	250.0
ALGER	306	70.708	231.1
DJELFA	75	15030	200.4

JIJEL	90	14620	162.4
SETIF	5	550	110.0
SAIDA	40	8500	212.5
SKIKDA	70	19300	275.7
TOTALE	2216	348036.708	3141.7

Anonyms (2012)

Chapitre 4

Matériels et méthodes

4.1. Matériel Végétal Utilisé :

L'espèce utilisée durant notre l'expérimentation est l'aubergine (**Solanum melongena**), variété blanche, dont les semences proviennent de l'institut technique des cultures maraichères et industrielles (ITCMI) de Staouali., récoltée en 2012 et ayant une pureté spécifique de 85%. Cette variété est une :

- variété fixée, très productive
- cette variété donne des fruits à chair et épiderme blanche, et de forme ovoïde
- cette variété présente une tolérance moyenne au sel

4.2 .Objectif de l'expérimentation :

Le présent travail a pour objet de déterminer :

- Le comportement des plantes d'aubergine (**Solanum melongena**), variété blanche, cultivée en hors sol vis-à-vis de cinq traitements différents (T1 .T2. T3.T4. T5)
- Impact de la concentration et du potentiel hydrogène des différents traitements sur les paramètres physiologiques et les paramètres de production.
- Valorisation des eaux salines puis l'irrigation en zone aride.

4.3. Condition expérimentales :

4.3.1. Lieu de l'expérience :

L'expérimentation a été réalisée à la station expérimentale du département d'agronomie de Blida, dans une serre en polyméthacrylate de méthyle dont :

L'orientation est nord sud, l'aération est assurée par plusieurs fenêtres placées latéralement de part et d'autre de la serre. L'évolution de la température interne de la serre a été contrôlée par un thermomètre suspendu en son centre. Les relevés quotidiens ont été effectués à trois moments de la journée 9h, 12h, 16h.



Tableau N° 11 : Moyennes des températures par semaine enregistrées sous serre en(C°):

Périodes	Températures en C°		
	09h	12h	16h
17-12-12 au 26-12-12	11,9	26,1	24,1
27-12-12 au 05-01-13	9,5	20,1	20,9
06-01-13 au 15-01-13	8,7	20,8	22,2
16-01-13 au 25-01-13	10,8	17,2	18,7
26-01-13 au 04-02-13	9,2	22,5	22,9
05-02-13 au 14-02-13	8,0	17,8	22,5
15-02-13 au 24-02-13	10,1	22,3	24,0
25-02-13 au 06-03-13	6,62	19,7	19,0
07-03-13 au 16-03-13	14,0	25,7	24,3
17-03-13 au 26-03-13	16,8	24,5	24,4
27-03-13 au 05-04-13	19,4	27,2	26,2
06-04-13 au 15-04-13	17,9	29,0	26,6
16-04-13 au 25-04-13	20,5	29,8	27,2

Durant notre expérimentation, nous pouvons dire que les températures pendant le cycle végétatif répondaient aux besoins des plantes, mis à part durant les périodes froides où on a enregistré quelques chutes de températures qui n'ont causé aucun dégât physiologique sur les plantes testées.

4.3.2. Substrat :

Le substrat utilisé dans notre expérimentation est le gravier de rivière dont le diamètre est de 3-8mm provenant de la carrière de CHEBLI située à 25Km.

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

Afin d'éviter tous les risques de contamination par les maladies parasitaires nous avons réalisé les opérations suivantes :

- Élimination des particules terreuses et résidus organiques par un lavage abondant et répété du gravier à l'eau courante.
- Remplissage des pots par le substrat lavé.
- Désinfection du substrat avec l'hypochlorite de sodium, 12°, pendant 24^h
- Rinçage abondant à l'eau pour éliminer toute trace d'hypochlorite de sodium fortement nocive pour les racines des jeunes plantules.

4.3.3. Conteneurs :

Les containers utilisés sont des pots en polyéthylène de couleur marron, de capacité 3,5L et présentant des orifices de drainage à leur base permettant l'évacuation de la solution nutritive excédentaire.

4.3.4. Dispositif expérimental :

L'affectation des traitements se fait d'une manière aléatoire selon la table des permutations des nombres aléatoires de 01 à 10. Nous avons un plan sans contrôle d'hétérogénéité (randomisation totale) composé de 5 traitements (T1, T2, T3, T4, T5).

Pour chaque traitement, on avait (7) observations soit 35 observations en total.

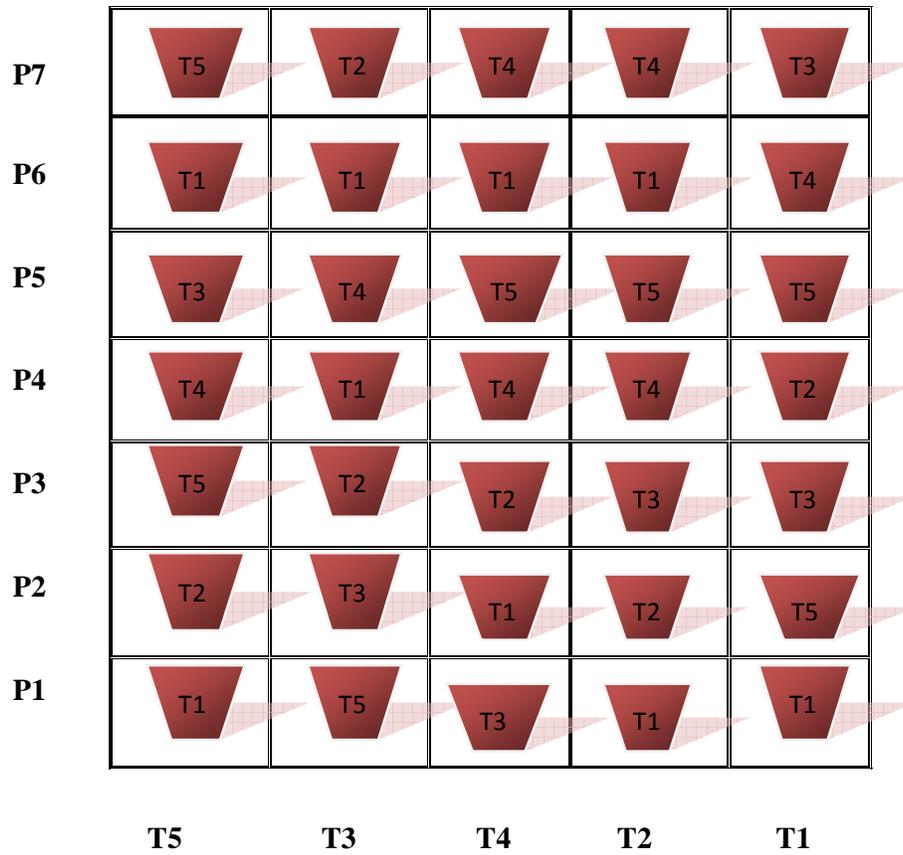


Figure N° 1 : Schéma du dispositif expérimental

T1, T2, T3, T4, T5 : les traitements testés

P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 : les observations ou plantes



Figure N° 2 : dispositif expérimental réel

4.3.5. Les différents traitements ayant constitué notre dispositif expérimental sont :

T1 : solution saline naturelle d'oued Chélif reconstituée avec l'eau de Blida, ayant un $\text{pH}=7,52$, et un $\text{CE} = 2.12$

T2 : solution saline naturelle d'oued Chélif dont le pH est corrigé (5,5 -5,8), $\text{CE} = 2.18$

T3 : solution saline naturelle d'oued Chélif corrigée reconstituée avec l'eau de Blida, ayant un $\text{pH} = 5,5 - 5,8$ et $\text{CE} = 2.39$

T4 : solution diluée à 20% à partir de la T3 ($\text{pH}=6.50$. $\text{CE} = 0.94$)

T5 : solution diluée à 40% à partir de la T3 ($\text{pH}= 6.33$. $\text{CE}= 1.33$)

4.3.6 Essai de germination :

En général, l'essai de germination est effectué au laboratoire en utilisant une étuve réglée à une température de 25°C . On dépose ces graines sur du papier filtre imbibés d'eau. Le premier comptage des graines germées s'est fait après 03 jours sur les quatre répétitions de 50 graines. Le pourcentage de la germination, est calculé à partir de la moyenne des quatre répétitions



Figure N° 3 : Aspect général des graines de l'aubergine avant et après la germination

4.3.7. Semis et repiquage :

Après la germination des grains, un repiquage des jeunes germes de l'aubergine en place définitive a été réalisé le 17.12.2012 à raison de trois germes par pot, soit 08 jours après germination.



Figure N° 4 : Aspect général des jeunes plantules de l'aubergine après le repiquage

Les jeunes plantules de l'aubergine sont irriguées jusqu'à l'apparition des deux feuilles cotylédonaires par l'eau courante tiède pour favoriser la reprise des jeunes plantules jusqu'à la date de 01.01.2013, Après ce stade, nous avons réalisé un éclaircissage afin de laisser une graine germée par pot.



Figure N° 5 : Jeunes plantules après le démariage

Après ce stade, les jeunes plantules sont irriguées par une solution nutritive standard (T4) composée des macros et des micros éléments et ce dans le but d'avoir un matériel végétal vigoureux et homogène de départ.



Figure N° 6: Aspect général des jeunes plantules de l'aubergine irriguée par la solution nutritive

Dès l'apparition de la quatrième feuille, nous avons procédé à l'application des différents traitements et ce le 02.02.2013, soit 48 jours après semis.



Figure N° 7: Stade végétatif en début de traitement

4.4. Synthèse des différents traitements :

4.4.1. Caractéristiques de l'eau utilisée pour la synthèse des traitements et correction :

Selon MAZLIAK (1974), l'eau est un facteur très important au niveau de l'organisme. C'est le milieu de diffusion de tous les ions qui sont indispensables à la croissance des végétaux.

Pour couvrir les besoins en eau des plantes nous avons utilisés l'eau de robinet pour l'élaboration des solutions nutritives en cours d'expérimentation. Du fait que la concentration globale des sels contenus dans cette eau dépasse 0.2g/l, l'analyse de celle-ci à été jugée nécessaire afin d'en tenir compte lors de la préparation des solutions nutritives.

Tableau N° 12: Teneurs des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida :

Elément	Teneur en mg / l	Teneur en meq / l
K ⁺	00	00
Ca ⁺²	56	2.80
Na ⁺	29.90	1.30
Mg ⁺²	21.60	1.80
NO ₃ ⁻	21.70	0.35
SO ₄ ⁻²	38.40	0.80
Cl ⁻	21	0.60
HCO ₃ ⁻	248.88	4.08
Totale	433.90	11.73

Source (SNOUSSI 2001)

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

La correction de l'eau consiste donc à utiliser des acides pour détruire partiellement les bicarbonates et ramener le pH au voisinage de 5.5 à 5.8 jugés le plus favorable pour le développement et la croissance des plantes d'aubergine.

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

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

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

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

Cette quantité d'acide sera partagée entre:

- H₃PO₄ = 1.1 meq / l** (correspondant aux besoins des végétaux qui sont de 3.3 meq / l de phosphore) compte tenu que H₃PO₄ est trivalent.
- HNO₃ = 3.3 – 1.1 = 2.2 meq / l** (besoin partiel en nitrates).

4.4.2. Solution nutritive standard :

Tableau 13 : l'eau de Blida à pH= 7.8

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	

Tableau14: Eau de Blida corrigé en meq/l à pH =5.8

Eau de Blida	NO ₃ ⁻ 0.35	PO ₄ ³⁻ 00	SO ₄ ⁻ 0.80	Cl ⁻ 0.60	Total
K ⁺ 0	3,55		0,70		4,25
Na ⁺ 1.30					1,30
Ca ⁺⁺ 2.80	2,30				5,10
Mg ²⁺⁺ 1.80					1,80
NH ₄ ⁺ 00	1,80				1,80
H ⁺	2,20	1,10			3,30
Total	10,20	3,30	1,50	0,60	

4.4.2.1. Quantités et ordre de dissolution des éléments :

$$\text{HNO}_3 = 2.20 \times 63 = 138.60 \text{ mg/l.}$$

$$\text{H}_3\text{PO}_4 = 1.10 \times 98 = 107.80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{KNO}_3 = 3.55 \times 101 = 358.55 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Ca (NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} = 2.30 \times 118 = 271.40 \text{ mg/l.}$$

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

$$\text{K}_2\text{SO}_4 = 0.70 \times 87 = 60.90 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Composition de l'eau de Blida} = 497.48 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Composition des oligo-éléments} = 14.80 \text{ mg/l.}$$

Concentration totale = 1.59 g/l.

4.5. Description des différents traitements :

T1 : solution saline naturelle d'oued Chélif reconstituée avec l'eau de Blida en meq /l, ayant un pH =7,52.

Pour cette de solution nutritive, dans sa nature l'eau renferme des teneurs nettement supérieures aux besoins de certaines espèces végétales, notamment pour le cas du sodium, du calcium, du magnésium, des sulfates et des chlorures. Dans ce cas on ne s'occupera pas de l'équilibre K^+ , Ca^{++} et Mg^{++} .

En pratique l'eau saline d'oued de Cheliff n'était pas disponible en volume suffisant pour être expérimentée à Blida. Il a fallu la reconstituer à partir de l'eau de Blida. Pour cela La reconstitution a été réalisée comme suit:

- ❖ En prenant compte des éléments minéraux déjà présents dans l'eau de Blida (anions et cations).
- ❖ En apportant les éléments manquants afin d'avoir un total anion et cation le plus proche possible de l'analyse initiale.

Tableau N°15:Eau d'oued Chélif naturelle reconstituée avec l'eau de Blida (**T1**) en meq /l .pH =7 .52 et un CE = 2.12

Eau de Blida	NO_3^- 0.35	PO_4^{3-} 00	SO_4^{2-} 0.80	Cl^- 0.60	Total
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					4.80
Total	0.35	00	9.35	14.86	

4.5.1. Quantités et ordre de dissolution des sels (T1):

- $KCl = 0.35 \times 74.54 = 26.08 \text{ mg/l}$
- $Na_2SO_4 = 1.14 \times 71.02 = 80.95 \text{ mg/l}$
- $NaCl = 7.46 \times 58.43 = 435.88 \text{ mg/l}$
- $CaCl_2 = 6.45 \times 73.51 = 474.01 \text{ mg/l}$
- $MgSO_4 = 7.40 \times 101.65 = 911.53 \text{ mg/l}$

Total = 2362.35 mg/l

Soit 2.36 g/l

Elements contenus dans l'eau de Blida = 433.9 mg/l

T2 : solution saline naturelle d'oued Chélif avec correction de pH à (5,5 -5,8).

Tableau N°16: Eau d'oued Chélif naturelle reconstituée avec l'eau de Blida en meq/l

.pH =5.8 et un CE = 2.18

Eau de Blida	NO_3^- 0.35	PO_4^{3-} 00	SO_4^{2-} 0.80	Cl^- 0.60	Total
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			3.30
Total	2.55	1.10	9.35	14.86	

4.5.2. Quantités et ordre de dissolution des sels (T2):

$KCl = 0.35 \times 74.54 = 26.08 \text{ mg/l}$

$Na_2SO_4 = 1.14 \times 71.02 = 80.95 \text{ mg/l}$

$NaCl = 7.46 \times 58.43 = 435.88 \text{ mg/l}$

$CaCl_2 = 6.45 \times 73.51 = 474.01 \text{ mg/l}$

$MgSO_4 = 7.40 \times 101.65 = 911.53 \text{ mg/l}$

$HNO_3 = 2.20 \times 63 = 138,6 \text{ mg/l}$

$H_3PO_4 = 1.10 \times 98 = 107.8 \text{ mg/l}$

Total = 2608.75 mg/l

Soit 2.60 g/l

T3 : solution saline naturelle d'oued Chélif corrigée reconstituée avec l'eau de Blida en meq /l, avec un pH = 5,5 – 5,8 et CE = 2.39

Tableau N° 17: Eau d'oued Chélif corrigé, reconstituée avec l'eau de Blida en meq / l avec un (pH = 5.5-5.8)

Eau de Blida	NO ₃ ⁻ 0,35	PO ₄ ³⁻ 0,00	SO ₄ ²⁻ 0,80	Cl ⁻ 0,60	Total
K ⁺ 0,00				4.35	4.35
Na ⁺ 01,30			0.42	8.18	09,90
Ca ⁺⁺ 02,80	5.85			0.60	09,25
Mg ²⁺⁺ 01,80			7.40		09,20
NH ₄ ⁺ 0	1.80				1.80
HCO ₃ ⁻ 04,08	2.20	1.10			3.30
Total	10.20	3.30	09,40	14,45	

4.5.3. Quantités et ordre de dissolution des sels de la solution nutritive (T3) :

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

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

$$\text{KCl} = 4.35 \times 74.54 = 439.78 \text{ mg/l}$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 = 0.42 \times 71.02 = 29.82 \text{ mg/l}$$

$$\text{NaCl} = 8.18 \times 58.43 = 477.95 \text{ mg/l}$$

$$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 5.85 \times 118.07 = 690.53 \text{ mg/l}$$

$$\text{CaCl}_2 = 0.60 \times 73.51 = 44.09 \text{ mg/l}$$

$$\text{MgSO}_4 = 7.40 \times 123.18 = 752.21 \text{ mg/l}$$

$$\text{NH}_4\text{NO}_3 = 1.80 \times 80.00 = 144.0 \text{ mg/l}$$

$$\text{Éléments dans l'eau de Blida} = 433.9 \text{ mg/l}$$

$$\text{Oligo-élément A et B} = 14.8 \text{ mg/l}$$

$$\text{Total} = 3\,317.26 \text{ mg/l}$$

$$\text{Soit } 3.31 \text{ g/l}$$

La solution d'oued Chélif saline corrigée reconstituée avec l'eau de Blida renferme aussi la solution complémentaire d'oligo-éléments représentée dans le tableau suivant

Tableau N° 18 : Composition des solutions complémentaires d'oligo-éléments A et B

Solution " A "			Solution " B "		
Eléments	Dose g/l	Prélèvement (ml / l)	Elément	Dose g/l	Prélèvement (ml / l)
Molybdate d'ammonium (NH ₄) ₆ (MO ₇ O ₂₄) 4H ₂ O	0,50	0,10	Séquestrène de fer	2.00	5.00
Acide borique (H ₃ BO ₃)	15,00				
Sulfate de manganèse (MnSO ₄ , 5H ₂ O)	20,00				
Sulfate de cuivre (CuSO ₄ , 5H ₂ O)	2,50				
Sulfate de zinc (ZnSO ₄ , 7H ₂ O)	10.00				

Les différents traitements sont à base de solutions mère de macroéléments puis diluée au moment de la préparation de la solution 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, en suite en rajoute au fur et mesure les autres produits.

En dernier lieu, nous avons ajouté les solutions d'oligoéléments des deux solutions complémentaires d'oligoéléments préconisées par LESAIN'T .COIC (1983)

Le fer est apporté à raison de 5 ml / l de solution "B" de concentration 2 g / l de séquestrée de fer, les autres oligo-éléments sont apportés à raison de 0,1 ml / l de

solution "A". Le contrôle de pH et de la conductivité électrique est obligatoire avant chaque utilisation.

T4 : solution salin diluée à 20% à partir de T3 (pH = 6.50, CE = 0.94)

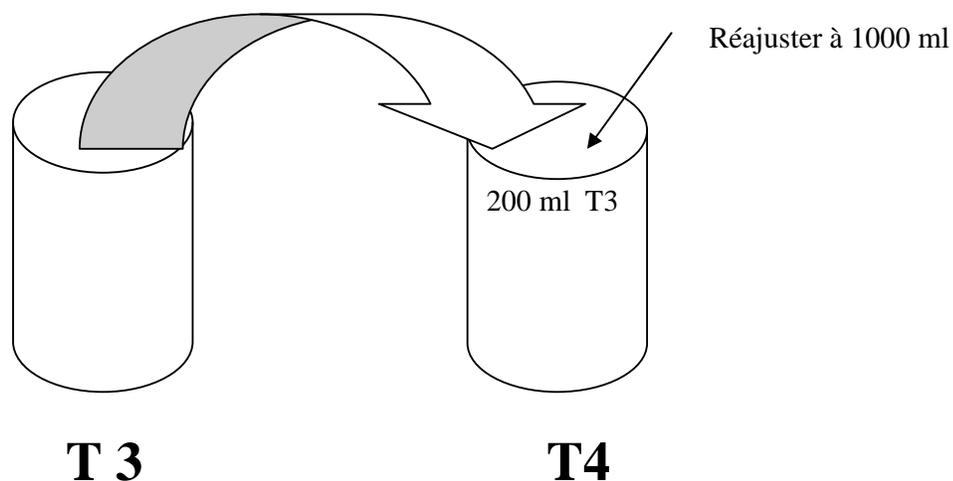


Schéma N° 1 : Schéma de la constitution du traitement T4

T5 : solution salin diluée à 40 %à partir de T3 (pH = 6.33, CE= 1.33)

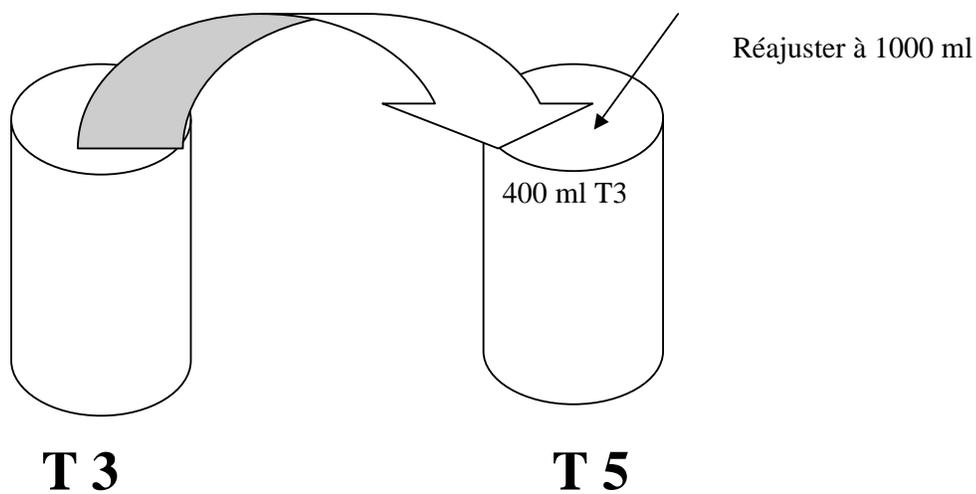


Schéma N° 2 : Schéma de la constitution du traitement T5

4.6. Entretien de la culture:

La culture de l'aubergine a nécessité des opérations d'entretien suivantes :

4.6.1. 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 montre les doses et les fréquences apportées pendant la période de l'expérimentation

Tableau N° 19: Doses et fréquence nécessaires pour la culture de l'aubergine

La date	Stade végétatif	La dose de l'irrigation	La fréquence
17 - 12 - 2012 au 01- 01- 2013	De la germination au stade deux feuilles	20ml	3fois / jours
01-01 -2013 au 02 -02- 2013	Du stade de deux feuilles au stade de quatre feuilles	30ml	3fois / jours
02 -02 -2013 au 13- 04 -2013	Du stade quatre feuilles au début de floraison	40ml	3fois / jours
13 -04 -2013 au 29 -04- 2013	Du stade de début floraison au stade de floraison	60ml	4fois / jours

4.6.2. Traitements phytosanitaires :

Au cours de l'expérimentation, nous avons effectué des traitements préventifs, pour écarter toute attaque cryptogamique ou celle d'insectes nuisibles contre les plantes selon le schéma suivant :

Tableau N°20 : Programme des traitements phytosanitaires réalisés en alternance

Dates	Produit	Matière active	Désignation	Dose	Fréquence du traitement
06.01.2013	Duresban	Chorpyriphos-éthyle (50g/kg)	Traitement préventif contre les insectes	3 g / l	1 fois/ semaine
09.01.2013	Medomyl	Mancozeb 64% Metaloxyl 8%	Traitement préventif contre les maladies cryptogamiques	3 g / l	1 fois/ semaine

4.6.3. L'ébourgeonnage :

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

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

4.7. Paramètres morphologiques

4.7.1. La vitesse de croissance

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

4.7.2. La hauteur finale des plantes

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

4.7.3. Le nombre des feuilles

Le principe consiste à faire un comptage des feuilles au niveau de chaque coupe

4.7.4. Diamètre des tiges

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

4.7.5. La biomasse fraîche produite

Le paramètre consiste à peser les différents organes de la plante en gramme, à l'aide d'une balance et ce au niveau de tous les plants. Les pesées ont porté sur:

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

4.7.6. La biomasse sèche produite :

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

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

4.7.7. Le taux de matière sèche :

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

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

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

4.8. Paramètres de production

4.8.1. Nombre des fleurs par plant :

Ce comptage est réalisé au niveau de chaque plant au moment du prélèvement et par traitement.

4.8.2. Nombre de fleurs nouées par plant :

Ce comptage est réalisé au niveau de chaque plant à chaque traitement au moment du prélèvement.

4.9. Dosage des paramètres physiologiques

4.9.1. . Dosage de la chlorophylle

L'extraction de la chlorophylle a et b est réalisé selon la méthode de Francis et al (1970). La méthode d'extraction consiste en une macération des feuilles (0.1g)

dans 10 ml d'un mélange de l'acétone et de l'éthanol (75 % et 25%) de volume et de (80% et 40%) de concentration. Les feuilles sont coupées en petits morceaux et mises dans les boîtes noires (pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière). Après 48h plus tard, on procède à la lecture des densités optiques des solutions avec un spectrophotomètre (UV), à deux longueurs d'ondes : (645 et 663 nm). La détermination des teneurs réalisée selon les formules

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

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

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

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

4.9.2. Dosage de la proline

La proline est dosée selon la technique utilisée par Troll et Lindesly (1955) simplifiée et mise au point par Dreier et Goring (1974) et modifiée 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 et on ajoute 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, 1 ml de la solution a été prélevé de chaque tube et mis dans de nouveaux tubes auxquels, nous avons ajouté 1 ml d'acide acétique et 25 mg de ninhydrine.

Ensuite, on ajoute, dans chaque tube, 1 ml d'un mélange contenant; 120 ml d'eau distillée, 300 ml d'acide acétique, 80 ml d'acide ortho phosphorique.

On porte les tubes à essai à ébullition au bain Marie durant 30 min. Après refroidissement des solutions, on ajoute 5 ml de toluène dans chaque tube. Après agitation au vortex deux phases apparaissent. On prélève la phase supérieure à laquelle on ajoute 5 mg du sulfate de sodium, puis on les laisse au repos pendant 48h. On procède à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre

(UV) à la longueur d'onde de 528 nm.

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

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

Chapitre 5 : Résultats et discussions

5.1. Paramètres de croissance :

5.1.1. Aspect général des plantes :

Les plantes irriguées par la solution saline naturelle (T1), sont chétives, de couleur verte jaunâtre avec un nombre réduit de feuilles, et aussi avec des tiges minces.

Les plantes irriguées par les solutions salines corrigées et diluées (T2 –T3– T4– T5) sont :
vigoureuses, de couleur vert foncé avec un nombre élevé de feuilles, de fleurs et aussi des tiges épaisses et rigides



Figure N° 8 : Aspect général des plants de l'aubergine alimentés par les cinq traitements testés



Figure N° 9 : Aspect général des plants de l'aubergine alimenté par la solution salin naturel et solution salin corrigé.



Figure N°10 : Comparaison entre les plantes irriguées par le traitement salin corrigé (T3) et dilué à 20% et 40% (T4, T5) respectivement



Figure N° 11: Comparaison entre le traitement salin naturel (T1), et le traitement salin naturel à pH =5.5 (T2)

5.1.2. La vitesse de croissance des plantes :

La courbe ci-dessous montre l'évolution de la vitesse de croissance des plantes de l'aubergine après l'application des différents traitements

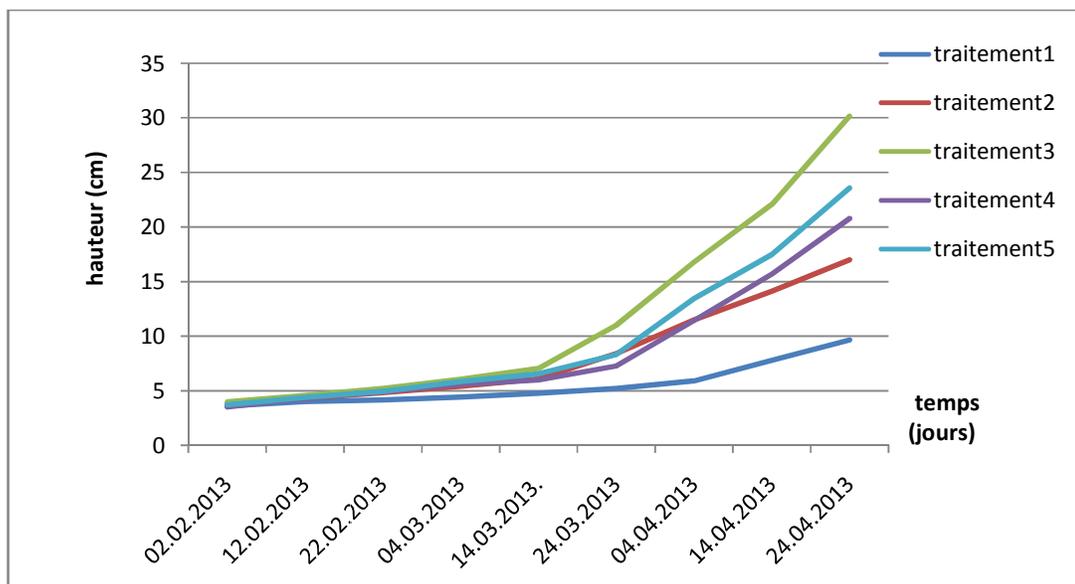


Figure N° 12 : Vitesse de croissance des plants (cm/j)

Selon la figure N°12, on constate que la vitesse de croissance pour tous les traitements passe par un pallier stationnaire qui commence à partir de la date de début des traitements (02-02-2013) jusqu'à la date de (14-03-2013). On observe également une légère augmentation de la vitesse de croissance pour l'ensemble des traitements qui débute à partir de (24-03-2013). Cette phase stationnaire est expliquée par la période d'adaptation des jeunes plantules dans les milieux nutritifs correspondants.

Dès la date du (24.03.2013), on remarque que les plantes irriguées par les traitements salin naturels corrigés et dilués (T3), (T5), (T4), (T2) présentent les meilleures vitesses de croissances, et ce aux alentours de 31 cm/jour, 24 cm/jour, et 21 cm/jour, et 17 cm/jour respectivement. Ce qui signifie que l'action des eaux salines corrigées influe de façon significative sur la vitesse de la croissance des plants et ce par rapport aux plants alimentés par le traitement salin naturel (T1).

Cet accroissement de la vitesse de croissance des plantes, ceci peut être expliqué par la présence des éléments nutritifs favorables à la croissance des plantes notamment le N, P, K et les oligo-éléments et surtout le pH 5.5 et 5,8 de ces solutions nutritives qui sont considérés comme étant le facteur déterminant dans l'absorption hydrominérale des plantes dans un environnement salin.

Par contre, le traitement salin naturel (T1) présente une vitesse de croissance moins importante que celle observée chez les traitements salins corrigés et dilués. Ils atteignent au maximum jusqu'à 10 cm/j ceci est dû au déséquilibre ionique et aux déficiences en éléments fertilisants (macro et micro éléments), tels que l'azote, le phosphore et également le potassium dont son absence ralentit la croissance des plantes.

Les travaux de (DIEHIL2001) ont montré que la salinité provoque une réduction de la taille de tous les organes de la plante tels que :

- Le faible allongement des organes et leurs ramifications ;
- La diminution de la surface foliaire ;
- Le raccourcissement des entre nœuds des tiges.

Il est nécessaire d'ajouter que de l'azote qui est un élément indispensable à la multiplication cellulaire puisqu'il intervient dans la composition du noyau.

5.1.3. Hauteur finale des plantes [cm]:

La hauteur des tiges a été mesurée au moment de la coupe finale à partir de collet Jusqu'à l'apex au niveau de chaque plant (tableau N° 21)

Tableau N° 21 : Hauteur moyenne des tiges en (cm):

Traitement Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Hauteur finale des plantes (cm)	11.43 ± 0.84 e	17.41 ± 0.79 d	33.14 ± 1.57 a	22.45 ± 0.80 c	25.00 ± 1.53 b

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative ($P < 0,001$). Les résultats obtenus durant la coupe finale révèlent qu'il y a une augmentation de la hauteur des plants au niveau de la solution saline corrigée, et les milieux dilués 40% et 20 % (T3, T2, T5, T4) et ce par rapport au traitement salin naturel (T1). Ceci peut s'expliquer par l'équilibre ionique parfait dans la solution saline corrigée et de sa richesse en éléments fertilisants, notamment la présence de l'élément d'azote, du phosphore, du potassium et la présence des oligoéléments.

Le test de Newman-Keuls ($\alpha = 5\%$) classe ces traitements (salin, corrigé, et dilués) en cinq groupes homogènes à savoir le groupe (a) et (b), (c), (d), (e).

Par contre, la solution saline naturelle (T1) présente les hauteurs des plants les plus faibles par rapport aux autres traitements testés. Elle forme un seul groupe homogène à savoir (e). Ces faibles hauteurs peuvent être expliquées comme suite:

-La présence d'une grande quantité de sel dans la solution d'irrigation provoque la réduction de la division et de l'allongement cellulaire, et par conséquent une diminution de la croissance de la plante ;

-un pH alcalin défavorable pour une meilleure absorption hydrominérale des Plantes dans ces milieux.

Des résultats similaires ont été rapportés par [Ben Ahmed 2008], qui confirme que les deux principales manifestations de la salinité sont la réduction de la taille des plantes, et l'apparition de nécroses foliaires aux concentrations plus élevées, signes d'une toxicité par excès d'accumulation de sel dans les feuilles.

Tableau N° 22 : Accroissement des paramètres mesuré en fonction des traitements salé naturel :

Traitement \ Paramètre	T2	T3	T4	T5
hauteur finale des plantes (cm)	26%	189 %	96%	118 %

Le tableau (22) montre une influence significative de l'effet traitement sur la hauteur finale des plantes, où le traitement T3 présent l'accroissement le plus élevé (189 %), et ce compte tenu la richesse du milieu nutritif en éléments minéraux indispensable.

5.1.4. Diamètre des tiges:

La mesure du diamètre des tiges a été effectuée au moment de la coupe finale à l'aide d'un pied à coulisse au niveau du collet de chaque plant (tableau 23).

Tableau N° 23 : Diamètre des tiges en (mm)

Traitements \ Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Diamètre des tiges en (mm)	4.71	7.00	13.57	7.00	10.14
	±	±	±	±	±
	0.76	0.82	0.79	0.82	0.90
	d	c	a	c	b

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative ($P < 0,001$). Les mesures effectuées au moment de la coupe finale ont montré que les traitements corrigé et dilué (T3, T2, T4, T5) ont enregistré les meilleurs diamètres par rapport à la solution saline naturelle (T1). Le meilleur diamètre est obtenu au niveau des plants alimentés par la solution saline corrigée (T3) avec une valeur de 13.57 mm.

Le test de Newman-Keuls ($\alpha = 5\%$) classe la solution saline naturelle (T1) dans le groupe homogène (d) avec le diamètre le plus faible qui est égal à 4.71 mm.

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

Tableau N°24 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction des traitements salé naturel :

Traitements paramètre	T2	T3	T4	T5
diamètre des tiges (mm)	48%	188%	48%	115%

Selon le tableau n°24, nous remarquons que le facteur traitement exerce un effet sur le diamètre des tiges. En effet, nous constatons que le traitement (T3) présente l'accroissement le plus élevé avec une valeur de 188% par rapport au (T1), suivie par le traitement (T5) avec un pourcentage de 115%. Et puis les traitements (T4) et (T2)

5.1.5 .Nombre de feuilles:

Ce comptage est réalisé au niveau de chaque plant au moment de la coupe finale (Tableau25).

Tableau N°25:Nombre de feuilles/ plante

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Nombre de feuilles	6.71 ± 0.76 c	10.43 ± 0.53 b	13.71 ± 1.11 a	10.71 ± 1.11 b	10.71 ± 1.11 b

L'analyse de la variance a montré une différence très hautement significative ($P < 0,001$). Pour ce qui est du nombre des feuilles, les meilleures performances sont toujours enregistrées par la solution saline corrigée, et diluées (T3, T5, T4, T2)

La réduction du nombre des feuilles au niveau du traitement (T1) est due à des perturbations des taux des régulateurs de croissance (acide abscissique et cytokinines) induites par le sel, parfois à une réduction de la capacité photosynthétique suite à une

diminution de la conductance stomatique de CO₂ sous la contrainte saline (Ben Khaled et al.2003).Aussi ce résultat confirme le travail de [Snoussi et Halitim 1998], qui ont montré que la salinité provoque la réduction du nombre des feuilles de l'aubergine.

Tableau N° 26 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction des traitements salé naturel :

Traitements	T2	T3	T4	T5
Paramètre				
nombre des feuilles	55 %	104 %	59 %	59 %

Le tableau (26) montre une influence de l'effet du facteur traitement sur le nombre des feuilles des plantes, où le traitement T3 présent l'accroissement le plus élevé (104 %) par rapport au T1, suivie par les traitements T5et T4, et puis enfin le traitement T2 avec une valeur la moins élevée de (55%),

5.1.6. La surface foliaire (cm²) :

Tableau N° 27 : la surface foliaire des plantes

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètre					
La surface foliaire	257.44 ± 1.82 e	1172.28 ± 1.89 c	3965.35 ± 1.51 a	1100.33 ± 1.48 d	2063.20 ± 1.60 b

L'analyse de la variance a révèlé une différence très hautement significative, les mesures effectuées au moment de la coupe finale ont montré que la solution saline corrigées et dilué (T3, T2, T4, T5) ont enregistrées les meilleures surfaces foliaires par rapport aux solutions salines naturelle (T1). La meilleure surface est obtenue au niveau des plants alimentés par la solution saline corrigée (T3) dans le groupe homogène (a), avec une valeur de 3965.35 cm², et suivie par les traitements (T5.T4.T2) avec des valeurs (2063.20cm², 1100.33cm², 1172.28cm²)

Le test de Newman-Keuls ($\alpha = 5\%$) classe la solution saline naturelle(T1) dans le groupe homogène (e) et dont la surface foliaire le plus faible qui est égal à 257.44cm²

Tableau N° 28 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction des traitements salé naturel :

Traitements Paramètre	T2	T3	T4	T5
surface foliaire des plantes	355 %	1440 %	327 %	701 %

Le tableau (28) montre une influence significative de l'effet du facteur traitement sur la surface foliaire des feuilles des plantes, où le traitement T3 présent l'accroissement la plus élevé (1440 %) Par rapport au T1, suivie par les traitements T5 et T2 et enfin par le traitement T4.

5.1.7. Biomasse fraiche totale [g]:

Le poids frais total est pesé au niveau de chaque plant au moment de la coupe finale (tableau29).

Tableau N°29: Biomasse fraiche totale en [g]:

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
La biomasse fraiche totale (g)	8.06 ± 1.98 e	35.91 ± 1.94 c	141.44 ± 1.42 a	33.22 ± 1.94 d	66.52 ± 1.80 b

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les différentes moyennes mesurées de la biomasse fraiche 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 (05) groupes homogènes. Le poids frais total le plus élevé est enregistré au niveau des plantes alimentées par le traitement salin corrigé (T3) groupe (a), dont la biomasse fraiche totale la plus élevée est celle de (T3) correspondant à 141.44g.

Le groupe (e) correspondant au traitement salin naturel (T1) enregistre une chute de la biomasse fraiche total en comparaison avec la solution saline corrigée,

La concentration élevée en sels au niveau de traitement salin naturel (T1) à un triple effet :

-Elle réduit le potentiel hydrique, cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique et provoque une toxicité ionique. Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et à une limitation de la biomasse fraîche totale.

-La diminution de la croissance apicale et radiale est une réponse à la déshydratation.

-Elle contribue à la conservation des ressources en eau, ce qui permet la survie de la plante.

Selon [Gadallah 1999], confirme que dans un milieu salin, la vigueur du plant est réduite et la biomasse fraîche des organes est proscrite.

Le groupe (c) correspondant au traitement salin naturelle à un pH (5.5_5.8), ce traitement donne un poids frais totale plus élevés par rapport au traitement saline naturelle de pH =7.8, donc la correction de pH de la solution permet d'éviter les risques de précipitation des phosphates et sulfates avec le calcium et avec certains oligoéléments. et aussi pour assurées l'absorption de la majorité des éléments minéraux.

Le groupe (b et d) correspondant au traitement saline diluée à 40% et 20% à partir de T3, la dilution de 40% présente un poids frais total plus élevés (66.52g) par rapport à la dilution de 20% de (33.22g).

Tableau N°30 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction des traitements salé naturel :

Traitements Paramètre	T2	T3	T4	T5
la biomasse fraîche totale des plantes	345 %	1654 %	312 %	725 %

Le tableau (30) montre une influence significative de l'effet du facteur traitement sur la biomasse fraîche totale des plantes, où le traitement T3 présent l'accroissement le plus élevé (1654 %) Par rapport au T1, suivie par les traitements T5 et T2

5.1.8. Biomasse fraîche des feuilles[g]:

Ce paramètre biométrique est pesé au niveau de chaque plant au moment de la coupe finale (Tableau31).

Tableau N° 31: Biomasse fraiche des feuilles en [g]:

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
La biomasse fraiche des feuilles (g)	6.04	28.69	100.62	24.83	48.50
	±	±	±	±	±
	1.46 e	1.67 c	1.38 a	1.45 d	1.69 b

Selon les résultats qui sont enregistrés dans le tableau N°34, on remarque que les traitements testés dans notre expérimentation que ce soit salins naturel ou salins corrigé ou dilué, exercent un effet significatif sur la biomasse fraiche des feuilles durant tout le stade de développement des plantes.

Les plantes irriguées par le traitement saline naturelle corrigée et diluée(T3.T5.T4.T2) présentent les meilleurs résultats de la biomasse fraiche des feuilles, et sont classées dans des groupes homogènes (a.b.d.c.), avec des valeurs (100.62g, 48.50g, 28.69g, 14.83g,) respectivement

Les plantes irriguées par la solution saline naturelle (T1), présente une biomasse fraiche des feuilles faible quelque soit le type du sel testé. En effet, le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ classe dans le cinquième groupe homogène (e) les eaux précitées. Ceci peut être expliqué par le manque des éléments essentiels pour le développement et la croissance tels que : N, P, K, Mg, Fe,...

Selon [Maillard 2001], les ions de sodium et de chlorite peuvent être absorbés par les racines et s'accumuler dans les feuilles. Dés lors, ces ions peuvent provoquer les brûlures et le jaunissement prématuré des feuilles. En revanche, la correction de l'eau saline manifeste un développement important de la biomasse fraiche des feuilles issu d'un équilibre ionique parfait du milieu alimentaire.

Tableau N° 32: Accroissement du paramètre mesuré en fonction des traitements salé naturel :

Traitements Paramètre	T2	T3	T4	T5
la biomasse fraiche des feuilles	375 %	1565 %	311 %	702 %

Le tableau (32) montre une influence significative de l'effet du facteur traitement sur la biomasse fraîche des feuilles, où le traitement T3 présente l'accroissement le plus élevé (1565 %) Par rapport au T1, suivie par les traitements T5 et T2

5.1.9. Biomasse fraîche des tiges [g]:

Ce paramètre biométrique est pesé au niveau de chaque plant au moment de la coupe finale

Tableau N° 33: Biomasse fraîche des tiges [g]:

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
La biomasse fraîche des tiges (g)	2.01 ± 0.44 e	7.22 ± 0.72 d	40.82 ± 1.75 a	8.47 ± 0.98 c	18.31 ± 1.12 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 des tiges ce qui met en évidence l'influence des différents sels dans les solutions d'irrigations testé. En effet, le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir (05) groupes homogènes : La meilleure performance a été enregistrée au niveau des traitements (T3) avec la valeur la plus élevée qui correspond à 40.82g. Dans le groupe homogène (a) et suivie par les traitements salines diluées T5.T4.Avec des valeurs (18.31g, 8.47g,) respectivement

Le groupe (e) est représenté par les moyennes mesurées chez les individus qui ont reçu les traitements salins naturels (T1), avec une biomasse fraîche des tiges la plus faible qui est de 2.01g.

Tableau N° 34: Accroissement du paramètre mesuré en fonction des traitements salé naturel :

Traitements Paramètre	T2	T3	T4	T5
la biomasse fraîche des tiges	259 %	1930 %	321%	810 %

Le tableau (34) montre une influence significative de l'effet du facteur traitement sur la biomasse fraîche des tiges, où le traitement T3 présente l'accroissement le plus élevé

avec (1930%) Par rapport au T1, suivie par les traitements T5 et T4 avec un accroissement de (810%), (321%)

5.1.9. Biomasse fraîche des racines [g]:

La mesure de la biomasse fraîche des racines a été effectuée au moment de la coupe finale (tableau 35)

Tableau N°35: Biomasse fraîche des racines [g]:

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
La biomasse fraîche des racines (g)	2.72 ± 0.20 e	23.17 ± 1.79 c	78.08 ± 1.70 a	17.34 ± 1.86 d	43.69 ± 1.78 b

La mesure du poids frais racinaire d'après l'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative ($p < 0.001$). Les poids les plus élevés sont enregistrés par les solutions salines corrigées et diluées (T3, T5, T2, T4) avec une meilleure performance de 78.08g au niveau de (T3).

Parmi la solution saline naturelle, qui est classé statistiquement dans le cinquième groupe homogène (e), qui enregistre le paramètre mesuré le moins élevé (2.72g).

Selon [DIEHIL 2001], note également 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 prolongé

Tableau N° 36 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction des traitements salé naturel :

Traitements Paramètre	T2	T3	T4	T5
la biomasse fraîche des	1194 %	2770 %	537 %	1506 %

Le tableau (36) montre une influence significative de l'effet du facteur traitement sur la biomasse fraîche des tiges, où le traitement T3 présent l'accroissement le plus élevé avec (2770 %) Par rapport au T1, suivie par les traitements T5 et T2.

5.1.10. Longueur des racines [cm]:

La longueur racinaire a été mesurée effectuée au moment de la coupe finale après avoir enlevé les racines des plantes. Elles sont secouées et lavées pour éliminer le gravier collet (tableau37)

Tableau N°37: La longueur des racines [cm]:

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
La longueur des racines (cm)	23.43 ± 0.98 c	25.57 ± 1.40 b	27.71 ± 1.58 a	25.77 ± 1.14 b	26.36 ± 1.03 ab

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les différentes moyennes mesurées de la longueur des racines.

Ceci met en évidence l'influence des sels au niveau des différentes solutions d'irrigations. En effet, le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir quatre groupes homogènes. Le groupe (a) dominant est représenté par les moyennes mesurées chez les individus qui ont reçu les traitements (T3) avec une valeur la plus élevée 27.71cm. Ceci peut être expliqué par l'équilibre ionique parfait dans les solutions salines corrigées et leurs richesses en éléments fertilisants, notamment la présence de macro éléments tels que l'azote, du phosphore, du potassium et ainsi la présence des oligoéléments.

Le deuxième groupe (ab) est représenté par le traitement salin dilué (T5), avec une valeur de 26.36cm, et contenue par la moyenne qui est enregistrée dans le même groupe homogène (b), c'est le T4 et T2 avec des valeurs de (25.77 cm, et 25.57 cm)

Les plantes irriguées par le traitement saline naturelle T1 sont classées dans le groupe homogène (c), avec de valeur de (23.43cm)

Tableau N° 38 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction des traitements salé naturel :

Traitements	T2	T3	T4	T5
Paramètre				
la longueur des racines	09 %	18 %	09 %	12 %

Le tableau (38) montre une influence significative de l'effet du facteur traitement sur la longueur des racines, où le traitement T3 présent l'accroissement le plus élevé (18 %) Par rapport au T1, suivie par les traitements T5 et T2, T4



Figure N °13: Les racines de différents traitements.

5.1.11. Biomasse sèche totale [g]:

Le poids sec total (feuille+ tige) est présenté dans le (tableau39).

Tableau N°39 : Biomasse sèche totale [g]:

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètre					
La Biomasse sèche totale [g]	2.49 ± 0.42 d	5.48 ± 1.43 c	16.75 ± 1.70 a	5.76 ± 1.00 c	8.99 ± 1.27 b

Tableau N° 40: Accroissement du paramètre mesuré en fonction des traitements salé naturel :

Traitements	T2	T3	T4	T5
Paramètre				
la Biomasse sèche totale [g]	120 %	572 %	131%	261 %

Les résultats obtenus révèlent que les traitements testés ont une influence significative sur la production de la biomasse sèche totale durant le cycle du développement de l'aubergine. Les plantes issues de la solution saline corrigée (T3), donnent la biomasse sèche totale la plus élevée.

Le test de Newman et keuls révèle l'existence de quatre groupes homogènes dont le premier groupe (a) représente la solution saline corrigée (T3) avec une valeur qui correspond à (16.75 g) et qui représente un accroissement de 572% par rapport au deuxième groupe homogène (b) représenté par les traitements salins naturels dilués 40% (T5). avec une valeur de (8.99) et d'accroissement de 261%

Le troisième groupe homogène à savoir le groupe (c) représente les traitements (T4 T2) enregistrent des valeurs (5.76g, 5.48 g)

Le dernier groupe homogène c'est le groupe (d), représente la solution saline naturelle (T1), et enregistre les faibles biomasses sèches totales de la partie aérienne (2.49g) ; Ceci peut être expliqué par une conductivité électrique (CE) très élevée, associée à un pH alcalin causent un déséquilibre ionique des traitements d'irrigation des milieux et une mauvaise alimentation hydrominérale suite à une pression osmotique très élevée du milieu extérieur.

Selon [LOUE 1986]; confirme que la salinité des eaux d'irrigation inhibe la croissance des organes de la partie aérienne ce qui se manifeste très visiblement sur l'ossature de ces plantes, et qui se traduit sur un faible taux de la biomasse totale de la plante.

Aussi, les travaux de (BRESSAN, 1984) ont montré qu'en milieu salin la plante doit réguler strictement la pénétration des ions à travers les racines pour empêcher une accumulation trop rapide des ions au niveau aérien ; ceci conduit à une accentuation du déficit hydrique.

5.1.12. Biomasse sèche des feuilles [g]:

Ce paramètre est réalisé après séchage des feuilles dans un étuve à 75°C jusqu'à la stabilité du poids sec de cet organe (tableau 41).

Tableau N°41: Biomasse sèche des feuilles [g]:

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
La Biomasse sèche des feuilles [g]	1.59 ± 0.41 d	4.15 ± 0.90 c	10.84 ± 1.70 a	4.23 ± 1.03 c	5.79 ± 1.28 b

Tableau N°42: Accroissement du paramètre mesuré en fonction des traitements salé naturel :

Traitements Paramètre	T2	T3	T4	T5
Biomasse sèche des feuilles en [g]	161 %	581%	166 %	264%

On peut noter que la solution saline équilibrée (T3) a enregistré une valeur maximale de (10.84g), avec un accroissement de (581%) suivi par les solutions diluées (T4.T5.T2) avec des valeurs de (4.23g ,5.79g, 4.15g) respectivement.

Ces biomasses sèches très importantes produites par les plantes qui sont alimentées par les traitements salinés corrigées sont dues essentiellement à la richesse de ces solutions en macros et en micro-éléments. Ainsi, la présence d'un potentiel hydrique (pH) favorable facilitant l'absorption de ces derniers par les plantes de l'aubergine dans ces milieux nutritifs.

Ce résultat confirme le travail de [Francis et al 1970], qui à montré que la correction des eaux salines provoque l'augmentation de la biomasse sèche des feuilles de l'aubergine.

Les résultats révélées par les plantes alimentées par les eaux salines naturelles sont classées par le test Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ dans le groupe homogène(d). avec une valeur de 1.59g.

5.1.13. Biomasse sèche des tiges [g]:

Ce paramètre suit le même principe que le poids sec des feuilles. Il y a eut séchages des tiges dans un étuve à 75°C jusqu'à la stabilité du poids sec de ces organes (tableau 43).

Tableau N°43: Biomasse sèche des tiges [g]:

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètre					
La Biomasse sèche des tiges [g]	0.90 ± 0.14 c	1.33 ± 0.55 c	5.91 ± 2.31 a	1.53 ± 0.38 C	3.20 ± 0.94 b

Tableau N° 44: Accroissement du paramètre mesuré en fonction des traitements salé naturel :

Traitements	T2	T3	T4	T5
Paramètre				
Biomasse sèche des tiges en [g]	47 %	556 %	70 %	255 %

D'après les résultats enregistrés dans le tableau (44) nous n'avons constaté que le poids sec des tiges est influencé par les différents traitements testés.

La solution saline brute (T1), manifeste une biomasse sèche faible (0.90g) quelque soit le stade de développement. Ceci peut être expliqué par l'absence des éléments nécessaires pour la fabrication des produits de métabolisme de la plante.

En revanche, les solutions salines naturelles sont classées dans le même groupe homogène(c) avec les traitements(T2.T4) où on enregistre des biomasses sèches des tiges les plus faibles (0.90g). Et suivie par les traitements T4.etT2 (1.53g 1.33g) avec des accroissements de (47%. 70%).

Les meilleures performances sont enregistrées par la solution saline corrigé (T3) avec un poids qui correspond à 5.91g, et accroissement de 556%

5.1.14. Biomasse sèche des racines [g]:

La biomasse sèche des racines est représentée dans le (tableau45).

Tableau N°45: Biomasse sèche des racines [g]

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
La Biomasse sèche des racines [g]	0.69 ± 0.31 e	4.52 ± 1.18 c	19.79 ± 1.24 a	2.88 ± 1.02 d	16.86 ± 1.74 b

Tableau N° 46: Accroissement du paramètre mesuré en fonction des traitements salé naturel :

Traitements paramètre	T2	T3	T4	T5
Biomasse sèche des racines en [g]	555 %	2768 %	317 %	2343 %

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les différentes moyennes mesurées de la biomasse sèche des racines. En effet, le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir Cinq groupes homogènes (a.b.c.d.e)

Le groupe (a) dominant est représenté par les moyennes mesurées chez les individus qui ont reçu les traitements (T3. T5) avec des valeurs de 19.79g et 16.86g respectivement. Avec des accroissements de (2768% .et 2343%).Ceci peut être expliqué par la meilleure répartition spatiale des racines suite à l'équilibre ionique des milieux et surtout leur richesse en éléments minéraux indispensables à la croissance radriculaire.

Les groupes (c) et (d), montrent les plantes irriguées par les solutions salines à un pH= 5.5, et diluées 20%, et on a enregistré des valeurs (4.52g ,2.88g) avec des accroissements de (555 %), (317%).

Le groupe (e), présentent les plantes irriguées par la solution saline naturelle (T1), et donnent une valeur la plus faible par rapport aux autres traitements, avec une valeur de (0.69g).

5.1.15. La matière sèche totale [%]:

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

<p>La matière sèche totale [%]= poids sec total du plant /poids frais total du plant ×100</p>
--

Tableau N°47: La matière sèche totale [%]

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
La matière sèche totale [%]	15.19 ± 0.31 a	15.02 ± 0.30 a	12.68 ± 0.22 b	14.99 ± 0.40 A	14.76 ± 1.03 a

Tableau N°48: Accroissement du paramètre mesuré en fonction des traitements salé naturel corrigé T3 :

Traitements Paramètre	T1	T2	T4	T5
la matière sèche totale en [g]	119%	118%	118%	116%

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative entre les différentes moyennes mesurées de la matière sèche totale ce qui met en évidence l'influence des traitements testés sur le paramètre mesuré. En effet, le teste de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir deux groupes homogènes.

Le groupe (a), représenté par les moyennes mesurées chez les individus qui ont reçu les traitements (T1), (T2), (T4), (T5) avec des valeurs de 15.19g,15.02g ,14.76g, 14.99g.

Enfin, le taux de la matière sèche totale de la partie aérienne le plus faible est enregistré par le traitement (T3) avec une valeur de 12.68g,

A ce propos, [Hopkins 2003] note que les concentrations salines élevées provoquent une sécheresse physiologique précoce, ce qui rend de plus en plus difficile l'absorption d'eau et de nutriments par les plantes stressées, ce qui a pour conséquence un dessèchement précoce de la biomasse produite.

5.1.16. La matière sèche des feuilles [%]:

Le taux de la matière sèche des feuilles est représenté dans le (tableau49).

Tableau N°49: La matière sèche des feuilles [%]

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
La matière sèche des feuilles [%]	26.32 ± 0.01 a	14.46 ± 0.06 a	10.77 ± 0.01 d	17.03 ± 0.50 B	11.93 ± 0.31 c

Tableau N° 50: Accroissement paramètre mesuré en fonction des traitements salé naturel corrigé T3:

Traitements Paramètre	T1	T2	T4	T5
matière sèche des feuilles en [g]	144%	34 %	58 %	10 %

L'analyse de la variance de la matière sèche des feuilles a révélé une différence significative entre les cinq traitements testés. Le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir quatre groupements homogènes ou la dominante des traitements est celle du (T1.T4) avec des valeurs correspondant à (26.32g et 17.03g) respectivement.

Dans le groupe homogène (a) et (b)

Compte tenu le stockage des sels dans les tissus foliaires de ces traitements dominants, les feuilles subissent une sécheresse physiologique précoce, ce qui rend de plus en plus difficile l'absorption d'eau et de nutriments par les plantes stressées.

A cet effet, les feuilles se dessèchent et leur poids se rapproche de poids sec donc la matière sèche devient très important.

Les traitements salins corrigés et diluée 40% (T3, T5) sont classés en deuxième et troisième groupe homogène (d et c), ce qui montre que la correction des eaux salines naturelles améliore l'état hydrique de la plante et par conséquent le taux de la matière sèche de ces organes sera moindre que le précédent.

5.1.17. La matière sèche des tiges [%] :

Le taux de la matière sèche des tiges est présenté dans le (tableau51):

Tableau N°51: La matière sèche des tiges [%]

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
La matière sèche des tiges [%]	44.77 ± 0.11 a	18.42 ± 0.06 b	14.47 ± 0.01 d	18.08 ± 0.10 B	17.76 ± 0.04 c

Tableau N° 52 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction des traitements salé naturel corrigé T3:

Traitements Paramètre	T1	T2	T4	T5
la matière sèche des tiges en [g]	209%	27 %	24%	22 %

Egalement l'analyse de la variance a révélé une différence significative ($p < 0.001$) entre les différentes moyennes de la matière sèche des tiges mentionnées ci dessus.

Le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir quatre groupes homogènes dont la valeur la plus élevée est celle issue des traitements arrosés par la solution saline naturelle (T1) et traitement corrigées seulement le pH, avec un taux de matière sèche des tige égale à 44.77g, et 18.42g

Pour les traitements salins corrigées et diluées à 40% (T3 et T5), présentent un taux de matières sèches faibles par rapport au traitement (T1), avec une valeur de (14.47g, et 17.76g),

D'après [Agers et Westcot 1976], l'apport de l'eau est nécessaire pour assurer un rendement maximum tant en produit frais qu'en produit sec. Autrement dit une plante à besoin de quantités importantes d'eau pour produire de la matière sèche.

5.2. Paramètres de rendements

5.2.1. Nombre de fleurs par plant:

L'estimation de la floraison à 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 suivant.

Tableau N°53: Nombre de fleurs par plant

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Nombre des fleurs par plant	1.14 ± 0.38 c	2.14 ± 1.46 c	5.57 ± 1.81 a	2.00 ± 1.53 C	3.86 ± 0.69 b

Tableau N° 54 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction des traitements salé naturel :

Traitements Paramètre	T2	T3	T4	T5
nombre des fleurs	87%	388%	75%	238 %

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence très hautement significative entre les différentes moyennes du paramètre étudié. Le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ révèle trois groupes homogènes dans le premier fleurs est dominé par les traitements salins corrigés et diluées 40 % (T3, T5).avec un accroissement de 488% et 338 %

Les plantes irriguées par le traitement (T3 et T5) manifestent le nombre des fleurs le plus élevé, avec des valeurs de 5.57 et 3.86 respectivement.

A l'inverse, les traitements salins naturels et diluées 20% (T1, T4) sont classés dans le groupe (c). On peut noter également que la floraison est plus affectée lorsque l'élément magnésium apporté est lié aux chlorures et l'élément sodium est lié aux sulfates pour former la solution d'irrigation (T1).

Des résultats similaire ont été notés par [Denden et al 2005] où ils ont montrés que le nombre des fleurs diminuent avec l'augmentation de la salinité du milieu quelque soit le type des sels testé.

5.3. Les paramètres physiologiques

5.3.1. Taux de proline dans les feuilles de la plante [$\mu\text{g/g}$ MF]:

La proline est un acide aminé synthétisé par la plante pour affronter un stress environnemental. Pour localiser cet osmo-régulateur, nous avons préconisé son dosage dans les feuilles de la plante.

Tableau N° 55: Taux du proline dans les feuilles de la plante [$\mu\text{g/g}$ MF]:

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Taux du proline dans les feuilles de la plante [$\mu\text{g/g}$ MF]	0.69 \pm	0.91 \pm	2.15 \pm	0.28 \pm	0.42 \pm
	0.19 bc	0.29 b	0.26 a	0.04 c	0.04 c

Tableau N° 56: Accroissement du paramètre mesuré en fonction des traitements dilué T4 :

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T5
le taux du proline dans les feuilles des plantes	146 %	225%	667%	50 %

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les différents traitements testés ce qui montre bien que leurs actions sur la production de proline synthétisée par les plantes et ce en fonction de l'intensité du stress salin, de la nature de la solution (naturelle ou corrigée ou diluées) et surtout au niveau de l'organe végétal (feuille) de la plante.

Le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir quatre groupes homogènes. Le premier groupe (a) renferme le traitement salin corrigé T3 qui présente la quantité de proline la plus élevée contrairement au troisième groupe (c) renfermant le traitement T4 qui présente la quantité de proline la moins élevée.

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.

Selon le tableau précédent nous remarquons que l'accroissement de proline le plus élevée par rapport au T4 est celui du traitement T3, suivi de celui du T2 et du T1, avec en dernier l'accroissement du traitement T5.

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

Les résultats obtenus sont classés dans le (tableau 57).

Tableau N°57: Taux de la chlorophylle (A) [$\mu\text{g/g MF}$]

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Taux de la chlorophylle (A) [$\mu\text{g/g MF}$]	0.14 ± 0.15 d	0.29 ± 0.06 c	0.51 ± 0.33 a	0.28 ± 0.23 C	0.36 ± 0.13 b

Tableau N°58: Accroissement du paramètre mesuré en fonction des traitements salé naturel :

Traitements Paramètre	T2	T3	T4	T5
le taux chlorophylle (A) dans les feuilles des plantes	107 %	264%	100%	157%

L'analyse de la variance montrée qu'il existe une différence hautement significative du facteur traitement sur le taux de la chlorophylle (A) dans les feuilles médianes des plantes de l'aubergine. Le test de Newman-Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir quatre groupes homogènes. Cependant, les plantes traitées par la solution saline corrigée (T3) et la solution saline diluées 40 % (T5) synthétisent la plus grande quantité de fluorescence chlorophyllienne (A) avec des valeurs de 0.51 et 0.36 $\mu\text{g/g MF}$ respectivement ; suivi par les autres traitements salins corrigés (T4 et T2) qui manifestent des valeurs qui correspondent à 0.28 et 0.29 $\mu\text{g/g MF}$ respectivement.

Ces résultats obtenus sont justifiés par une meilleure alimentation hydrominérale suite à la correction des eaux salines naturelles qui se traduit par une grande biomasse foliaire produite.

Le traitement salin naturel(T1) est classé au groupe (d) avec de valeur qui corresponde 0.14 µg/g MF,

Des résultats similaires ont été trouvées par les travaux de [Ould Djeh et Ben Salah 2006] qui notent que l'acte photochimique des photosystèmes II (différents processus de captation de la lumière et transfert des électrons en provenance de la photolyse de l'eau) des plants traités par les eaux salines présentent des perturbations qui pourraient être attribuées aux fortes concentrations des assimilât dans les feuilles.

Nous constatons d'après le tableau n°58 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 au T1.

5.3.3. Taux de la chlorophylle (B) [µg/g MF]:

Les résultats obtenus sont classés dans le (tableau 62).

Tableau N°59: Taux de la chlorophylle (B) [µg/g MF]

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Taux de la chlorophylle (B) [µg/g MF]	0.07	0.33	0.59	0.26	0.36
	±	±	±	±	±
	0.47	0.29	0.72	0.38	0.25
	d	bc	a	C	b

Tableau N° 60 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction des traitements salé naturel :

Traitements Paramètre	T2	T3	T4	T5
le taux chlorophylle (B) dans les feuilles des plantes	371 %	742%	271%	414 %

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence hautement significative entre les différentes moyennes mesurées du Taux de la chlorophylle (B) dans les feuilles médianes de l'aubergine. Le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir cinq groupes homogènes.

Les résultats, présentés dans le tableau ci-dessus montrent que les plantes traitées par les solutions salines corrigées et diluées 40%(T3 et T5) synthétisent le taux de la chlorophylle (B) la plus importante avec des valeurs qui correspondent a0.59 et 0.36 µg/g MF respectivement. Ceci peut être expliqué par l'équilibre ionique parfait de ces milieux nutritifs

En revanche, le traitement salin naturel (T1) révèle la moyenne le plus faible en chlorophylle (B). Ceci peut être expliqué par l'oxydation des pigments chlorophylliens en raison du taux et de déséquilibre ionique des milieux nutritifs.

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. K, cheikh Mohamed H, abdellaoui R, ben naceur M et bel hadj S. 2008)

Des résultats similaires ont été trouvés par les travaux de [Cheikh et al 2008] où ils montrent que dans un milieu salin, le taux de chlorophylle (B) est affecté en raison des perturbations coursées au niveau des chloroplastes.

Le tableau de l'accroissement montre clairement la différence des teneurs en chlorophylles pour chaque traitement. L'accroissement du traitement T3 est plus élevé que le T2. Ainsi il est à la tête du classement suivi du T5 avec une valeur inferieur de presque la moitié. Le facteur traitement a eu un effet grandiose sur la quantité de la chlorophylle (b).

5.3.4. Taux de la chlorophylle (C) [µg/g MF]:

Les résultats obtenus sont classées dans le (tableau 61).

Tableau N°61 : Taux de la chlorophylle (C) [µg/g MF]

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Taux de la chlorophylle (C) [µg/g MF]	0.006 ± 0.02 c	0.18 ± 0.12 bc	1.44 ± 2.70 a	0.17 ± 0.53 Bc	0.37 ± 0.44 b

La quantité des caroténoïdes accumulés dans les feuilles de l'aubergine d'après l'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les moyennes trouvées. Les résultats sont classés statistiquement d'après le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ en quatre groupes homogènes où la dominance en chlorophylle (C) est obtenue par les plantes alimentées au niveau des solutions salines corrigées (T3 et T5) ainsi qu'au niveau des traitements (T4 et T2).

Les plantes alimentées par les eaux salines naturelles (T1) manifeste un taux de caroténoïdes la plus faible, avec une valeur de 0.006 $\mu\text{g/g}$ MF.

La chlorophylle (c) est la chlorophylle totale c'est donc la somme des deux précédentes. La chlorophylle (c) est la plus sensible à la salinité, Les travaux de (BALIBREA et al en 1997) ont montré que l'accumulation des sels affecte la régulation du transport des électrons au niveau des chloroplastes dans la feuille de l'aubergine et affecte par la suite le bon fonctionnement des chloroplastes et diminue la chlorophylle.

5.4. Classements des performances des paramètres biométriques, et de production, et physiologiques :

Tableau N° 62 : Classements des performances des paramètres biométriques

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5
paramètres					
La hauteur finale	5	4	1	3	2
Nombre des feuilles	5	4	1	3	2
Surface foliaires	5	4	1	3	2
Biomasse fraîche totale	5	4	1	3	2
Biomasse sèche totale	5	4	1	3	2
Diamètre des tiges	5	4	1	3	2
Totale	5	4	1	3	2

Tableau N° 63 : Classements des performances des paramètres de production

traitements paramètres	T1	T2	T3	T4	T5
Taux matière sèche totale	5	4	1	3	2
Taux matière sèche des feuilles	1	3	5	4	4
Taux matière sèche des tiges	1	2	5	3	4
Nombre des fleurs	5	3	1	4	2

Tableau N° 64 : Classements des performances des paramètres de production

Traitements paramètres	T1	T2	T3	T4	T5
Teneur en proline	3	2	1	5	4
Teneur en chlorophylle (A)	5	3	1	4	2
Teneur en chlorophylle (B)	5	3	1	3	2
Teneur en chlorophylle (C)	5	3	1	4	2
Totale	5	3	1	4	2

Conclusion

L'expérimentation réalisée dans ce présent travail, avait pour but de tester l'impact de la concentration saline et du potentiel hydrogène de différents milieux nutritifs sur les paramètres biométriques, de production et biochimiques de l'aubergine, et ce en hors sol.

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

- critère biométrique
- critère de production
- critère physiologique et biochimique

Selon les résultats présentés, nous remarquons quel traitement salin corrigé (T3) manifeste les meilleures performances biométriques, et se classe en première position par rapport aux autres traitements testés.

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

L'application de traitements salin naturel(T1) aux plantes expérimentées provoque , le retard de la vitesse de croissance ,la limitation de la croissance et le développement des plantes mis en évidence à travers les différents paramètres mesurés (hauteur finale des plants, diamètre des tiges, nombre de feuilles, biomasse fraîche et sèche de la partie aérienne), et un retard la floraison et la nouaison.

Aussi, nous constatons que le traitement salin naturel (T1) manifeste une augmentation significative de la matière sèche totale (feuilles + tiges) par rapport aux autre traitements testés (T3.T5.T4.T2) ,et ce compte tenu le dessèchement précoce des plantes dû à la mauvaise croissance des plantes et à l'inhibition de la photosynthèse au

niveau des chloroplastes en particulier par l'accumulation du sodium et des chlorures au niveau des jeunes feuilles qui limitent le mouvement des stomates et de la photosynthèse.

A l'inverse ; la correction de la solution saline naturelle et sa dilution à 20% et 40% (T3.T4.T5) a conduit à une augmentation significative de la croissance des plantes et ce au niveau de tous les paramètres étudiés (vitesse de croissance, poids frais totale.....)

Pour ce qui est de l'effet de la salinité de l'eau d'irrigation sur la production de proline au niveau des feuilles médianes c'est la réponse biochimique, analysée à travers l'expression de l'accumulation de la proline montre que les plantes de l'aubergine accumulent ce composé protéinique dans les feuilles à des proportions variables selon les différents traitements.

La teneur en proline se concentre dans les tissus foliaires à des teneurs significativement élevées notamment au niveau du traitement salin corrigé (T3) et ce par rapport aux autres traitements testés. Cette élévation de la concentration de proline au niveau de traitement salin corrigé, est en relation avec la composition et la concentration en osmolytes plus forte que dans les autres traitements testés L'osmolarité externe est donc plus forte ,ce qui nécessite un ajustement de l'osmolarité interne encore plus forte afin de permettre le passage de l'eau du moins concentré vers le milieu plus concentré, ce qui se traduit par une production accrue de proline .

L'évolution de la teneur en chlorophylle (A, B et C) montre que tous les traitements testés répondent parfaitement aux solutions d'irrigation préparées. Cependant, la réponse des traitements est variable, elle en fonction de type de sel présent et de l'intensité du stress

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

L'inhibition du transport du magnésium (Mg), à partir de la racine vers les feuilles stoppe la formation de la chlorophylle (A et B) et donc de la photosynthèse. Ilya apparition des tâches vertes claires sur les feuilles basales suivies d'un changement de l'aspect des feuilles. L'accumulation des sels dans le milieu salin naturel T1, entraîne une toxicité partielle vis à vis des plantes en début de culture. Au fur et à mesure de développement végétatif, on remarque plus ou moins une adaptation des plantes à ces milieux de culture, néanmoins, elles finissent par se dessécher.

Les annexes

Annexe 1 : la hauteur finale

		S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	Test F	PROBA	E.T	C.V
COUPE FINALE	VAR.TOTALE	1903.26	34	55.98				
	VAR.FACTEUR1	1862.59	4	465.65	343.52	0.0000		
	VAR.RESIDUELLE1	40.67	30	1.36			1.16	5.3%

Annexe 2: diamètre des tiges

		S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	Test F	PROBA	E.T	C.V
COUPE FINALE	VAR.TOTALE	350.74	34	10.32				
	VAR.FACTEUR1	330.74	4	82.69	124.03	0.0000		
	VAR.RESIDUELLE1	20.00	30	0.67			0.82	9.6%

Annexe3: nombre des feuilles

		S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	Test F	PROBA	E.T	C.V
COUPE FINALE	VAR.TOTALE	200.69	34	5.90				
	VAR.FACTEUR1	173.26	4	43.31	47.38	0.0000		
	VAR.RESIDUELLE1	27.43	30	0.91			0.96	9.1%

Annexe 4: biomasse fraiche totale

		S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	Test F	PROBA	E.T	C.V
COUPE FINALE	VAR.TOTALE	74486.27	34	2190.77				
	VAR.FACTEUR1	74386.16	4	18596.54	5572.43	0.0000		
	VAR.RESIDUELLE1	100.12	30	3.34			1.83	3.2%

Annexe 5: biomasse fraiche des feuilles

		S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	Test F	PROBA	E.T	C.V
COUPE	VAR.TOTALE	36778.31	36	1081.71				
FINALE	VAR.FACTEUR1	36707.56	4	9176.89	3891.69	0.0000		
	VAR.RESIDUELLE1	70.74	30	2.36			1.54	3.7%

Annexe 6:biomasse fraiche des tiges

		S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	Test F	PROBA	E.T	C.V
COUPE	VAR.TOTALE	6677.77	34	196.40				
FINALE	VAR.FACTEUR1	6641.89	4	1660.47	1388.36	0.0000		
	VAR.RESIDUELLE1	35.88	30	1.20			1.09	7.1%

Annexe 7:biomasse fraiche des racines

		S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	Test F	PROBA	E.T	C.V
COUPE	VAR.TOTALE	23951.70	34	703.40				
FINALE	VAR.FACTEUR1	23839.00	4	5959.75	2330.91	0.0000		
	VAR.RESIDUELLE1	76.71	30	2.56			1.60	4.8%

Annexe 8: biomasse sèche totales

		S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	Test F	PROBA	E.T	C.V
COUPE	VAR.TOTALE	297.07	34	8.74				
FINALE	VAR.FACTEUR1	296.90	4	74.23	13582.77	0.0000		
	VAR.RESIDUELLE1	0.16	30	3.0			0.07	0.4%

Annexe 9: biomasse sèche des feuilles

		S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	Test F	PROBA	E.T	C.V
COUPE FINALE	VAR.TOTALE	609.80	34	17.94				
	VAR.FACTEUR1	570.37	4	142.59	108.50	0.0000		
	VAR.RESIDUELLE1	39.43	30	1.31			1.18	17.8%

Annexe10:biomasse sèche des racines

		S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	Test F	PROBA	E.T	C.V
COUPE FINALE	VAR.TOTALE	2175.14	34	63.97				
	VAR.FACTEUR1	2132.62	4	533.15	376.14	0.0000		
	VAR.RESIDUELLE1	42.52	30	1.42			1.19	13.3 %

Annexe 11: matière sèche totale

		S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	Test F	PROBA	E.T	C.V
COUPE FINALE	VAR.TOTALE	42.32	34	1.24				
	VAR.FACTEUR1	30.98	4	7.74	20.47	0.0000		
	VAR.RESIDUELLE1	11.35	30	0.38			0.62	4.2%

Annexe 12:matière sèche des feuilles

		S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	Test F	PROBA	E.T	C.V
COUPE FINALE	VAR.TOTALE	32.72	34	0.96				
	VAR.FACTEUR1	30.63	4	7.66	109.13	0.0000		
	VAR.RESIDUELLE1	2.10	30	0.07			0.26	2.0%

Annexe 13: matière sèche des tiges

		S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	Test F	PROBA	E.T	C.V
COUPE FINALE	VAR.TOTALE	1215.46	34	35.75				
	VAR.FACTEUR1	1169.16	4	292.29	189.39	0.0000		
	VAR.RESIDUELLE1	46.30	30	1.54			1.24	15.9%

Annexe 14: matière sèche des racines

		S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	Test F	PROBA	E.T	C.V
COUPE FINALE	VAR.TOTALE	2758.57	34	81.13				
	VAR.FACTEUR1	2614.13	3	653.53	135.74	0.0000		
	VAR.RESIDUELLE1	144.44	34	4.81			2.19	8.6%

Annexe 14: la surface foliaire

		S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	Test F	PROBA	E.T	C.V
COUP FINALE	VAR.TOTALE	55874640	34	164371.75				
	VAR.FACTEUR1	5584556	4	13968639.00	4988800	0.0000		
	VAR.RESIDUELLE1	84	30	2.80			1.67	0.1%

Annexe 15 : dosage de la proline

	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	Test F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	7.21	14	0.51				
VAR.FACTEUR1	6.83	4	1.71	44.96	0.0000		
VAR.RESIDUELLE1	0.38	10	0.04			0.19	19.4%

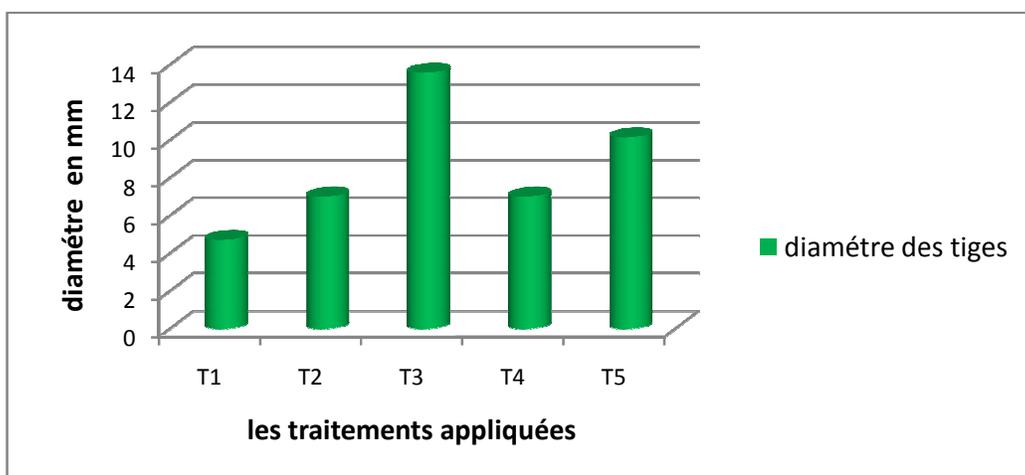
Annexe 16: dosage de la chlorophylle (A)

	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	Test F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	21.82	14	1.56				
VAR.FACTEUR1	21.41	4	5.35	128.72	0.0000		
VAR.RESIDUELLE1	0.42	10	0.04			0.20	6.4%

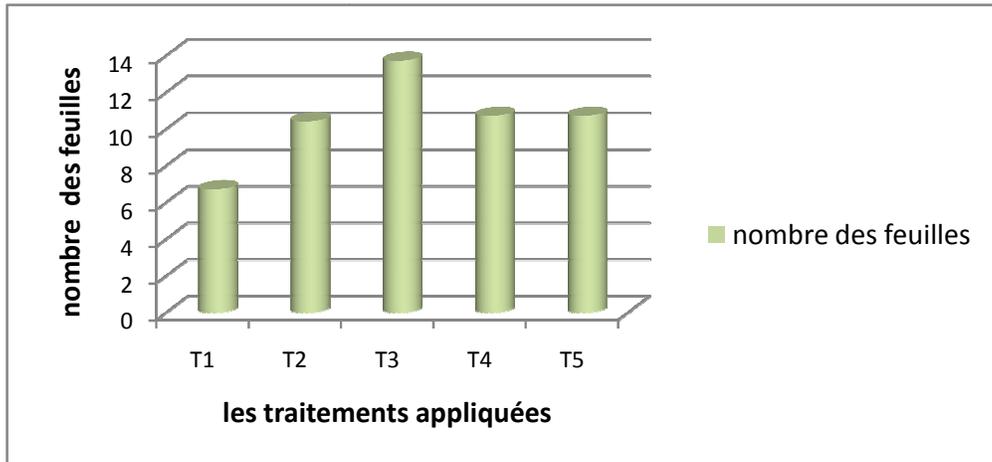
Annexe 17: dosage de la chlorophylle (B)

	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	Test F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	44.04	14	3.15				
VAR.FACTEUR1	41.99	4	10.50	51.23	0.0000		
VAR.RESIDUELLE1	2.05	10	0.20			0.45	13.8%

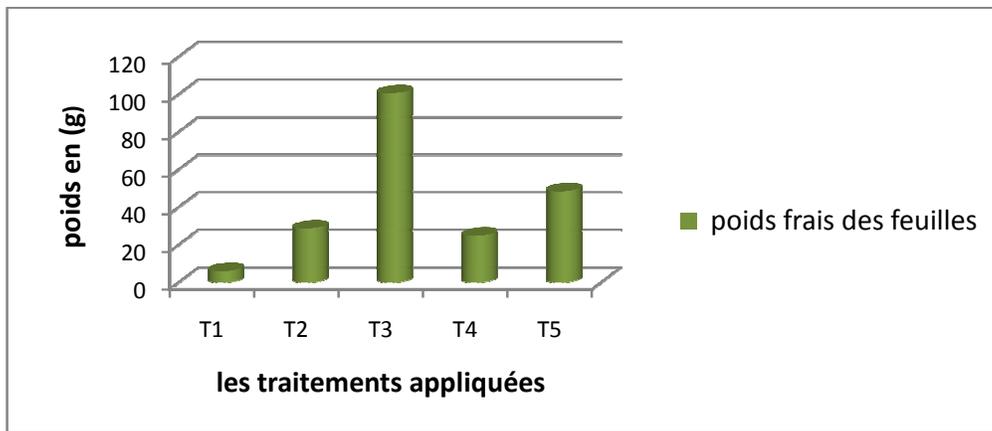
Annexe 18: Figure du diamètre des tiges.



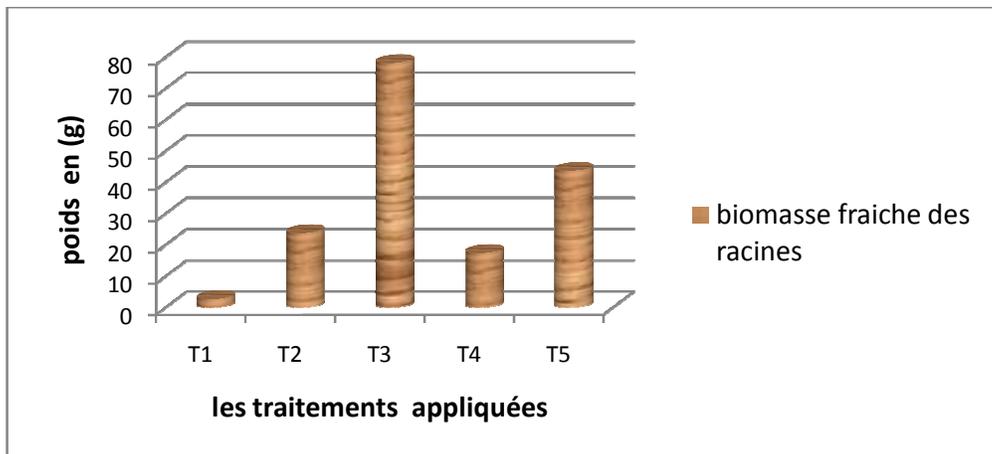
Annexe 19: Figure nombre de feuilles.



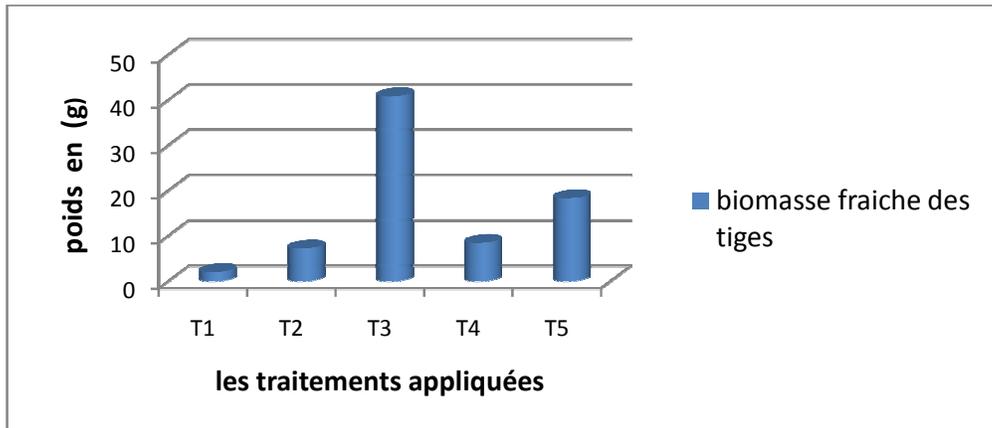
Annexe 20: Biomasse fraîche des feuilles.



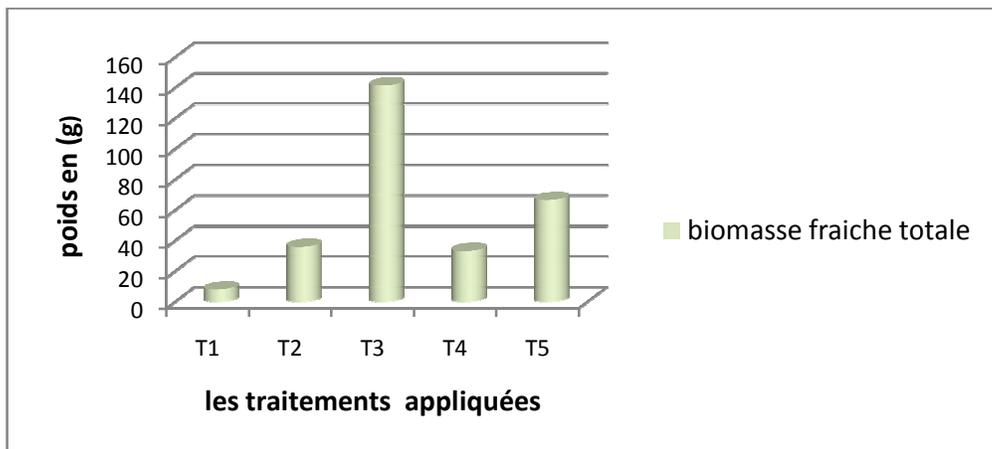
Annexe 21: Biomasse fraîche des racines.



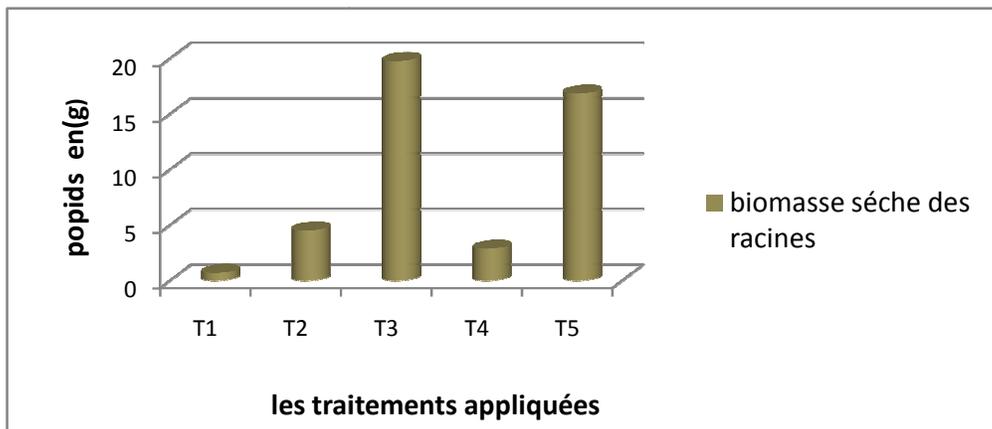
Annexe 22 : Biomasse fraîche des tiges.



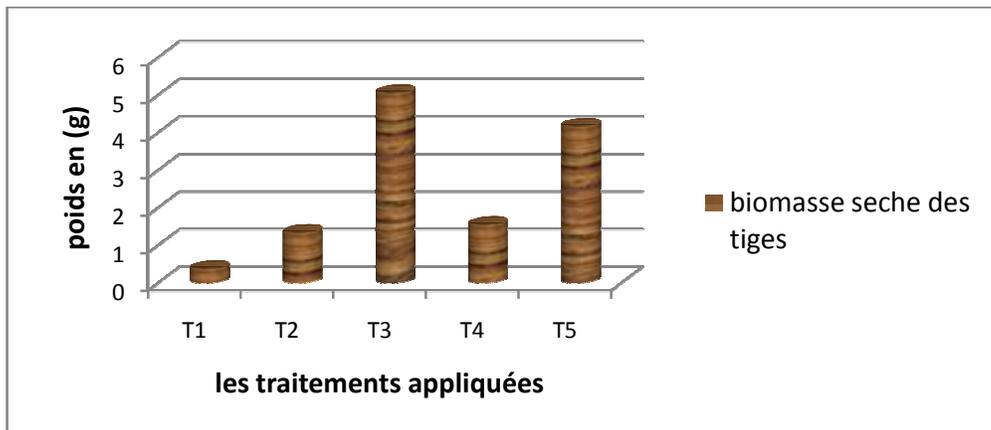
Annexe 23 : Biomasse fraîche totale



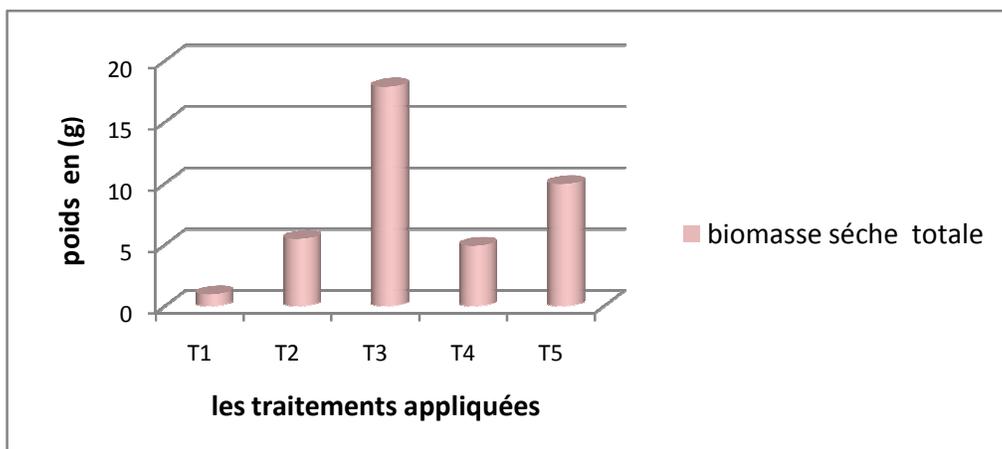
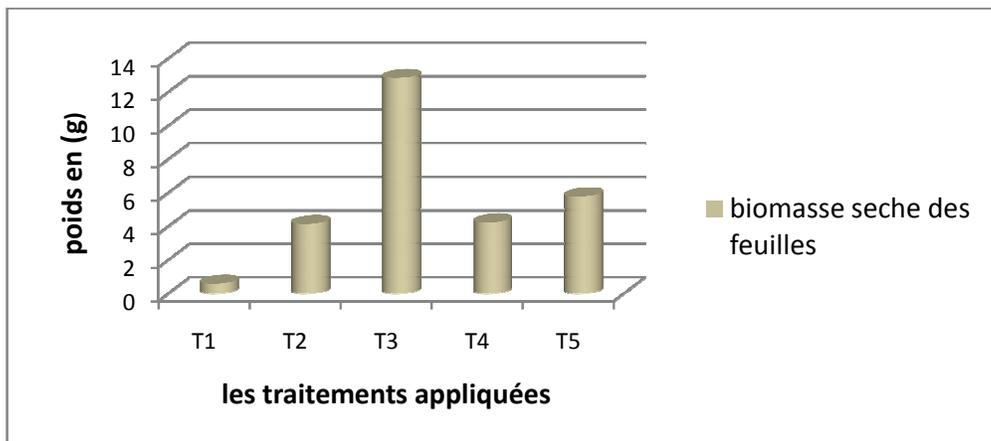
Annexe 24: Biomasse sèche des racines



Annexe 25: Biomasse sèche des tiges.

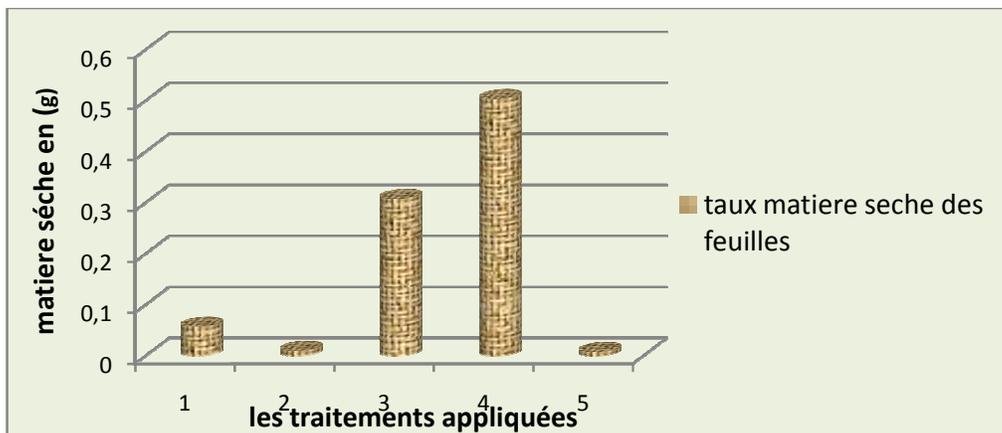


Annexe 26: Biomasse sèche des feuilles.

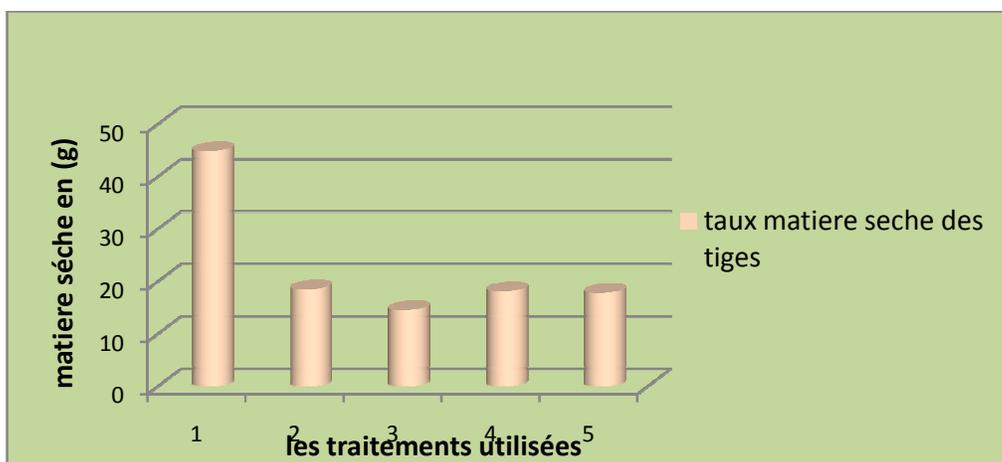


Annexe 27 : Biomasse sèche totale.

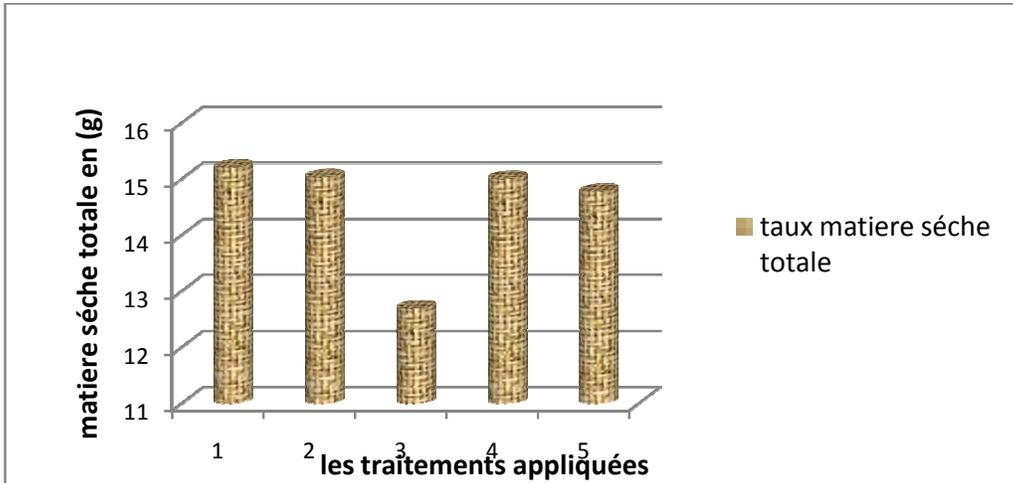
Annexe 28 : Matière sèche des feuilles.



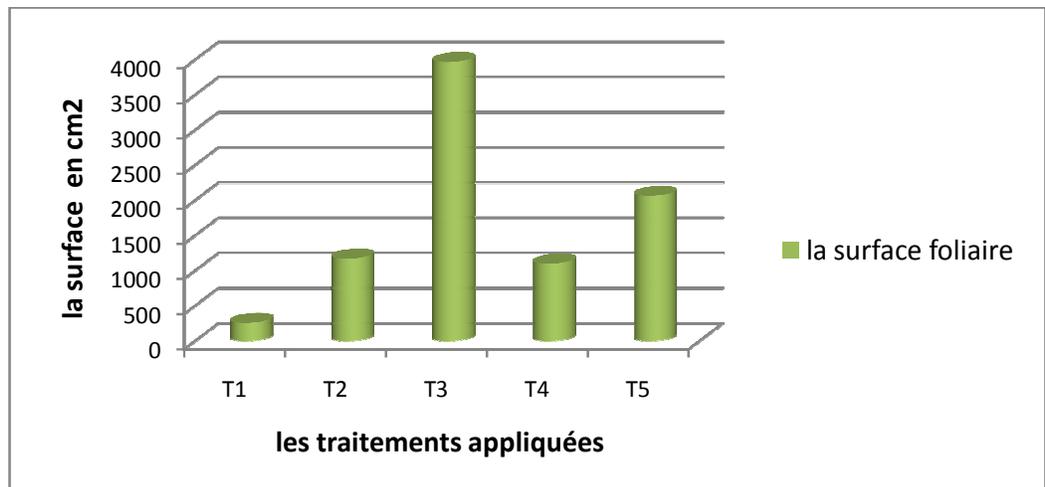
Annexe 29 : Matière sèche des tiges.



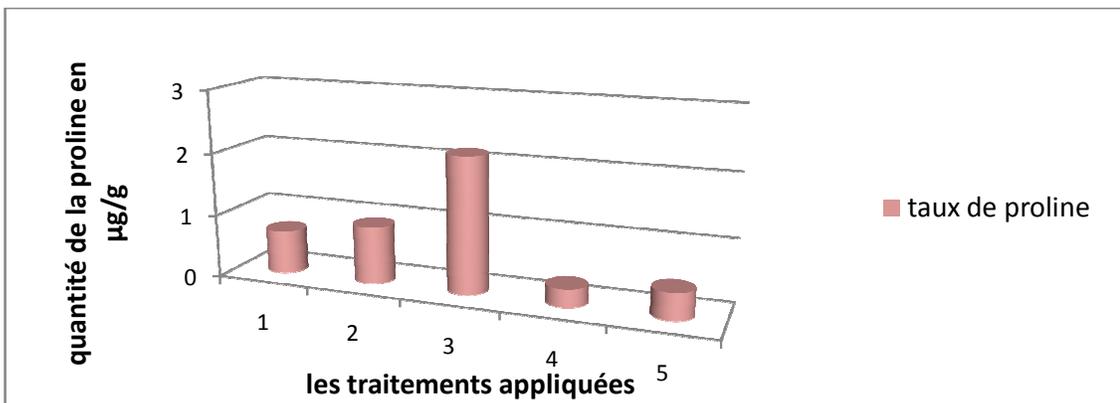
Annexe 30: Matière sèche totale.



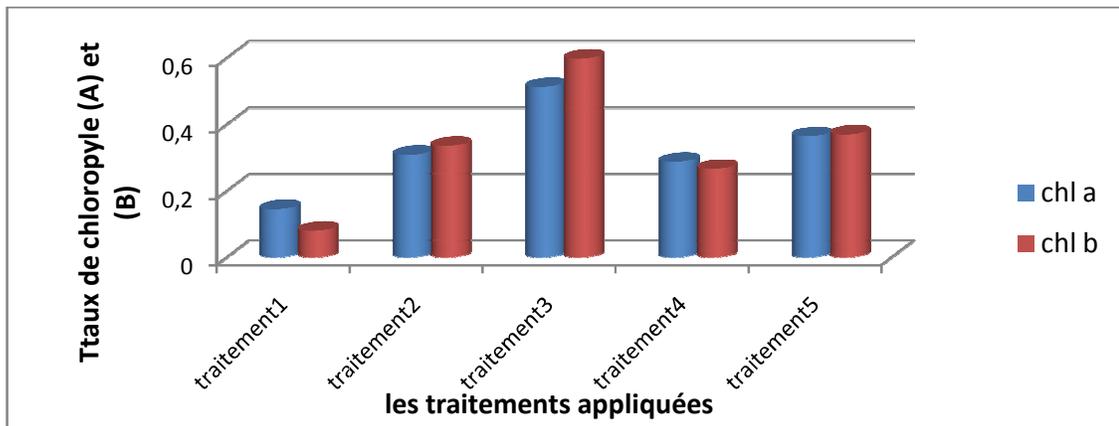
Annexe 31 : la surface foliaire des feuilles



Annexe 32 : Quantité de proline en [$\mu\text{g/g}$ MF]



Annexe 33 : Quantité de chlorophylle (A) et (B) en [$\mu\text{g/g}$ MF]



Références bibliographique

- ***ANONYME 2006** ; Martiland ; culture hors sol ; (les différents systèmes de culture hors sol). 2p
- ***ANONYME 2006** : l'aubergine ; association Fredobio ;(centre l'uniformité des goûts et des couleurs), document MHTML. 3p
- ***ANONYME 2009** ; aubergine, (article plantes potagères). 4p
- ***ANONYME 2012** ; Martiland ; culture hors sol, (principe de fabrication de la Solution nutritive). 9p
- ***Ayers, R.S., Westcot, D.W.**, “La qualité de l'eau en agriculture”, Bull. d'irrigation et de drainage, F.A.O. n° 29, Rome, (1 976), 95-97.
- ***BALANC .D** ; « culture hors sol » ; 2^{ème} Edition, Ed, INRA, Paris ; 1987, 409p.
- ***BEN MECHLIA .N** ; « perspectives de valorisation de l'eau d'irrigation dans les pays du Maghreb» ; INRAT. Tunis, 2001, 9p.
- ***BRUN, R, MONTARON, C** ; « influence de la concentration de la solution nutritive sur la réaction de la plante », Ed ; INRA, Paris, 1987 .165p
- ***CHERAF A** ; « valorisation des eaux non conventionnelles en arido culture », mémoire de magister USDB, 2010, 94p
- ***CHAUX, CL FOURY** ; « production légumière ; légumineuses potagères, légume fruits » tome III, Ed ; Tec et Doc, Lavoisier 1994, 563p
- ***DAOUD, Y et HALITIM, A** ; « irrigation et salinisation au Sahara Algérienne, n°3 vol .5. 1994, 151-160 p.
- ***Diehil, R.**, “Agriculture générale”, J.B. Bailliére, Paris, (2001), 400p.
- ***Djerroudi Z, Belkhodja M, Bissati S, Hadjadj S** :(Effet du Stress Salin sur L'accumulation de Proline Chez Deux espèces d'*Atriplex Halimus L.* et *Atriplex Canescens* (Pursh) Nutt, 2010 European Journal of Scientific Research, pp.249- 260
- ***DE, FORGES. M** ; « irrigation et salinité, option méditerranés ». 1972, 40 -46 p

- ***DURAND, I** ; «les sols irrigable »Ed, presse universitaire de France ,1983 . 338 p
- ***EILERS .R.G. et EILERS .W.D. et PETTAPIECE. W.W et LELYK .G** ; « la santé de nos sols, salinisation du sol ; 1992 »
- ***ERARD. P**; « aubergine » Ed, C.T.I.F.L. 2003. INRA. Alger; el Harrach 153 p
- ***ERARD .P** : (aubergine, poivron, courgette) ; pratiques culturelles ,1992 ,10-15p
- ***FEVERAU .J** ; «culture en containers, revue horticole. 1976 ».
- ***Francis et al (1970)** : Cooper enzymes in isolated chloroplastes. Plant Physiol., 24 (1949), pp.1-15
- ***GAUCHER et BURDIN .S** ; « géologie, et hydrologie des terrains salés » Ed, C.I.L.1974 .234p
- ***Gadallah, 1999** : Acides aminés totaux et inhibition de la phytotoxicité du Cadmium par le Zinc. Arch. Inter. Physiol. Biochem., 96 (5):41.
- ***Hopkins, W.**, « Physiologie végétale », 2eme édition, Ed de boeck et Larcier s.a, Bruxelles, 2003, 514P.
- ***H. Cheikh M'hamed, R. Abdellaoui, K. Kadri, M. Ben naceur, S. Bel hadj**:
Evaluation de la tolerance au stress salin de quelques accessions d'orge (*hordium vulgare* l.) Cultivées en Tunisie: approche physiologique, Sciences& Technologie CN° 28 Décembre (2008), pp.30 -37.
- ***HALITIM .A** ; « Sols des régions arides d'Algérie » Ed, O.P.U. 1988. 384 p.
- ***Anonyme et A.P.E.F.E** ; « principaux désordres physiologique, maladies et ravageurs présents en Algérie ; les piments, poivrons, et aubergine ; 2010. 64 p »

***IRAKI, N. M., SINGH, N., BRESSAN, K., CAPRITA, R.A et CELL, N.C.**, “ Walls of tobacco cell and changes in composition associated with reduced growth upon adaptation to water and saline stress”, *Plant Physiol.* 91, 1989, pp 48-53.

***JEANNEQUIN. B** ; « les plastiques en agriculture » Ed ; C.A.P. revue horticole, 1992. 153 -161 p

***JOHANSSON, I., KARLSSON, M., JOHANSON, U., LARSON, C et KJELLBOM, P.**, (The role of aquaporines in cellular and whole plant water balance), *BBA/Biomembranes* 1465 1–2 (2000), 2000, pp 324-342.

***KOLÉV .N** ; « les cultures maraîchères en Algérie » Tome I ; légumes fruits, I.T.C.M.I, Staoueli 1979. 6 -33p.

***LASRAM, M** ; « comportement des plantes en milieu salée et placés en pourtour méditerranéen», A.C.R. Acad., Agric, 1995. 47p.

***LAUMONIER .R** ; « cultures légumières et maraichère » Tome III, Ed ; J.B, Bailliére, Paris 1979. 1276 p.

***LEMAIRE** ; « culture en pots et conteneurs, principes agronomique et application» revue horticole, Paris. Limoges, INRA. 1989. 184p.

***LESAINTE .C et COÏC .Y** ; « culture hydroponique » Ed ; maison Rustique, Paris, 1983. 118 p.

***LESAINTE .C** ; « évolution de la fertilisation et de l’irrigation vers l’utilisation des solutions nutritives équilibrés »Ed ; INRA, Versailles. 1974 .118p .

***L. Ben Khaled, A. Morte Gómez, M. Honrubia, A.Oihabia** : Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé par le *Rhizobium*, *Agronomie* 23 (2003), pp. 553–560.

***Loue, A.**, « Les oligo-éléments en agriculture », Ed Agri Nathan international, Paris, 1986, 339p

***Anonyme** : «PROD .AGRI », 2012.

***MORARD .P** ; « les cultures végétales en hors sol » pub ; Agri. Paris .1995 .301p.

***Maillard .J** : Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone aride : Risques et Recommandations. Handicap International. Novembre 2001. 35p

***MUNNS, R et TERMAAT, A.**, « Whol-plant responses to salinity”, Aust. J. Plant, Physiol, 13, 1986, pp 143-160.

***MAZELIAK, D.**, «Physiologie végétale. Nutrition et métabolisme », Ed Hermann, 1974, 349p

***RHOADES .J.D. KANDIAH .A. MASHALLA.M**; « The use of saline water for crop production, irrigation and drainage paper » F.A.O, Rome; 1992. 140 p.

***M. Denden, T. Bettaieb, Alef Salhi & M. Mathlouthi** : Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales, 2005, Tropicultura, 220-225.

***RODIER .J** ; « analyse de l'eau, eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer » 7^{eme} édition, Ed, Bordas, Paris. 1984 ,1365p .

***SNOUSSI .S.A** ; «valorisation des eaux salines pour la nutrition des plantes cultivées» thèse de doctorat, INA, Alger, Harrach, 2001, 152p.

***SNOUSSI , S.A., et Halitim, A.**, “Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées”, Etude et Gestion des Sols, 5, 4, (1998), 289 - 298.

***THIAULT. T.F** ; « la maitrise de la culture hors sol » Bulletin, Novembre 2004, ISSN0758-4334 ; 215p.

* **TIRICELIN, J.R.**, «Traité d'irrigation », Ed Tec et Doc Lavoisier, Paris, 1998, 1011p.

***URBAN .L** ; « introduction à la production sous serre » Ed, Tec, et Doc. Lavoisier ; Paris, 1997. 210 p.

***VITRES .A** ; « fondements et principes du hors sol » Doc ; V.3.1.H.R.S. 12. INRA.A. 2003. 10p.

***WARRENCE .N. et BAUDER .J.W. et ; PEARSON .K.E** ; « fondements de la salinité et des effets de la sodacités physiques du sol » université Bozeman d'état de Montana 2002 .13p .

***ZANG .H. et MUZARD .M** ; « les cultures sur substrat »Ed, C.T.I.F.L. Paris 1987. 276p.