

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

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA 1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIES

IMPACT DE DEUX SELS NOCIFES SUR L'ACCUMULATION
DE LA PROLINE ET LA CHLOROPHYLLE CHEZ
L'AUBERGINE CULTIVEE EN HORS SOL

Projet de fin d'Etudes en vue de l'obtention du diplôme de master académique

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Spécialité : Biotechnologie végétale

Présenté par

ZATIMI INES

Devant le jury composé de :

M ^{me} . BRADEA M.S.	Maitre de conférence A	USD. Blida1	Présidente.
Mr. ZOUAOUI A.	Maitre assistant A	USD. Blida1	Promoteur.
Mr. ABBAD. M	Maitre assistant A	USD. Blida1	Examineur.
Mr. DEROUICHE B.	Maitre assistant B	USD. Blida1	Examineur.

Année Universitaire 2014/2015

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

*Je désire tout d'abord exprimer toute ma reconnaissance respectueuse la plus sincères à mon promoteur **Mr. ZOUAOUI AHMED**, pour avoir accepté mon suivi ainsi que pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.*

*Aussi, toute ma gratitude à **Mr. SNOUSSI S.A** qui nous a facilité, permis et ouvert toutes les portes et celles de son laboratoire.*

*Je remercie vivement **Mme. BRADEA Maria Stella**, qui m'a fait l'honneur de présider le jury et je remercie aussi **Mr. DEROUICHE Bille**, et **Mr. ABBAD Mohamed** pour avoir acceptés d'examiner ce travail.*

*J'adresse mes sincères remerciements à **Mme. BENZAHRA SORAYA**, à **Mr. SAOU Abd El Halim** et **Mr. Hamidi Youcef** qui m'ont énormément aidé au court de mon expérimentation par le partage de leurs expérience et par leurs assistance technique.*

DEDICACES

Je dédie ce mémoire avant tout à mes très chers parents Mohamed & Houria, qui sont pour moi la source de tendresse, d'amour et de paix. Leurs prières et leur bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Merci pour vos sacrifices, merci pour votre immense gentillesse et merci pour votre soutien continu qui m'a encouragé et permis de réussir.

A ma unique perle ma très chère sœur Nesrine qui a toujours été présente à mes côtés, qui m'a poussé en avant, m'a encouragé qui a su être patiente avec moi et qui m'a supporté et aidé, Ce travail est le fruit de tes sacrifices je te le dédie avec toute ma gratitude et mon amour.

A mon très chère beau frère MOHAMED qui été « le frère » avec tous le sens propre du mot, je vous dédie ce travail avec tout mon amour et mon respect.

Pour toi ma meilleure copine Hadjer en qui j'ai confiance, qui me comprend et qui a toujours été présente à mes côtés dans le bon et le pire. je te dédie ce travail au nom de notre amitié éternelle.

A mon chère oncle Radouane, à ma chère tante Lila que j'aime beaucoup et de fond du mon cœur.

A tous mes professeurs du primaire, moyen, lycée et ceux d'enseignement supérieur.

A toutes personnes qui m'ont soutenu et encouragé.

A tous ceux que j'aime et tous ceux qui m'aiment.

Résumé

Notre travail porte sur l'influence de trois traitements salins préparés avec deux types de sels (NaCl et Na₂SO₄) comparé avec un témoin (solution nutritif standard) sur la croissance et le développement de l'aubergine *Solanum melangena* variété « Black beauty ».

L'examen des résultats a montré que, la contrainte saline entraîne une baisse de la croissance des plantes qui se traduit par une diminution de tous les paramètres biométriques par rapport au témoin T4 (la solution nutritif standard) qui a permis une meilleur alimentation en eau et en éléments minéraux a la plante. Le traitement le plus nocif est le T1 (prépare avec 100% NaCl) exprimé avec les valeurs les plus faibles.

Concernant la réponse biochimique (chlorophylle et proline), Les teneurs les plus élevées en proline et les quantités les plus faibles de la chlorophylle sont obtenus chez T1 qui confirme l'agressivité de NaCl.

(résultat)

Mots-clés : hydroponie - aubergine - salinité - paramètres biométriques - paramètres biochimiques

ملخص

يركز عملنا على تأثير ثلاثة محاليل مالحة محضرة من نوعين من الأملاح (كلوريد الصوديوم + كبريتات الصوديوم) مقارنة مع المحلول المغذي على النمو وتطور الباذنجان نوع "الجمال الأسود"

أظهرت نتائج الفحص أن الإجهاد الملحي أدى إلى انخفاض في نمو النبات وبالتالي انخفاض جميع القياسات البيومترية مقارنة مع (المحلول المغذي) و الذي وفر للنباتات افضل تغذية من العناصر المعدنية و الماء, و المحلول الاكثر تاثير سلبيًا هو المحلول المحضر بتركيز مئة بالمئة من كلوريد الصوديوم و الذي أدى الى اضعف القيم

وفيما يتعلق استجابات البيوكيميائية, تم الحصول على أعلى مستويات من البرولين وكميات اقل من الكلوروفيل مما يؤكد سلبية كلوريد الصوديوم

الكلمات الدالة: الزراعة خارج التربة - باذنجان - الملوحة - القياسات البيومترية - القياسات البيوكيميائية

Abstract

Our work focuses on the influence of three salt treatments made with two types of salts (NaCl et Na₂SO₄) compared with nutritive solution on the growth and development of eggplant *Solanum melangena* variety « Black beauty ».

The examination of results showed that the salt stress leads to a decrease in the growth of the plant And therefore a decrease of all the Biometric parameters Compared with the nutritive solution that allowed a food in a mineral elements and water alimentation for the plants . The most harmful treatment is T1 (prepared with 100% NaCl) expressed with the lowest values.

Regarding the biochemical response, The highest levels of proline and the lowest amounts of chlorophyll are obtained at T1 confirming aggressiveness of NaCl

Keywords : hydroponic – Aubergine – Salinity - biometric parameters - biochemical parameters

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Effets toxiques du NaCl sur la plante	33
Figure 2 : Production de biomasse de différents groupes de plantes suivant la salinité	35
Figure 3 : Principes généraux d'adaptation et de résistance des plantes à l'excès de sel	37
Figure 4 : Situation du site expérimental (Source personnelle)	44
Figure 5 : Aspect général des conteneurs	45
Figure 6 : Schéma du dispositif expérimental	47
Figure 7 : Essai de germination des graines d'aubergine	54
Figure 8 : Aspect général des jeunes plantules de l'aubergine après le repiquage ..	55
Figure 9 : Stade végétatif en début de traitement	56
Figure 10 : Hauteurs finale des plants (cm)	61
Figure 11 : Diamètre des tiges (mm)	62
Figure 12 : Nombre des feuilles par plants	63
Figure 13 : Poids frais des feuilles et des tiges	64
Figure 14 : Poids sec des feuilles et des tiges	65
Figure 15 : Poids frais des racines(g)	66
Figure 16 : Poids secs des racines(g)	66
Figure 17 : Teneur en proline dans les feuilles ($\mu\text{g/g MF}$)	68
Figure 18 : Teneur en chlorophylle A ($\mu\text{g/g MF}$)	69
Figure 19 : Teneur en chlorophylle B ($\mu\text{g/g MF}$)	69

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Composition nutritive de l'aubergine (teneurs pour 100 gramme)	5
Tableau 2 : Les apports des éléments en plein champs en Kg/ha Pour un rendement escompté : 30 à 40 t /ha	8
Tableau 3 : Les apports en sol sous abri en Kg/	8
Tableau 4 : Les différents symptômes et causes des accidents physiologiques	12
Tableau 5 : Production en tonnes, chiffres 2008-2012 selon la FAOSTAT	14
Tableau 6 : Superficies et production de l'aubergine en Algérie (2012)	15
Tableau 7 : Superficies affectées par la salinité dans le monde	27
Tableau 8 : Localisation géographique de la salinité dans certaines wilayas	28
Tableau 9 : Classification des sols salinisés	29
Tableau 10 : Classification des eaux salées	30
Tableau 11 : Moyennes des températures par décade en °C	44
Tableau 12 : Teneurs des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida	48
Tableau 13 : composition de l'eau d'Oued Chélif reconstitué avec l'eau de Blida	49
Tableau 14 : 14 : composition du traitement (T1) chargé en NaCl pH=5.5-5.8	49
Tableau 15 : composition du traitement (T2) chargé en Na ₂ SO ₄	50
Tableau 16 : composition du traitement (T3) chargé en (NaCl+Na ₂ SO ₄) pH=5.5-5.8	50
Tableau 17 : composition de l'eau de Blida pH =7.4	53
Tableau 18 : composition du traitement T4 (solution nutritive standard) pH=5.5-5.8	53
Tableau 19 : Doses et fréquence nécessaires pour la culture de l'aubergine	57
Tableau 20 : Programme des traitements phytosanitaires appliqués	57

Introduction

La demande constante et croissante en légumes pousse les producteurs à vouloir sans cesse améliorer leurs techniques de production et ce dans le but de faire face à toutes les contraintes possibles.

Les contraintes agronomiques qu'on pourrait rencontrer au niveau d'une production légumière sont nombreuses, parmi elles on a l'eau d'irrigation.

L'eau est un élément indispensable pour la vie des êtres vivants. Il couvre environ 75% de notre planète. Cette ressource indispensable et irremplaçable est particulièrement mal répartie. L'Afrique du Nord et le Moyen-Orient présentent les zones les plus menacées (MUTIN, 2009). En outre, les besoins en eau des cultures dans ces régions sont élevés ce qui fait que la réussite des productions végétales dépend uniquement des eaux souterraines qui présentent souvent une forte minéralisation à son utilisation.

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. Aujourd'hui, 20% des terres cultivées et près de la moitié des terres irriguées sont affectées par la salinité. À cette tendance, on estime qu'entre 2020 et 2030 la production des terres agricoles ne fourniront plus suffisamment d'aliments (ABDELLY *et al*, 2005).

Selon la FAO (2008), la salinité constitue un facteur limitant pour la production des cultures irriguées. Elle intéresse environ un milliard d'hectares dans le monde dont 3,2 millions d'hectare en Algérie. En plus des terres déjà salinisées, 20 millions d'hectares de terres sont atteints par la salinité chaque année, ce qui entraîne des chutes importantes de production dans les zones touchées situées principalement dans les régions arides et semi-arides.

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. M., et al 2008). Seules les plantes dites halophytes s'épanouissent sur un sol riche en sels. La majorité des plantes cultivées appartiennent à des espèces ne tolérant pas la salinité, elles sont dites glycophytes. L'aubergine (*Solanum melangena* L.) est l'une des glycophytes .

En Algérie, les problèmes de salinité 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 (IMALET ,1979).

Dans le cadre de cette approche et afin de mettre en évidence l'effet de deux types de sels sur le comportement de l'aubergine, nous nous sommes intéressés à l'étude des réponses de la variété « Black beauty » soumise à trois traitements salins préparés à base de deux sels (NaCl et Na_2SO_4). Pour cela, nous avons procédé à des mesures biométriques, et au dosage de proline et chlorophylle (paramètre physiologique).

Premier chapitre: la culture de l'aubergine

1.1 Généralités sur la culture de l'aubergine

L'aubergine est une plante annuelle de la famille des Solanacées, Originaire de l'Inde

D'après LAUMONIER (1979), cette plante n'a jamais été rencontrée à l'état spontané, même en Birmanie qui semble être son berceau d'apparition. Ce qui est une preuve de son ancienneté. De nos jours, elle est largement répondue surtout dans les régions méditerranéennes ou elle est très appréciée. Cependant, elle n'a qu'une importance moyenne par rapport à d'autres cultures légumières comme la tomate et le piment.

L'aubergine fait du genre *Solanum*, dans lequel il ya près de 1000 espèces. Parmi le grand nombre d'espèce cultivées, semi sauvage ou sauvage 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 «berinjela», espagnol «berenjena», *S.aethiopicum* L. cultivée surtout en Algérie et en Amérique du Sud, *S.macrocarpon* elle est aussi cultivée surtout en Afrique, en Amérique tropicale et en Asie, ces trois espèces sont diploïdes ($2n = 24$). (ERARD. 2003).

• Caractéristiques de l'espèce :

Selon MUSARD (1980), l'aubergine est caractérisée par :

*Sa hauteur varie de 0,6 à 1,2m, mais sous abris-serre, elle peut connaitre un plus grand développement.

*Elle a un port buissonnant, érigé pour les variétés longues et ramassé pour les variétés rondes.

*Le système racinaire est bien développé. La majorité des racines se trouve entre 30 et 60 cm.

*Donne des fruits ronds ou allongés, plus ou moins allongés de couleur violet foncé, violet clair ou jaune.

- **Classification de la plante: (faut une nouvelle classification)**

Selon ANONYME (2009),

Règne: Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Famille : Solanacées

Genre : Solanum

Espèce : Solanum melongena

1.2 Description botanique de la plante:

1.2.1. 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).

1.2.2 Les fruits :

Est une baie de différent 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) ont une couleur violette (KOLÉV, 1979)

Tableau 1: composition nutritionnelle des graines d'aubergine (teneurs pour 100 gramme).

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

ANONYME (2006)

1.2.3 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 suivent 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)

1.2.4 Les tiges et la face supérieure des feuilles :

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

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

1.2.5 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 peu profond (50cm) mais suffisamment puissant pour explorer un grand volume de terre (ERARD ,2003).

1.3 Principaux variétés cultivées :

1.3.1 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)

1.3.2 Violette longue –race CAMINAL

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

1.3.3 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.

1.3.4 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)

1.4 Les exigences de la plante:

1.4.1 Les exigences climatiques:

1.4.1.1 La température:

De nature, l'aubergine est bien adaptée aux conditions tropicales et aux régions tempérées a 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 optimales de germination se situent entre 25 et 30 °C et donc pour une bonne implantation de la culture les températures du sol sont également importantes : 18°C à 20°C (CHAUX et FOURY 1994).

1.4.1.2 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)

1.4.1.3 Luminosité :

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

1.4.1.4 Le sol :

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

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 vigoureuse 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).

1.4.2 Les exigences nutritionnelles:

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

Tableau 2 : Les apports des éléments en plein champs en Kg/ha
 Pour un rendement escompté : 30 à 40 t /ha, nous devons apporter

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Fumure minérale	150	100	180	40
totale	180	150	250	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 3 : Les apports en sol sous abri en Kg/ha
 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)

1.5 Les modes de culture :

1.5.1 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)

1.5.2 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).

1.5.3 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).

1.6 Les principales maladies de l'aubergine :

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

1.6.1 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 (Cyprodinile +fludioxonil), avec un dose de 0.8 à 1Kg /ha (nom commerciale : Switch _SYNGENTA)

1.6.2 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 une dose de 20 Kg / ha, nom commerciale (Mopfluid _CALLIOPE).

1.6.3 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 branches et les rameaux (dessèchement des branches).

*** Les principaux moyens de lutte :**

- Éliminer la plante morte en totalité
- Désinfecté le sol, les substrats avant plantation
- Eviter arrosage par aspersion.
- Traitements d'ordre chimique : thiophanate-méthyle, avec une dose de 72 g/hl, nom commerciale : (PELT 44 –BAYER).

1.6.4 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) .

1.6.5 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 insecte-proof sont disposés aux ouvertures des serres

-Utilisation des auxiliaires : *Macrolophus caliginosus*.

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

1.6.6 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 une dose de: 0.8 à 1/ha
nom commerciale : Rufast 75 EW _BAYER

1.7 Les accidents physiologiques :

Tableau 4 : les différents symptômes et causes des accidents physiologiques

Les symptômes de l'accident physiologique	Les causes de l'accident physiologique
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 où il y 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)

1.8 Les principaux travaux d'entretien :

1.8.1 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)

1.8.2 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)

1.8.3 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)

1.8.4 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. (LAUMONIER. 1979)

1.8.5 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, dés 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 températures <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, CHAUX et FOURY 1994).

1.9 Importance économique :**1.9.1 Dans le monde :**

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

Tableau 5 : Production en tonnes, chiffres 2008-2012 selon la FAOSTAT (FAO)

Pays	Production en tonne (2008)		Production en tonne (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%

FAO 2012

1.9.2 En Algérie : (faut un commentaire)**Tableau 6 :** superficies et production de l'aubergine en Algérie (2012)

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

MADR (2012)

Deuxième chapitre: la culture hydroponique

2.1 Généralités sur la culture hydroponique ou hors-sol :

C'est l'une des technologies modernes utilisées aujourd'hui en horticulture pour valoriser les terrains qui souffrent de certaines contraintes telles que : sols hydromorphes, sols salés (AIT HOUSSA *et al*, 2005).

La culture hydroponique a permis de cultiver avec succès et de produire commercialement divers légumes tels que des aubergines des tomates, des laitues ainsi que des concombres sans graines (HOPKINS, 2003).

2.2 Historique :

Selon les historiens, la culture de plantes sur l'eau était pratiquée à l'époque des Aztèques et était utilisée pour les jardins suspendus de Babylone. Il faut attendre l'année 1860 pour voir deux chercheurs allemands réussir à faire pousser des plantes sur un milieu composé uniquement d'eau et de sels minéraux (THIAULT, 2004).

Ce n'est qu'en 1930 que GUERICKE produisit le premier système hydroponique commercial aux États-Unis. Pendant la Seconde Guerre mondiale, des Américains cultivèrent des légumes hydroponiques dans les îles volcaniques du Pacifique pour assurer l'alimentation de ses armées en légumes frais (SHOLTO, 1984).

Le véritable développement commercial des cultures hors sol date de 1980. Depuis, ce système de culture s'est répandu, en horticulture sous serre et abris. Ainsi, près de 120 ans auront été nécessaires pour transférer une technique de laboratoire en un système de culture opérationnel et rentable (MARTINEZ et MORARD, 2000).

2.3 Définition :

La culture hydroponique au sens littéraire du terme est une culture sur milieu aqueux qui doit contenir les éléments minéraux dont les plantes ont besoins. C'est donc une culture sur une solution nutritive. Par extension on

donne aussi ce nom à des cultures sur substrats inertes, arrosées d'une solution nutritives : ce sont les cultures sans sol (LESAINTE et COIC, 1983).

Selon MORARD (1995), le mot hydroponique est la traduction du terme américain « hydroponics » qui a été créé en 1930 par GUERICKE, professeur à l'université de Californie, et qui dériverait étymologiquement du grec (hydro = eau et ponos = travail) et devait symboliser « le travail des racines dans l'eau ».

Il a défini aussi que les cultures hydroponiques se nomment, cultures hors sol ou cultures sans sol comme des cultures de végétaux effectuant leur cycle complet de production sans que leur système racinaire ait été en contact avec le sol qui représente leur environnement naturel. Donc le hydroponique s'applique à tout système de culture dont le support n'est pas le sol

L'hydroponie est une technique très efficace pour cultiver des plantes et ce grâce à la disponibilité permanente des bonnes proportions d'air, d'eau et d'engrais aux racines (BONTE, 2010).

2.4 Les différents systèmes de la culture hors sol :

Selon URBAN (1997), on distingue :

- **La culture aéroponique :**

Dans laquelle les racines sont placés dans un brouillard nutritif, c'est un système de type de culture sur solution circulante.

- **La culture hydroponique :**

Dont les racines baignent dans un liquide nutritif, on a :

*L'aquiculture, dans laquelle les racines sont émergées dans une solution non circulante.

*La NFT (Nutrient Film Technic) qui est un système de culture sur filme de solution nutritive circulante.

- **La culture sur substrat inerte :**

Dans laquelle les racines sont placés dans des bacs, des pots ou des sacs remplis d'un matériau naturel ou artificiel (sable, gravier, ...) qui est périodiquement irrigué soit par

percolation, soit par sub-irrigation à la solution nutritive, laquelle peut être récupérée pour la réutiliser (système de circuit fermé), ou non récupérée (système de circuit ouvert).

2.5 Avantages et inconvénients des cultures hors sol :

2.5.1 Les avantages :

Selon URBAN (1997), on peut distinguer deux causes principales aux succès de cette technique :

- *L'affranchissement des sols contaminés par des agents pathogènes, salins, non cultivables et fatigués.
- *La meilleure performance agronomique des cultures hors sol, gain de précocité et augmentation de rendement.
- *La bonne maîtrise de l'alimentation hydrique et minérale des plantes, ainsi qu'une meilleure oxygénation des racines.
- *Eviter les stress hydriques, les carences et toxicités minérales et l'asphyxie racinaire.
- *La suppression des travaux de préparation et d'entretien du sol, le labour, le hersage, les binages, les désherbages...
- *Economies d'eau et d'engrais, c'est pour cette raison que les cultures hors sol sont recommandées dans les régions où l'eau est un facteur limitant de la production.
- *L'efficience de l'eau et des engrais est meilleure dans les systèmes de production hors sol.

2.5.2 Les inconvénients :

Bien que les avantages de la culture hydroponique sont nombreux, il y'a tous de même quelques désavantages qu'il ne faut pas négliger, ces derniers sont résumés d'après MORARD (1995), comme suite :

- *La culture hydroponique nécessite l'utilisation d'une haute technologie et d'un haut niveau de technicité car toute erreur a une répercussion sur le culture.
- *En culture hors sol la maîtrise des déchets est incomplète, cela induit des rejets polluants de solution nutritive et de certains substrats non recyclables.
- *Le coût d'installation et d'entretien demande des investissements assez élevés.

2.6 Les composantes de la culture hydroponique :

Les systèmes de culture hors sol se caractérisent par trois composantes : le substrat, les conteneurs et la solution nutritive.

2.6.1 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

Selon ZIEGLER (2008), C'est une substance inerte chimiquement (qui est incapable de réagir avec d'autres substances), qui remplace la terre, et qui est utilisée comme support de culture pour les plantes. Il doit protéger les racines de la lumière et leur permettre de respirer. Mais le substrat véhicule aussi la solution nutritive jusqu'aux racines des plantes.

Selon LEMAIRE(1989), 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.

2.6.1.1 Les critères de choix d'un substrat :

Selon ZUANG et MUSARD (1986) les critères de choix des substrats se basent sur les critères économiques et techniques suivants :

- *Ne pas se tasser ;
- *Ne pas se dégrader ;
- *Ne pas blesser les racines ;
- *Ne pas contenir d'éléments toxiques pour les racines ;
- *Etre chimiquement inerte ;
- *Avoir une capacité d'échange nulle ou faible ;
- *Ne pas renfermer d'organismes pathogènes ;
- *Etre facile à désinfecter ;
- *Etre disponible et pas cher.

*Les substrats peuvent avoir plusieurs origines. Selon BLANC (1987), on peut utiliser comme substrat des :

*Matériaux minéraux naturels : sables, graviers, pouzzolanes et les tufs volcaniques.

*Matériaux minéraux traités : laine de roche, perlite, vermiculite et argile expansée.

*Matériaux organiques naturels : les tourbes, les écorces et les déchets celluloligneux.

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 conteneurs sont en matière plastique chimiquement inerte, étanche, durable et facile à installer.

Quatre conditions doivent être respectées pour la réussite d'une culture en conteneur. Ces conditions sont citées par LEMAIRE et *al* (1989), comme suite :

*Evacuation rapide des eaux en excès.

*Circulation facile dans les cultures.

*Protection contre le vent.

*Protection contre le froid.

2.6.3 La solution nutritive :

La solution nutritive représente une eau d'irrigation, filtrée, dans laquelle on apporte les éléments minéraux nécessaires à la plante, en y maintenant des valeurs correctes de pH et de conductivité électrique (ERARD et *al.*, 1995).

Et selon MORARD (1995), confirme que la solution nutritive est la composante fondamentale en culture hors sol. Elle doit fournir à la plante en permanence et en quantité suffisante l'eau, les éléments minéraux et l'oxygène.

En hors sol, il n'y a pas d'apport d'éléments minéraux par le substrat. Ces derniers doivent donc être fournis par la solution nutritive, en même temps

que l'eau et doivent être suffisants pour couvrir à chaque instant les besoins de la plante (URBAN, 1997).

Selon LESAIN et COÏC (1983), ajoutent que la solution nutritive étant en hydroponique la seule source d'alimentation en eau et ions minéraux de la plante, il est nécessaire que la composition de cette solution soit équilibrée. Il s'agit de l'équilibre entre les besoins en eau et les besoins en ions minéraux de la plante.

Les mêmes auteurs affirment que les solutions nutritives seront composées d'eau et de sels dissous apportant les ions indispensables.

Le rôle de la solution nutritive est d'apporter l'eau, les éléments minéraux et les oligo-éléments nécessaires à la culture (ZUANG et MUSARD, 1986).

La solution nutritive est caractérisée par trois paramètres : le potentiel hydrogène (pH), la conductivité électrique (CE) et l'équilibre ionique.

a) Le pH :

Le pH mesure l'acidité d'un liquide. Sa valeur s'exprime sur une échelle graduée de 0 à 14 où 1 désigne une substance fortement acide, 7, une substance neutre, et 14, une substance fortement basique. Ainsi, les substances ayant un pH inférieur à 7 sont acides tandis que les substances ayant un pH supérieur à 7 sont basiques (HADE, 2003).

Selon DINON et GERSTMANS (2008), les plantes peuvent être réparties en trois catégories en fonction du pH du milieu dans lequel elles poussent :

- Les plantes acidophiles : le pH du sol est compris entre 4,0 et 6,5.
- Les plantes neutrophiles : le pH du sol est compris entre 6,5 et 7,5.
- Les plantes basophiles : le pH du sol est compris entre 7,5 et 9,0.

Le support hydroponique est inerte et ne contient aucun nutriment. Les nutriments sont entièrement apportés par la solution nutritive, ce qui fait que le pH de cette dernière joue un rôle déterminant dans la solubilité et l'absorption des nutriments par les plantes (ANONYME, 2007).

DINON et GERSTMANS (2008), montrent que le phosphore, le calcium, le magnésium, le soufre, le potassium et le molybdène sont moins facilement assimilables par la plante dans un milieu acide tandis que le fer, le manganèse, le bore, le cuivre et le zinc le sont moins dans un milieu basique.

Selon COIC et LESAIN (1983); 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.

L'optimum physiologique du pH pour la majorité des espèces cultivées se situe entre 5,5 et 6,5 (BLANC, 1987).

En ce qui concerne la mesure du pH, plusieurs méthodes existent, Le papier indicateur par exemple est imprégné de substances qui changent de couleur selon le pH de la solution. Cette méthode fournit une valeur approximative et ne peut être utilisée à des fins d'analyses rigoureuses. La méthode la plus précise et la plus simple consiste à utiliser un pH-mètre qui représente un appareil électronique muni d'une sonde (HADE, 2003).

b) La conductivité électrique :

Elle représente la concentration totale en éléments minéraux contenants dans la solution (LETARD et al, 1995).

BLANC (1987), montre que la concentration en sel de la solution nutritive joue un rôle primordial dans l'alimentation hydrique de la plante parce qu'elle détermine la pression osmotique de la solution. Cette dernière doit être inférieure à la pression osmotique du suc cellulaire, afin de permettre à l'eau présente dans la solution de se déplacer vers la plante. Cette concentration saline s'exprime en grammes de sels par litre d'eau et est contrôlée par la mesure de la conductivité électrique.

Une diminution de la conductivité au delà des seuils bas correspond à un apport insuffisant en éléments minéraux, une absorption hydrique faible ou à un excès d'arrosage. Une augmentation de la CE au-delà des seuils élevés correspond à un apport excessif d'éléments minéraux, une absorption minérale et hydrique élevée ou à un manque d'arrosage (LE QUILLEC, 2002).

c) L'équilibre ionique :

Selon LESAIN (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.

En effet, COÏC (1984) et 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.

Troisième chapitre: la salinité**3.1 Généralités sur la salinité :**

La salinité est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité des plantes (ALLAKHVERDIEV et al 2000 in PARIDA et DAS, 2005).

Depuis le début du XX^e siècle, salinité ne cesse d'augmenter. Ce problème touche plus particulièrement les zones arides et semi-arides telles que les régions tropicales et méditerranéennes (LEVIGNERON et *al.*, 1995).

En effet, l'excès de la teneur en sels est l'un des principaux soucis des agriculteurs. Le rendement est négativement affecté quand la concentration en sels dans l'eau d'irrigation ou dans les sols est élevée (CHAUX et FOURY, 1994).

3.2 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)

Le même auteur ajoute que les sels en cause varient selon le cas de salinité, le plus fréquent en zone semi-aride est d'avoir des chlorures ou des sulfates de sodium ou de magnésium.

Selon, BRUN et MONTARON (1987), 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.

3.3 Origine 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 seconde lieu elle provient de l'emploi d'eau salée sur des sols initialement sains.

LAHLOU et *al* (2002), ajoutent que dans les zones arides et semi-arides, l'eau est le principal facteur limitant la production agricole car la présence des sels solubles dans l'eau d'irrigation et le pouvoir évaporateur de l'air conduisent souvent à la

salinisation des sols irrigués. En effet, l'eau d'irrigation chargée est la principale source de salinisation des sols.

Selon SLAMA (2004), la salinité a plusieurs origines, parmi elles on a :

***La roche mère :** les matériaux qui forment les assises géologiques du sol renferment des quantités plus ou moins importantes de sels solubles. L'eau en passant au contact de ces roches s'enrichit en sels, les transporte et les répand avec le temps.

***La nappe phréatique :** la nappe phréatique salée et peu profonde provoque une salinisation de l'horizon de la surface du sol par la remontée capillaire.

***La minéralisation de la matière organique :** comme tout amendement organique, le fumier lors de son application peut augmenter la salinité du sol. La qualité du fumier et son pouvoir salinisant varient avec l'espèce animale.

***Les engrais minéraux :** les engrais minéraux influencent la salinité du sol par l'action spécifique de chacun de leurs ions, ainsi que par les quantités solubilisées.

***Les produits de traitement :** les produits de traitement de la terre et des plantes agissent aussi sur la salinité du sol.

3.4 Différents types de salinité :

On définit en général deux types de salinisation, la salinisation primaire et la salinisation secondaire.

3.4.1 La 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.

BRADY (2002), la salinité primaire se produit naturellement là où la roche mère du sol est riche en sels solubles ou bien en présence d'une nappe phréatique proche de la surface. Dans les régions arides et semi-arides, où les précipitations sont insuffisantes pour lixivier les sels solubles du sol et où le drainage est restreint, des sols salins vont se former avec des concentrations élevées de sels. Plusieurs processus géochimiques peuvent également avoir comme conséquence la formation de sols salinisés.

3.4.2 La salinisation secondaire :

Dans les zones à climat aride et semi-aride, la pratique de l'irrigation représente l'une des plus importantes causes de la salinisation secondaire. Cette dernière est induite par l'activité humaine et fréquemment liée à des pratiques agricoles (MERMOUD, 2006).

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

3.5 La répartition de la salinité dans le monde et en Algérie :**3.5.1 La salinité dans le monde :**

L'estimation montre que 7% de la superficie mondiale des terres (920 millions d'ha) étaient plus ou moins salins, 3% (400 millions d'ha) présentant un caractère salin ou sodique dominant. La salinisation des sols touche d'abord les régions arides, l'évapotranspiration y est en effet beaucoup plus forte que les précipitations pendant une bonne partie de l'année (HOSNI, 2009)

La zone aride occupe environ le 1/3 de la surface terrestre et se trouve surtout concentrée en Afrique, en Asie et en Australie. En Afrique, 55% de la superficie est constituée de désert ou des régions désertiques à divers degrés (HALITIM, 1988).

Selon LEKAMA et TOMINI (2006), IPTRID est estimé que 10% à 15% des zones irriguées souffrent de la salinité et 0,5% à 1% des cultures sont délaissées chaque année, et à long terme la moitié de ces périmètres seront affectés par la salinité.

Les terres émergées représentent 3,5 milliard d'ha. Mais quand on a retiré les déserts, les hautes montagnes, le Groenland, il reste 03 milliards d'ha cultivables, soit 22% du total. La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe, selon les estimations les plus récentes, elle affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente (LEGROS, 2009).

Tableau 7 : Superficies affectées par la salinité dans le monde

régions	Superficie affectée En million d'ha	régions	Superficie affectée En million d'ha
Afrique	80,5	Australie	357,3
Europe	50,8	Mexique et Amérique centrale	2,0
Amérique du nord	15,7	Asie centrale et du nord	211,7
Amérique du sud	129,2	Asie du sud-est	20,0
Asie du nord	87,6	-	-
Total	954,8		

(LASRAM, 1995)

3.5.2. La salinité en Algérie :

En Algérie, les périmètres irrigués, surtout au sud où les apports en eau sont importants à cause du déficit hydrique (ETP : +200 mm / an), sont largement affectés par la salinisation secondaire, cette dernière participe aux chutes des rendements agricoles. La rareté de la pluie (<100 mm/an) a contraint les agriculteurs à utiliser les eaux des nappes phréatiques qui sont fortement minéralisées (DEKHINAT et al, 2010).

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

Le phénomène de salinisation est observé dans les plaines et vallées de l'Ouest du pays (Mina, Cheliff, Habra Sig, Maghnia), dans les hautes plaines de l'Est (Constantine, Sétif, Bordj Bou Arreridj, Oum El Bouagui), aux abords des chotts et de sebkha et dans le grand sud (dans les oasis, le long des oueds, etc....) (INSID, 2008).

Le tableau suivant montre le pourcentage des terres agricoles touchées par la salinité dans quelques wilayas.

Tableau 8 : Localisation géographique de la salinité dans certaines wilayas.

Wilaya	S.A.U (ha)	Superficie affectée par la salinité de la S.A.U en (ha)	% de la S.A.U affecté par la salinité
Ouargla	17390	9850	56.64
Bechar	13250	2249	16.97
Djelfa	67760	6250	9.22
Relizane	241670	20000	8.28
Tébessa	231750	13000	5.61
Biskra	151530	7272	4.80
Khanchela	177900	4480	2.52
Mascara	328740	6475	1.97
Mostaganem	131730	1977	1.50
Cheliff	188620	1490	0.79

(MADR, 1998)

3.6 Les sols salés :

GIRARD et *al* (2011), définissent les sols salés comme étant des sols qui renferment une certaine quantité d'éléments minéraux, dont notamment le sodium. Ces sols sont naturellement présents sous tous les climats et sur tous les continents. Cependant on les trouve surtout sous les climats où les processus évaporatoires dominant.

Ces types de sols sont rencontrés dans des régions arides et semi-arides et sont pratiquement inexistantes dans les régions à climat humide (HARTANI et MERABET, 2003).

3.6.1. Définition de la salinisation des sols :

Selon MERMOUD (2006), la salinisation des sols est un processus d'accumulation des sels à la surface du sol et dans la zone racinaire qui occasionne des effets nocifs sur les végétaux et le sol. Il s'en suit une diminution des rendements et à terme une stérilisation du sol.

3.6.2 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))

3.6.3 Classification des sols salés :

BRADY (2002), explique que les sols salinisés peuvent contenir un excès de sels solubles dans l'eau tels que les sols salins, de sodium échangeable comme les sols sodiques ou des deux tels que les sols salins-sodiques. Leurs caractéristiques physiques et chimiques diffèrent avec le type de sols. Le tableau suivant montre les caractéristiques des trois principales classes de sol salinisé.

Tableau 9 : Classification des sols salinisés.

Classification	Conductivité électrique(dS m ⁻¹)	pH du sol	Ratio d'adsorption du sodium	Condition physique du sol
Salin	>4.0	<8.5	<13	Normale
Salin-sodique	>4.0	<8.5	>13	Normale
sodique	<4.0	>8.5	>13	pauvre

(BRADY, 2002)

3.7 Salinisation des eaux :

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))

L'eau souvent le facteur qui limite l'installation et la croissance des plantes dans les zones arides. Le changement de la surface des sols et la dégradation de la végétation limitent la rétention en eau et l'infiltration des terres (BAINBRIDGE, 2009).

- L'extension de la production agricole dans les arides s'accompagne de la réalisation d'un système d'irrigation, cependant à cause de la rareté de l'eau et ses caractéristiques chimiques ainsi que des conditions climatiques très

évaporantes. Les irrigations doivent être réalisées rationnellement, pour éviter en particulier, la dégradation des sols (HALITIM, 1988).

3.7.1 Origine des eaux salines :

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 sou 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.

3.7.2 Classification des eaux salées :

Tableau 10 : Classification des eaux salées.

Classe de l'eau	Conductivité électrique ds/m	Concentration en sels (mg/l)	Type d'eau
Non salée	<0,7	<500	Eau potable et d'irrigation
Légèrement salée	0,7 -2	500 -1500	Eau d'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

(Maillard, 2001)

3.8 Effets de la salinité sur les plantes :**3.8.1 Effet osmotique :**

La présence d'une forte concentration de sels solubles dans le sol crée une pression osmotique élevée dans l'environnement racinaire qui réduit la disponibilité de l'eau du sol pour la plante, c'est ce qu'on appelle une sécheresse physiologique (MARICLE *et al.*, 2007). Ce type de sécheresse ne touche que les plantes qui n'ajustent pas leurs concentrations ou celles qui les ajustent insuffisamment (KHOURY, 1969).

Les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol (ANONYME, 2010).

3.8.2 Effet sur la croissance :

La salinité affecte tous les processus physiologiques de la plante. Son effet se traduit notamment, par une réduction de la croissance en hauteur (KADRI *et al.*, 2009).

Les effets de la salinité sur la croissance des plantes varient en fonction du type de salinité, de la concentration du sel, de l'espèce, de la variété, de l'organe de la plante, ainsi que de son stade végétatif. Or une réduction de la croissance de la partie aérienne est la première réponse observée des glycophytes à l'augmentation de la salinité au niveau des racines. Il s'agit de l'effet destructif le plus significatif en cas d'une exposition prolongée à la salinité (LEVIGNERON *et al.*, 1995).

CHARTZOULAKIS et KLAPAKI (2000), ajoutent que le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines.

3.8.3 Effet sur la photosynthèse

La teneur en sel élevée dans les tissus influence directement les enzymes photosynthétiques et par voie de conséquence les réactions d'échange de lumière et de gaz. Or, la réduction de la photosynthèse à long terme entraîne l'inhibition de la formation et de l'expansion de la feuille ainsi que l'abscission précoce de cette dernière. La fluorescence chlorophyllienne est utilisée comme outil de diagnostic de l'état fonctionnel du photosystème II en conditions de stress salin. La salinité affecte en premier lieu la croissance de la plante puis la photosynthèse, causant, suite aux phénomènes de «feed-back», une réduction de la capacité photosynthétique. Particulièrement chez les glycophytes, la présence continue de Na Cl dans le milieu

de culture entraîne une augmentation, d'une part, de l'épaisseur des limbes (ce qui deviendrait un élément limitant dans la porosité stomatique) et, d'autre part, des vitesses d'ouverture des stomates. Le sel peut également provoquer la modification de la densité des stomates, du nombre et du diamètre des vaisseaux du xylème chez les halophytes, ou accélérer le cycle biologique avec changement de la voie métabolique de fixation du carbone (EASTMAN et CAMM, 1995).

3.8.4 Effet sur l'alimentation minérale :

D'après BERNSTEIN (1974), l'entrée du sel dans la plante provoque souvent un déséquilibre ionique, qui est interprété selon les espèces par des carences ou excès en certains éléments. Suivant la composition de la solution saline, la toxicité ionique ou les insuffisances nutritionnelles peuvent survenir à cause de la prédominance d'un ion spécifique ou à cause des effets compétitifs entre cations et anions.

Donc la salinité peut avoir comme conséquence une phytotoxicité des plantes par certains ions qui s'accumulent comme les chlorures, le sodium ou le bore qui est très phytotoxique en excès. Elle peut engendrer également un antagonisme des éléments minéraux, comme par exemple l'accumulation excessive de sodium qui provoque des carences en calcium et en magnésium (CHEVERRY et BOURRIÉ, 1995).

Le sodium entre en compétition avec le potassium et le calcium ; le chlore et les sulfates entrent en compétition avec les nitrates et les phosphates (JIN *et al*, 2007).

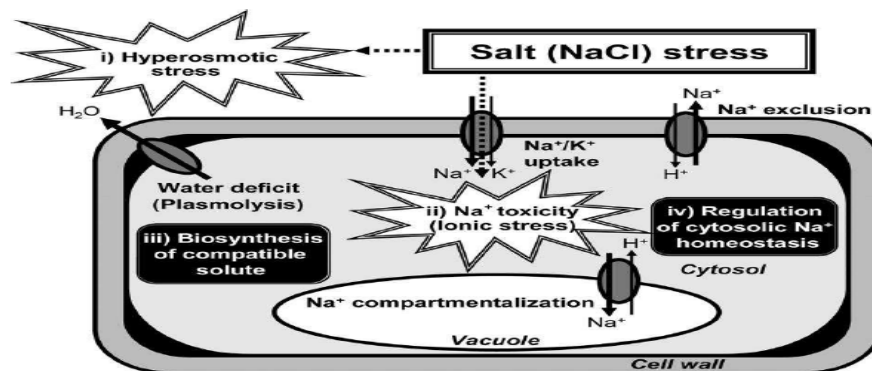
3.8.5 Effet sur la germination :

La germination est régulée par des caractéristiques génotypiques mais aussi par les conditions environnementales et, en particulier, par la disponibilité de l'eau dans le sol et la présence de sel. Ainsi, la germination des graines est le stade le plus sensible aux stress salin et hydrique. On peut considérer que la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée. Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée. Plusieurs auteurs ont montré un retard de la germination causé par la salinité chez plusieurs espèces, même chez des espèces halophytes. Des travaux faits sur des halophytes ont montré que l'effet inhibiteur du NaCl sur la germination serait essentiellement de nature osmotique, le sel empêchant l'imbibition de la graine. La réduction du potentiel osmotique de la solution du sol empêche l'imbibition de la graine suite à une diminution des activités enzymatiques et une forte

absorption de Na^+ par rapport à K^+ , ce qui conduit à une toxicité embryonnaire et un retard dans les processus métaboliques (EASTMAN et CAMM, 1995).

3.8.6 Effet toxique de Na Cl sur la plante :

Certains sels peuvent être toxiques pour les plantes et peuvent en affecter la balance nutritionnelle s'ils sont présents en concentration excessive ou en proportion anormale.



Source : JABNOUNE, 2008

Figure 1 : Effets toxiques du NaCl sur la plante.

➤ Stress osmotique

L'entrée de l'eau dans les tissus du cortex racinaire est assurée par capillarité et osmose.

Elle est donc d'autant plus aisée que la solution du sol est à une pression osmotique plus faible. Au fur et à mesure que la salinité du sol augmente, son potentiel osmotique diminue ce qui réduit la disponibilité de l'eau pour la plante (SNOUSSI et HALITIM, 1998)

➤ Stress ionique

Des concentrations excessives d'ions chlorures et sodium dans la solution du sol peuvent causer une toxicité dans la plante. Ces ions peuvent être absorbés soit par les racines soit par contact direct avec les feuilles. Si l'eau d'irrigation a une salinité proche de concentrations critiques, il sera nécessaire d'en doser précisément les concentrations en ions chlorures et sodium.

Les ions Cl^- peuvent être absorbés par les racines et s'accumuler dans les feuilles. Ces ions peuvent provoquer une brûlure des extrémités des feuilles et un jaunissement prématuré de celles-ci. En général, la plupart des plantes boisées (arbres fruitiers à noyaux, citrus, avocatier) sont sensibles à ces ions alors que la majorité des légumes,

plantes fourragères et fibreuses y sont moins sensibles. Les symptômes de toxicités typiques aux ions sodium Na^{2+} sont des brûlures de feuilles, le dessèchement et la mort des tissus sur les bords externes des feuilles, contrairement aux symptômes causés par des ions Cl^- qui apparaissent normalement à l'extrême pointe des feuilles.

On peut noter également que la présence excessive d'ions sodique, chlorique et borique peut provoquer une augmentation du pH du sol, ce qui a un effet indirect sur l'impossibilité d'absorption des ions ferreux, phosphate, zinc et manganèse indispensable pour la croissance des plantes (MAILLARD, 2001).

➤ **Stress oxydatif**

Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes: la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions. Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes. L'accumulation des ions Na^+ dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que K^+ et Ca^{2+} . Il y aurait une compétition entre Na^+ et Ca^{2+} pour les mêmes sites de fixation apoplasmique.

Les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol (MAILLARD, 2001).

3.9 La tolérance des plantes au stress salin :

La tolérance de la salinité est l'habilité des plantes à croître et compléter leur cycle de vie sur un substrat contenant la forte concentration de sels solubles. Les plantes qui peuvent survivre sur des concentrations élevées de sel dans la rhizosphère et croître normalement sont appelées halophytes (RAHMANE et al, 2008).

Les plantes peuvent tolérer la salinité jusqu'à certains niveaux sans perte mesurable dans leur rendement. Mais quand le seuil de tolérance à la salinité est dépassé, les rendements des cultures diminuent à mesure que la salinité augmente (GHASSEMI et al., 1995).

SLAMA (1986), ajoute que chez les plantes sensibles à NaCl , le Na^+ s'accumule dans les racines, mais il est exclu des feuilles. Ces plantes sont dites exclusives vis-à-vis du Na^+ . A l'inverse les plantes qui tolèrent le NaCl ont en général des feuilles plus

chargées en Na^+ pour leur réajustement osmotique, ce qui n'est pas le cas pour les premières.

Et donc selon BERNSTEIN (1974), la tolérance à la salinité est le degré avec lequel la plante ajuste sa pression osmotique en sacrifiant un minimum de son développement végétatif, ceci implique une accumulation d'éléments nécessaires pour maintenir la pression de turgescence.

Selon RHOADES et al (1992), la tolérance des plantes à la salinité dépend de certains facteurs :

*Le climat est un facteur important affectant la tolérance au sel, la plupart des plantes peuvent tolérer un plus grand taux de sel si le temps est frais et humide que s'il est chaud et sec.

*Les plantes sont généralement relativement tolérantes pendant la germination mais deviennent plus sensibles pendant la croissance.

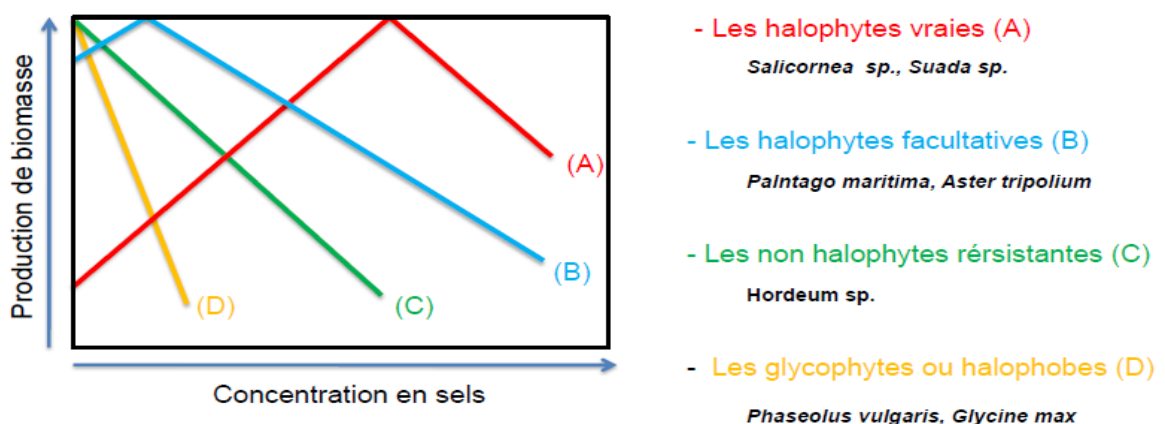
*La tolérance au sel varie d'une variété à une autre pour une même espèce, donc il peut y avoir une différence significative de la tolérance entre les variétés.

*La tolérance au sel dépend également de la méthode et la fréquence d'irrigation.

❖ Classification des plantes selon leur tolérance à la salinité :

La résistance d'une plante à la salinité s'exprime par sa capacité à survivre et à produire dans des conditions de stress salin. Ce pendant, les plantes ne sont pas égales face au stress salin.

Suivant leur production de biomasse en présence de sel, quatre grandes tendances ont été discernées (voir figure 2)



Source : HAGEMeyer, 1996

Figure 2 : Production de biomasse de différents groupes de plantes suivant la salinité.

- **1** : Les *Halophytes vraies*, dont la production de biomasse est stimulée par la présence

de sel. Ces plantes présentent des adaptations poussées et sont naturellement favorisées

par ces conditions : *Salicornia europaea*, *Suaeda maritima*...

- **2** : Les *Halophytes facultatives*, montrant une légère augmentation de la biomasse à des teneurs faibles en sel : *Plantago maritima*, *Aster tripolium*...
- **3** : Les *Non-Halophytes résistantes*, supportant de faibles concentrations en sel : *Hordeum sp.* ...
- **4** : Les *Glycophytes* ou *Halophobes*, sensibles à la présence de sel : *Phaseolus vulgaris*, *Glycine max.*

La grande majorité des stress salins est provoquée par des sels de Na, particulièrement le NaCl. De ce fait, les termes halophytes et glycophytes font essentiellement référence aux stress provoqués par un excès de Na⁺ (plus exactement, on devrait parler de plantes natrophyles ou natrophobes). Une plante halophyle obligatoire ne peut pas se développer sans un excès de sel alors qu'une plante halophyle facultative se développera normalement dans des conditions non stressantes. À l'inverse, une plante glycophyle obligatoire ne se développera jamais en présence d'un excès de sels (LEVITT, 1980).

Les plantes peuvent être regroupées dans des classes de tolérance tel que décrit dans BRADY et WEIL (2002) : dans chaque classe, désignée par un niveau de tolérance (sensibles à tolérantes) et de salinité (CE de 2 à 12 dS m⁻¹) sont regroupées les espèces dont la croissance est réduite de moins de 10%.

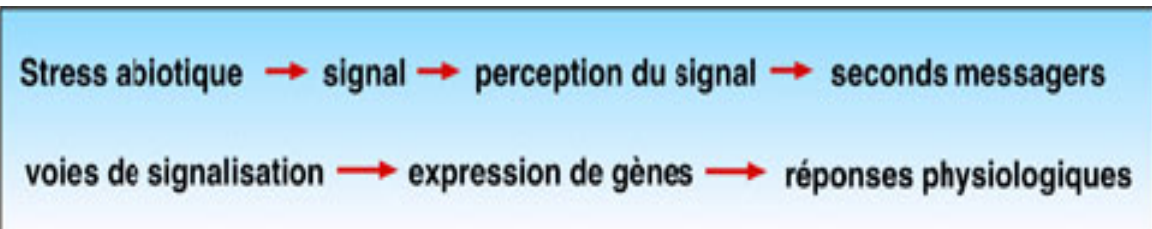
Ainsi, il a été démontré que les plantes supérieures, incluant glycophytes et halophytes, n'ont pas un métabolisme tolérant aux excès de sel même si certains organismes montrent une bonne croissance dans de l'eau de mer (FLOWERS, 1972 ; GREENWAY et OSMOND, 1972).

L'avantage essentiel des halophytes sur les glycophytes réside dans la gestion des ions en excès dans l'organisme.

3.10 Principes généraux d'adaptation et de résistance des plantes

Généralement, sous les conditions salines, une voie de transduction d'un signal de stress commence par la perception de ce signal au niveau de la membrane de la plante

(par un senseur ou non), suivie par la production de seconds messagers et des facteurs de transcription. Ces facteurs de transcription contrôlent l'expression de gènes impliqués dans la réponse au stress incluant des changements morphologiques, biochimiques et physiologiques (voir figure 3).



Source : LEVITT, 1980

Figure 3 : Principes généraux d'adaptation et de résistance des plantes à l'excès de sel.

Selon LEVITT, (1980) on distingue deux types d'adaptation:

- **Adaptation élastique** (ou capacité d'adaptation) : concerne un organisme adapté qui peut vivre, croître et réaliser son cycle de vie en présence du stress.
- **Adaptation plastique** (ou résistance à l'adaptation) : inhibe la croissance et ainsi tous les dommages éventuels sont irréversibles jusqu'à la disparition partielle ou complète de l'agent stressant.

Si l'adaptation est élastique, LEVITT (1980), indique qu'il existe deux stratégies de résistance particulières :

➤ **La résistance par exclusion**

- L'organisme inhibe ou réduit la pénétration du stress dans ses tissus.
- L'organisme augmente ainsi le niveau de stress nécessaire pour un même niveau de tension interne.

➤ **La résistance par inclusion**

- L'organisme absorbe l'agent stressant pour rétablir l'équilibre thermodynamique avec son environnement sans subir de blessure irréversible tout en poursuivant sa croissance.
- L'organisme réduit ainsi la tension interne pour un même niveau de stress.

La résistance par exclusion semble être une évolution par rapport à la résistance par tolérance puisqu'elle ne peut pas réaliser l'équilibre thermodynamique (en réduisant la tension interne) pour préserver les fonctions métaboliques à leur optimum, favorisant ainsi une meilleure croissance (LEVITT, 1980).

BERTHOMIEU et *al* (2003) ont montré chez *Arabidopsis thaliana* une troisième stratégie à l'intermédiaire entre l'exclusion et l'inclusion; " la recirculation" Le Na⁺ est absorbé et parvient jusqu'aux parties aériennes, mais il est aussitôt "ré-pompé" et reconduit par les vaisseaux du phloème vers les racines, qui peuvent excréter les ions à l'extérieur.

3.11 Stratégies d'adaptation :

Un excès de sel dans le protoplasme conduit à des perturbations dans la balance ionique, ainsi que bien entendu des perturbations des enzymes, membranes et autres macromolécules.

Ces perturbations entraînent une faible production d'énergie par la phosphorylation et la photo respiration, une assimilation de l'azote perturbée, et un dérèglement de nombreuses voies métaboliques. Si la concentration en sel excède le niveau de tolérance de la plante, des perturbations fonctionnelles apparaissent au niveau de la photosynthèse, par effet du sel dans le stroma des chloroplastes qui perturbe le transport des électrons. La glycolyse et le cycle de Krebs sont aussi affectés. L'acquisition de nutriments minéraux, comme le potassium, les nitrates ou le calcium est également réduite. La croissance des Végétaux est perturbée par de trop fortes concentrations de sel. La plante montre alors des signes de stress par la production d'anthocyanes ou la destruction de la chlorophylle.

Les déterminants de la tolérance au stress salin sont multiples. Les facteurs de transcription activés vont permettre la synthèse d'effecteurs de l'adaptation au stress qui vont permettre de maintenir l'homéostasie, la biosynthèse d'osmolytes, le piégeage de radicaux toxiques, le transport d'eau et enfin la coordination de la réponse (APSE et *al*, 1999 ; HASEGAWA et *al*, 2000 ; ZHU, 2002 ; BERTHOMIEU et *al*, 2003).

Il est important de noter qu'un mécanisme peut être utilisé pour différentes stratégies, et que toutes les plantes ne possèdent pas toutes les stratégies (AW, 1994). Ces stratégies comportent

3.11.1. Ajustement osmotique (osmo-régulation)

La première difficulté d'une plante en milieu salin est d'assurer son apport en eau. Pour cela, il faut que la plante puisse ajuster la pression osmotique de ses tissus par

rapport à la pression osmotique du sol. Ce phénomène, nommé l'épiclèse, permet donc à la plante d'assurer une hypertonie constante.

Cet ajustement se retrouve chez la grande majorité des organismes vivants pour le maintien de l'alimentation hydrique et de la pression de turgescence (YEO, 1983 ; NIU *et al.*, 1995 ; BOHNERT et SHEN, 1999).

Ce processus se fait en modifiant les concentrations de solutés compatibles dans les tissus de façon à maintenir une concentration ionique plus élevée (hypertonique) dans le protoplasme que dans le milieu extérieur (hypotonique) (NIU *et al.* 1995 ; BOHNERT et SHEN 1999 ; HASEGAWA *et al.*, 2000).

Le contrôle de l'ajustement osmotique a plusieurs origines :

- l'augmentation des ressources allouées à la production de solutés compatibles,
- la réduction du catabolisme de ces osmolytes et/ou la réduction de leur diffusion dans le milieu extérieur.

3.11.2. La compartimentation

Pour lutter contre la toxicité induite par la salinité, les plantes utilisent d'autres mécanismes tels que la compartimentation. Selon (APSE *et al.*, 1999) la compartimentation est la stratégie de survie de la plante, elle consiste à retarder au maximum la concentration des ions en les éloignant des sites de métabolisme par séquestration du Na^+ dans les vacuoles et par réorientations du Na^+ des feuilles vers les racines , alors que UNGAR (1991) la définit comme la différence de concentration de divers éléments dans différents tissus des plantes.

Pour RAINS (1979), la compartimentation dans la cellule est probablement le plus important mécanisme que les plantes utilisent pour éviter la toxicité des sels, du fait que plusieurs enzymes des plantes, incluant celles qui sont trouvées chez les halophytes, sont très sensibles au sel. Cette redistribution contrôlée se fait essentiellement dans les vacuoles (NIU *et al.* 1995 ; YEO, 1998 ; HORIE et SCHROEDER, 2004) et éventuellement, à l'échelle de la plante entière, dans les organes les plus vieux ou les moins sensibles (CHEESEMAN, 1988 ; MUNNS, 1993).

APSE (1999), souligne que certaines plantes ont même la capacité de compartimenter leur contenu de sel dans des feuilles d'âges différents. Les plus hautes concentrations de Na^+ et Cl^- se rencontrent dans les feuilles adultes, alors que celles

de K^+ et Mg^{2+} se manifestent dans les plus jeunes. Le rôle principal de la compartimentation est de garder les parties de la plante les plus actives (jeunes feuilles, chloroplastes, enzymes) loin des ions toxiques, tels que Na^+ et Cl^- . Il cite cependant certains inconvénients de la compartimentation qui, entre autre, peut causer un déséquilibre osmotique entre la vacuole et le cytoplasme et entraîner la sécheresse physiologique de la cellule. Les plantes peuvent toutefois utiliser des solutés organiques pour contrecarrer ce problème et réaliser d'autres fonctions.

3.11.3. Le transport ionique

Le maintien de l'homéostasie ionique est essentiel pour que les plantes puissent s'adapter aux fortes concentrations en sel (NIU et *al*, 1995 ; SERRANO et *al*, 1999). A l'échelle de la plante entière les ions Cl^- et Na^+ entrent par les racines et sont véhiculés par la sève xylémique jusqu'aux tiges et aux feuilles. Là, ils sont, soit stockés, soit retenus et revéhiculés par la sève du phloème jusqu'aux racines.

Chez les glycophytes, la restriction d'absorption des chlorures et des ions Na^+ par les racines, et leur accumulation dans les tiges et les feuilles, constituent un mécanisme important de résistance au stress salin. Ce phénomène dépend de la perméabilité et de la sélection de ces ions par les racines pendant leur absorption. Dans ces domaines beaucoup d'études ont été réalisées. Chez le soja, il a été montré que le mécanisme d'exclusion des chlorures est localisé dans les cellules corticales et les apex racinaires proximales, tandis que l'exclusion de Na^+ est due à sa réabsorption à partir de la sève du xylème racinaire proximale (WALKER et DOUGLAS, 1983 ; LAUCHLI et WIENEKE, 1978).

3.11.4. Le fonctionnement cellulaire

Le fonctionnement cellulaire est modifié pour servir la stratégie d'adaptation de la plante, à l'échelle de la cellule comme de la plante entière. Lors d'un stress salin, le dysfonctionnement cellulaire est essentiellement dû à la toxicité ionique croissante. Des signaux de transduction sont alors émis. L'ensemble de ces signaux contrôle le rétablissement de l'homéostasie ionique et hydrique des cellules, la réparation et la prévention des dommages et la croissance cellulaire (ZHU, 2002). Par exemple, en réponse à la réduction du potentiel osmotique externe, des signaux à base de Ca^{+2} vont activer des protéines kinases dont dépend la suite de la réponse en aval (XIONG

et *al.*, 2002 ; ZHU, 2002). Cette information va éventuellement se transmettre via l'émission d'hormones de stress (signal de longue distance) tel que l'ABA (XIONG et *al.*, 2002).

3.11.5. L'accumulation des solutés organiques

Les plantes sont exposées à de multiples facteurs environnementaux qui peuvent, au-delà de certains seuils, représenter des stress. Parmi ceux-ci la salinité des sols agricoles constitue une contrainte majeure pour la production agronomique suscitant des recherches pour identifier les déterminants de la tolérance au sel chez les végétaux. L'halophilie chez certaines plantes supérieures est basée sur des aptitudes particulières à accumuler les ions chlorure et sodium présents en excès dans le milieu extérieur et à les utiliser pour l'ajustement osmotique au niveau cellulaire. Ces ions indésirables sont séquestrés au niveau vacuolaire isolant ainsi le cytoplasme et ses organites de leurs actions délétères. Le potentiel osmotique du cytoplasme est ajusté au moyen de l'accumulation de solutés organiques compatibles notamment :

a. Accumulation de proline.

L'accumulation de proline est l'une des manifestations les plus remarquables du stress salin et hydrique. Aussi a-t-on cherché à mettre en évidence une corrélation positive ou négative entre l'accumulation de proline dans les feuilles et la résistance à la salinité ou à la sécheresse. Le rôle de la proline dans la résistance au stress salin n'est pas encore élucidé. Il peut s'agir d'un osmoticum dont l'accumulation cytoplasmique permet de neutraliser les effets ioniques et osmotiques de l'accumulation du sel dans la vacuole. Selon un autre point de vue, l'accumulation de proline n'est pas une réaction d'adaptation au stress, mais plutôt le signe d'une perturbation métabolique. Un changement de concentration et de composition a été observé chez un grand nombre d'espèces et dans des tissus végétaux variés (DELAUNEY et VERMA, 1993).

b. Accumulation de sucres solubles.

L'accumulation des sucres solubles non structuraux et des cyclitols (chiro- et myo-inositol) en réponse à la contrainte saline suggère aussi leur implication dans l'ajustement osmotique ou l'osmoprotection.

Les teneurs en saccharose et en amidon des racines et des feuilles semblent être des indicatrices du degré de résistance des espèces à la salinité. La teneur des racines en saccharose augmente en relation inverse avec la résistance au sel : l'espèce la plus sensible est celle qui présente la plus forte accumulation racinaire de saccharose. Il est possible que ces modifications dans les teneurs en sucres, induites par le sel, constituent un test commode de prédiction de la résistance au sel des espèces.

Il a été démontré que la synthèse des sucres est stimulée par un stress salin chez les procaryotes. Les nombreux cas où sont décelées des accumulations de sucres ou de leur dérivés alcools (mannitol, sorbitol, pinitol, cyclitol ...) s'accompagnent d'une augmentation de proline et ou glycine-bétaine (LEVIGNERON *et al*, 1995).

Premier chapitre: Matériels et méthodes

1.1 Objectif de l'expérimentation :

L'objectif de notre travail est de déterminer l'influence de trois eaux salines comparées avec un témoin (solution nutritive standard) sur la croissance et le développement des plantes de l'aubergine variété Black beauty cultivées en hors-sol afin de vérifier quelle est la combinaison des sels utilisés la plus nocive.

Les différents traitements se présentent comme suite testés.

*(T1) : solution de (NaCl 100%) avec pH [5,5-5,8]

*(T2) : solution (Na₂SO₄ 100%) avec pH [5,5-5,8]

*(T3) : solution (NaCl 50%) + (Na₂SO₄ 50%) avec pH [5,5-5,8]

*(T4) : solution standard (Témoin) avec pH [5,5-5,8]

1.2 Matériel végétale utilisé :

L'espèce utilisée durant notre expérimentation est l'aubergine variété (**black beauty**) de couleur noire, dont les semences proviennent de l'institut technique des cultures maraichères et industrielles (ITCMI) de Staouali. Ayant une pureté spécifique de 96 % et un taux de germination supérieur à 80, cette variété donne des fruits à chair blanche et épiderme noire, et de forme ovoïde avec une tolérance moyenne au sel.(pays d'origine)

1.3 Conditions expérimentales

1.3.1 Lieu de l'expérience

Notre expérimentation a été réalisée dans une serre en polycarbonate, au niveau de la station expérimentale du département d'agronomie de Blida. Cette serre dont l'orientation est nord-sud est aérée grâce à des fenêtres placées latéralement de part et d'autre et chauffée en hiver grâce à des radiateurs à eau chaude installés à l'intérieur.



Figure 4 : Situation du site expérimental (Source personnelle).

Un thermomètre a été mis au milieu de la serre en vue de suivre la variation de température ambiante tout au long du cycle de développement de notre espèce étudiée.

Les relevés quotidiens de la température ont été effectués à 3 moments de la journée : 9h, 12h et 16h. Le tableau n° 13 donne les moyennes par décade des températures enregistrées au niveau de la serre.

Tableau 11: Moyennes des températures par décade en °C.

Périodes	Température		
	9 ^h 00	12 ^h 00	15 ^h 00
21/12/2014 au 30/12/2014	18	25	23
31/12/2014 au 9/01/2015	16	27	25
10/01/2015 au 19/01/2015	14	23	23
20/01/2015 au 29/01/2015	13	19	21
30/01/2015 au 8/02/2015	16	21	24
9/02/2015 au 18/02/2015	15	20	25
19/02/2015 au 28/02/2015	17	23	24
1/03/2015 au 10/03/2015	17	25	26
11/03/2015 au 20/03/2015	17	27.5	25
21/03/2015 au 30/03/2015	18	29	28.5
31/03/2015 au 9/04/2015	25	27.2	28
10/04/2015 au 19/04/2015	26	30	29
20/04/2015 au 29/04/2015	23	27	30
30/04/2015 au 09/05/2015	24	29	30

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.

1.3.2 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.

1.3.3 Conteneurs :

Les conteneurs utilisés sont des pots en plastique de couleur sombre, ayant une capacité de 3 litres et présentant des ouvertures de drainage à leur base pour permettre l'évacuation de la solution nutritive se trouvant en excès.



Figure 5 : Aspect général des conteneurs.

1.3.4 Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental adopté est un plan sans contrôle d'hétérogénéité (randomisation totale), dont l'affectation des traitements s'est faite d'une manière aléatoire selon la table des permutations des nombres aléatoires de 01 à 10.

Le dispositif expérimental est un dispositif à un seul facteur étudié (facteur solution à 4 niveaux). L'ensemble est composé de quatre (4) traitements, et pour chaque traitement, nous avons sept (9) observations, soit 36 plans au total.

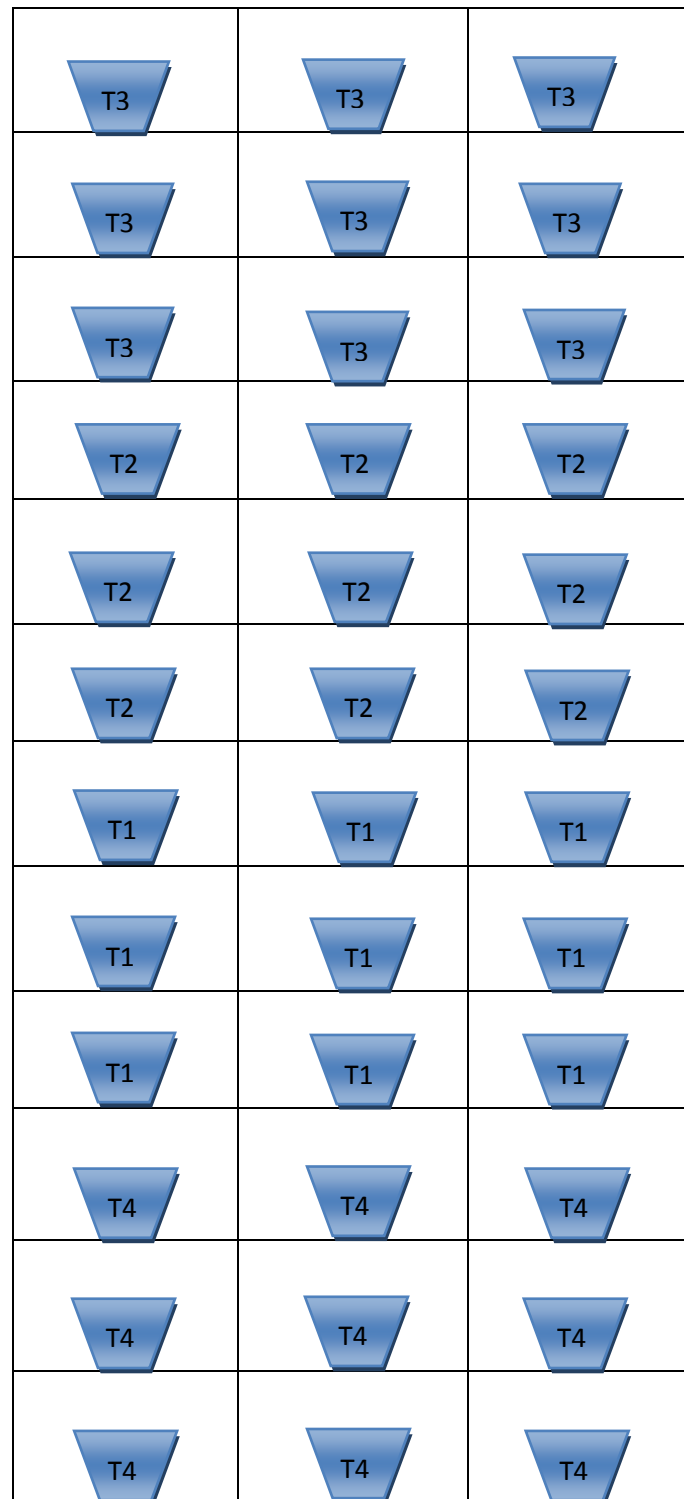


Figure 6 : Schéma du dispositif expérimental



: Unité expérimentale.

T1, T2, T3, T4 : traitements étudiés.

1.3.5 Les différents traitements testés :

- *(T1) : solution de (NaCl 100%) avec pH [5,5-5,8]
- * (T2) : solution (Na₂SO₄ 100%) avec pH [5,5-5,8]
- * (T3) : solution (NaCl 50%) + (Na₂SO₄ 50%) avec pH [5,5-5,8]
- *(T4) : solution standard (Témoin) avec pH [5,5-5,8]

1.3.5.1. Description des traitements testés :**1.3.5.1.1 Caractéristiques de l'eau utilisée pour synthétiser les traitements :**

Nous avons préparé tout les traitements testés avec l'eau potable de Blida, pour des raisons pratiques et compte tenu des besoins en eau importants des plantes en cours de cycle de développement. Sa composition est mentionnée dans le tableau suivant :

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

Élément	Teneur en mg/l	Teneur meq/l
K ⁺	00	00
Ca ⁺⁺	56	2.8
Na ⁺	29.9	1.3
Mg ⁺⁺	21.6	1.8
NO	21.7	0.35
SO ₄ ²⁻	38.4	0.8
Cl ⁻	21.3	0.6
HCO ₃ ⁻	245	4.08
Total	433.9	11.73

(SNOUSSI 2001).

Tableau 13: composition de l'eau d'Oued Chélif reconstitué avec l'eau de Blida

H ₂ O Blida	NO ₃ ³⁻ 0.35	PO ₄ ³⁻ 0	SO ₄ ²⁻ 0.80	Cl ⁻ 0.60	Total
K ⁺ 0					0
Na ⁺ 1.30			8.60		9.90
Ca ²⁺ 2.80				6.45	9.25
Mg ²⁺ 1.80				7.40	9.20
NH ₄ ⁺ 0					0
H ⁺ 0					0
Total	0.35	0.00	9.40	14.45	

Tableau 14 : composition du traitement (T1) chargé en NaCl
pH=5.5-5.8

H ₂ O Blida	NO ₃ ³⁻ 0.35	PO ₄ ³⁻ 0	SO ₄ ²⁻ 0.80	Cl ⁻ 0.60	Total
K ⁺ 0.35					0.35
Na ⁺ 1.30				8.60	9.90
Ca ²⁺ 2.80					2.80
Mg ²⁺ 1.80					1.80
NH ₄ ⁺ 0					0
H ⁺ 0	2.20	1.10			3.30
Total	2.55	3.30	0.80	9.20	

❖ **Quantités de sel (NaCl) dissout dans l'eau de Blida :**

$$\text{NaCl} = 8,60 \times 58,44 = 502.58 \text{ mg/l}$$

Tableau 15 : composition du traitement (T2) chargé en Na_2SO_4
pH=5.5-5.8

H ₂ O Blida	NO ³⁻ 0.35	PO ₄ ³⁻ 0	SO ₄ ²⁻ 0.80	Cl ⁻ 0.60	Total
K ⁺ 0.35					0.35
Na ⁺ 1.30			8.60		9.90
Ca ²⁺ 2.80					2.80
Mg ²⁺ 1.80					1.80
NH ₄ ⁺ 0					0
H ⁺ 0	2.2	1.1			3.3
Total	2.55	3.3	9.4	0.6	

❖ **Quantités de sel (Na_2SO_4) dissout dans l'eau de Blida :**

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 = 8,60 \times 71,02 = 610,77 \text{ mg/l}$$

Tableau 16 : composition du traitement (T3) chargé en ($\text{NaCl}+\text{Na}_2\text{SO}_4$)

pH=5.5-5.8

H ₂ O Blida	NO ³⁻ 0.35	PO ₄ ³⁻ 0	SO ₄ ²⁻ 0.80	Cl ⁻ 0.60	Total
K ⁺ 0.35					0.35
Na ⁺ 1.30			4.30	4.30	9.90
Ca ²⁺ 2.80					2.80
Mg ²⁺ 1.80					1.80
NH ₄ ⁺ 0					0
H ⁺ 0	2.2	1.1			3.3
Total	2.55	3.3	5.10	4.9	

❖ **Quantités de sels (NaCl et Na_2SO_4) dissout dans l'eau de Blida :**

$$\text{NaCl} = 4,30 \times 58,44 = 305,38 \text{ mg/l}$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 = 4,30 \times 71,02 = 251. \text{ mg/l}$$

1.3.5.1.2 Formule de solution nutritive pour une eau naturelle peu chargée en ions : Cas de l'eau de Blida transformé en solution nutritive standard (T4) :

Pour ce type de solution nutritive, l'eau renferme des teneurs insuffisantes en certains éléments utiles (KNO_3). Parfois des éléments tels que le Sodium, le calcium et les sulfates peuvent se trouver à des concentrations supérieures aux besoins des plantes.

D'une façon générale, pour une eau chargée en sels, on peut rajouter des éléments pour corrigée les déficits et équilibrer la balance ionique. La formule de solution nutritive peu chargée en sels correspond à la solution nutritive de base synthétisée avec l'eau de Blida selon les normes définies par COIC et LESAIN (1975).

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

a) Sur les tableaux 17 et 18 suivants, on reporte chaque anion et cation selon les quantités contenues dans l'eau exprimées en méq/l.

b) L'apport d'azote est fixé à 12 méq/l

{	10.2 méq/l NO_3^- représentant 85%
	1.8 méq/l NH_4^+ représentant 15%

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

d) L'apport de phosphore est fixé à 3.3 méq/l de H_3PO_4 . En comptant de façon théorique, le phosphore présent sous la forme trivalent PO_4^{3-} , 1.1 méq/l de H_3PO_4 satisferont les besoins en phosphore. La quantité d'acide nécessaire pour ajuster le pH de l'eau à 5,8 est de 3,3 méq/l ceci permet de satisfaire la totalité du besoin en phosphore en apportant 1,1 méq/l de H_3PO_4 , et un apport partiel de 2.2 méq/l de NO_3^- .

e) A ce niveau, on fait le bilan des anions restant à introduire dans la solution nutritive :

Nitrate : -besoins : 10,2 méq/l.

- ✓ Déjà disponible : 0,35 méq/l (eau) + 2,20 méq/l (correction de pH) = 2,55 méq/l.
- ✓ à apporter : 10,2 méq/l – 2,55 méq/l = 7,65 méq/l.
- ✓ Déjà disponible : 0,8 méq/l.
- ✓ A à apporter : 1,5 méq/l – 0,8 méq/l = 0,7 méq/l.

f) L'apport d'ammonium (1,8 méq/l de NH₄⁺) est assuré par l'emploi de NO₃NH₄ qui assurera en même temps l'apport de 1,8 méq/l de NO₃⁻. Les anions disponibles pour apporter un complément de K, Ca et Mg sont désormais les suivants :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Nitrates : } (7,65 - 1,8) \text{ NO}_3\text{NH}_4 = 5,85 \text{ méq/l} \\ \text{Sulfates} = 0,7 \text{ méq/l} \end{array} \right\} \text{ Total} = 6,55 \text{ méq/l}$$

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

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

Selon les normes définies par Coic et Lesaint, (1983), les proportions relatives de ces éléments doivent être proches des valeurs suivantes :

$$\text{K} : 39,6\% \quad \text{Ca} : 47,6\% \quad \text{Mg} : 12,8\%$$

$$\text{Ce qui donne dans le cas présent : } 4,41 \text{ méq/l (k)} + 5,31 \text{ méq/l (Ca)} + 1,43 \text{ méq/l (Mg)} = 11,15 \text{ méq/l.}$$

L'apport de Mg n'étant pas nécessaire compte tenu que : la teneur de l'eau est supérieur à l'apport souhaitable. Les 11,15 méq/l – 1,8 méq/l (Mg) = 9,35 méq/l d'anions sont donc à partager entre K et Ca uniquement et en respectant K+ Ca = 87,2 soit :

$\text{K} = 9,3 \times \frac{9,6}{39,6 + 47,6} = 4,25 \text{ méq/l}$
--

$\text{Ca} = 9,3 \times \frac{47,6}{39,6 + 47,6} = 5,10 \text{ méq/l}$
--

Tous les résultats sont reportés dans les tableaux 17 et 18 :

Tableau 17 : composition de l'eau de Blida pH =7.4

H ₂ O Blida	NO ³⁻ 0.35	PO ₄ ³⁻ 0	SO ₄ ²⁻ 0.80	Cl ⁻ 0.60	Total
K ⁺ 0					0
Na ⁺ 1.30					1,30
Ca ²⁺ 2.80					2,80
Mg ²⁺ 1.80					1,80
NH ₄ ⁺ 0					0
HCO ₃ ⁻ 4.08					4,08
Total	0,35	0	0,80	0.60	

Tableau 18 : composition du traitement T4 (solution nutritive standard)

pH=5.5-5.8

H ₂ O Blida	NO ³⁻ 0.35	PO ₄ ³⁻ 0	SO ₄ ²⁻ 0.80	Cl ⁻ 0.60	Total
K ⁺ 0	3.55		0.70		4.25
Na ⁺ 1.30					1,30
Ca ²⁺ 2.80	2.3				5.10
Mg ²⁺ 1.80					1,80
NH ₄ ⁺ 0	1.80				1.80
H ⁺	2.2	1.1			3.3
Total	10.2	3.3	1.5	0.60	

Les différents traitements ont été élaborés à partir des solutions mères de macroéléments et de microéléments 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 à mesure les autres produits.

En dernier lieu, nous avons ajouté les solutions d'oligoéléments A et B, solutions complémentaires d'oligoéléments préconisées par COIC et LESAIN (1975). Le contrôle de pH de la conductivité électrique est obligatoire après chaque préparation.

1.3.6 Germination des graines :

1.3.6.1 Pré-germination des graines :

La pré-germination a été réalisé (06/12/2014). Les graines ont été mises sur papier absorbant imbibé dans des boîte de Pétri contenant chacune (30 graines), placées dans une étuve a une température de 25⁰C. Les graines ont été hydratées quand c'est nécessaire pour éviter le dessèchement.

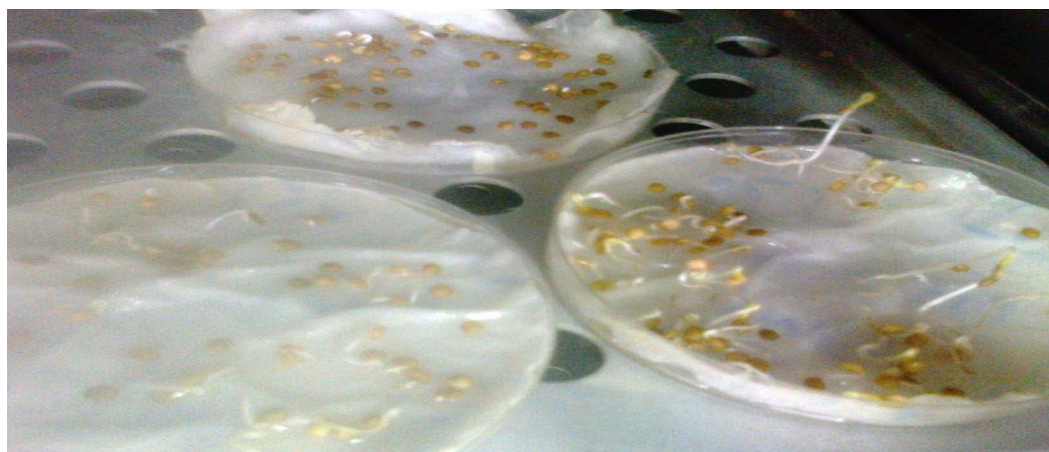


Figure 7 : Essai de germination des graines d'aubergine

1.3.6.2 Repiquage des jeunes plants :

Après la germination des graines, un repiquage des jeunes germes d'aubergine en place définitive a été réalisé le 21.12.2014 à raison de deux germes par pot. Soit 15 jours de prés germination.

Les germes ont été arrosés avec l'eau de robinet pendant 23 jours, jusqu'à l'apparition des feuilles cotylédonaires. En suite nous avons procédé à l'application de la solution nutritive standard (T4) composée des macros et des micros éléments le 14.01.2015, et ce dans le but d'avoir un matériel végétal vigoureux et homogène de départ.

Le 17.02.2015 soit 57 jours après le semis, nous avons commencé l'application des différents traitements.



Figure 8 : Aspect général des jeunes plantules de l'aubergine après le repiquage



Figure 9 : Stade végétatif en début de traitement

1.3.7 Entretien de la culture :

1.3.7.1 Irrigation :

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

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

La dose et les fréquences des arrosages varient selon le cycle de développement de la plante et les différentes conditions telles que la température.

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

Dates	Stade végétatif	La dose D'irrigation	La fréquence	Les besoins
21/12/2014 au 17/02/2015	Germination au stade trois feuilles	20ml	3fois / jours	60 ml /jour
18/02/2015 au 18/04/2015	Stade trois feuilles Au début floraison	40ml	3fois / jours	120 ml /jour
19/04/2015 au 30/04/2015	Début floraison au début nouaison	60ml	3fois / jours	180 ml /jour
30/04/2015 au 10/05/2015	Début nouaison à la coupe finale	80ml	4fois / jours	320 ml /jour

1.3.7.2 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 tableau suivant :

Tableau 20 : Programme des traitements phytosanitaires appliqués

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

1.4 Paramètres mesurés :**1.4.1 Paramètres morphologique :**

Tout les paramètres morphologiques ont été effectués au moment de la coupe réalisé le 10/05/2015 soit 140 jours après le repiquage.

1.4.1.1 Hauteur finale des plantes :

Cette mesure a été effectuée au moment de la coupe à l'aide d'une règle graduée et cela du collet jusqu'à l'apex

1.4.1.2 Nombre de feuilles :

Ce paramètre a été réalisé au moment de la coupe, le principe consiste à faire un comptage des feuilles pour chaque plant.

1.4.1.3 Diamètre des tiges :

La mesure du diamètre finale des tige de chaque plants a été effectuée à l'aide d'un pied à coulisse au moment de la coupe.

1.4.1.4 Biomasse fraîche produite :

Au moment de la coupe, nous avons pesé les différents organes de la plante (feuilles, tiges ; racines) en gramme à l'aide d'une balance. L'opération a été réalisée comme suite :

- Poids frais des feuilles de chaque plante.
- Poids frais de la tige de chaque plante.
- Poids frais de la racine de chaque plante.

1.4.1.5 Biomasse sèche produite :

La matière sèche a été pesé après le séchage des échantillons moyens frais des différents organes misent dans une étuve a 70⁰C jusqu'à stabilisation du poids sec, nous avons pesé :

- Poids sec de l'échantillon moyen des feuilles
- Poids sec de l'échantillon moyen des tiges
- Poids sec de l'échantillon moyen des racines

Puis déterminer les biomasses sèches(BS) en (g) par la méthode suivante :

$$BS (g) = (\text{poids sec moyen} \times \text{poids frais}) / \text{poids frais moyen}$$

1.4.2 Paramètres physiologiques :**1.4.2.1 Dosage de la teneur des feuilles en chlorophylle :**

L'extraction de la chlorophylle (a) et (b) a été réalisée selon la méthode de FRANCIS *et al* (1970). La méthode d'extraction consiste en une macération des feuilles (0.1g) dans 10 ml du mélange de l'acétone et de l'éthanol (75 % et 25%) de volume et de (80% et 40%) de concentration. Les feuilles sont coupées en petits morceaux et mises dans les boites noires (pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière), 48h plus tard, on procède à la lecture des densités optiques des solutions avec un spectrophotomètre (UV), à trois longueurs d'ondes : (470, 645 et 663 nm).

La détermination des teneurs réalisée selon les formules

- $\text{Chl a } (\mu\text{g/g MF}) = 12,7 \times \text{DO}_{(663)} - 2,59 \times \text{DO}_{(645)} \times V / (1000 \times W);$
- $\text{Chl b } (\mu\text{g/g MF}) = 22,9 \times \text{DO}_{(645)} - 4,68 \times \text{DO}_{(663)} \times V / (1000 \times W).$
- V : volume solution extraite et W le poids de matière fraîche de l'échantillon.

1.4.2.2 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 la ninhydrine en formant un complexe coloré 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 tube à essai ;

- Ajouter 2 ml de Méthanol à 40%. Les tubes couverts (pour éviter la volatilisation de l'alcool) sont portés à l'ébullition au bain-marie à 85°C pendant 60 min.

Après refroidissement :

- Prélever 1 ml de la solution de chaque tube ;
- Mettre dans de nouveaux tubes ;
- Ajouter 1 ml d'acide acétique + 25 mg de ninhydrine + 1 ml d'un mélange contenant :
120 ml d'eau distillée, 300 ml d'acide acétique, 80 ml d'acide ortho phosphorique ;
- Porter les tubes à essai à ébullition au bain Marie durant 30 min.

Après refroidissement des solutions :

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

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

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

$$\text{Proline } (\mu\text{g/g MF}) = \text{DO (528)} \times 0,62$$

Deuxième chapitre: Résultats et discussions**2.1 Hauteurs finale des plants (cm) :**

Les résultats de la hauteur finale des plantes sont présentés dans la figure 10 :

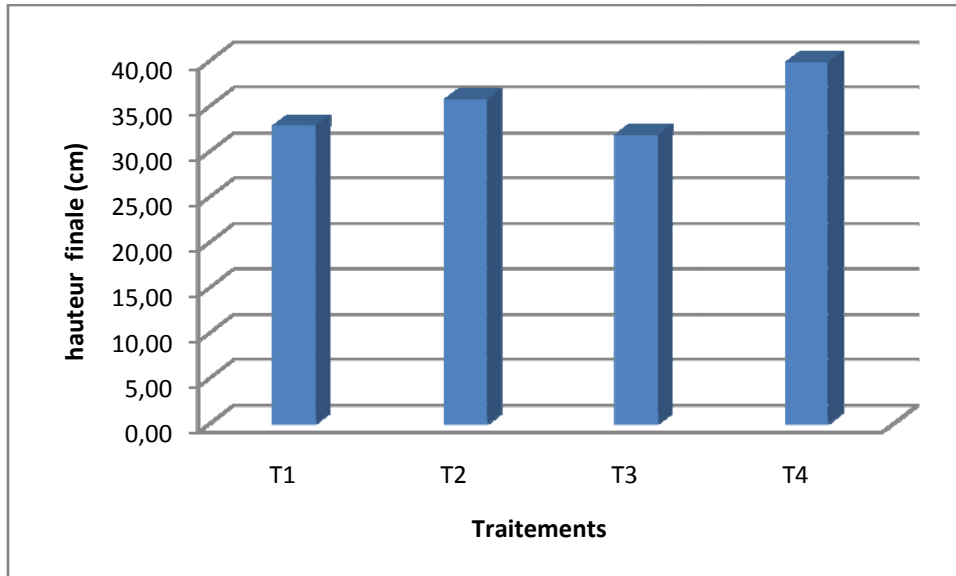


Figure 10 : Hauteurs finale des plants (cm)

L'analyse de la variance a révélé une différence significative entre les différents traitements testés. Les résultats obtenus montrent qu'il y a une diminution de la hauteur des plants au niveau des traitements et ce par rapport au traitement témoin.

La hauteur la plus élevée a été enregistrée au niveau du traitement T₄, suivi par les traitements soumis au stress salin (T₂, T₁, T₃) respectivement.

Les faibles hauteurs peuvent être expliquées par la présence des sels nocifs tels que NaCl dans les solutions d'irrigations provoquant une réduction de la division et de l'allongement cellulaire, et par conséquent une diminution de la croissance de la plante.

IMALET (1979), montre que la composition chimique des solutions en sels nocifs tel que le NaCl dont les effets nocifs provoquant les symptômes de nanisme et une diminution de la croissance due aux fortes concentrations de sels.

2.2 Diamètre des tiges (mm) :

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.

Pour étudier l'effet de chaque traitement sur ce paramètre, nous avons obtenus les résultats illustrés dans la figure 11 :

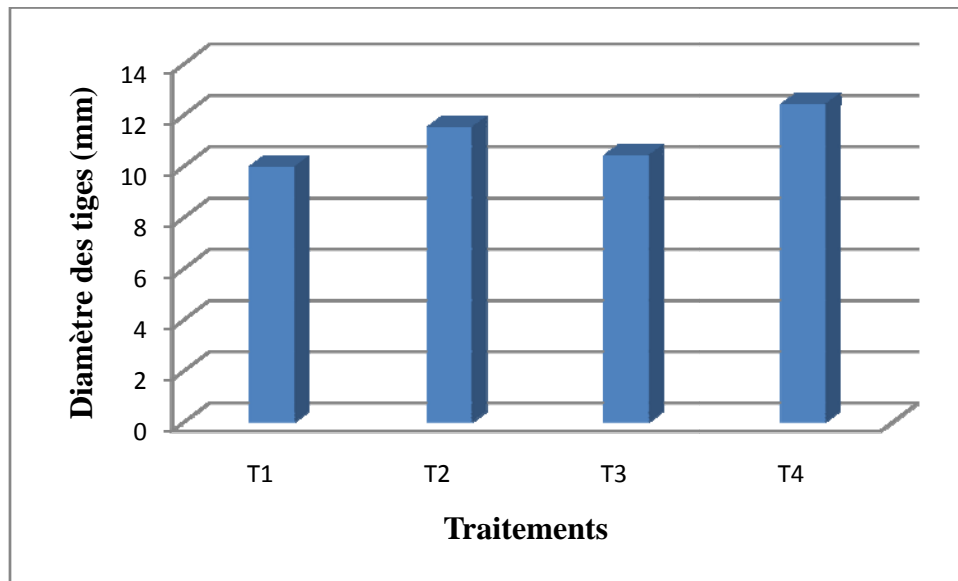


Figure 11 : Diamètre des tiges (mm)

Concernant le diamètre des tiges, l'analyse de la variance a révélé une différence significative. Les mesures effectuées au moment de la coupe finale ont montré que les diamètres les plus faibles sont ceux des tiges des plants alimentés par le traitement (T₁ et T₃) où la concentration en NaCl est importante (100% ,50%) respectivement suivi par le traitement T₂ enrichis en Na₂SO₄. Les tiges les plus vigoureux sont obtenues au niveau des plantes irriguées par le traitement (T₄) dont la solution contient les éléments nécessaires à la croissance des plantes.

Ces résultats peuvent être expliqués comme suite :

Le diamètre des tiges varie selon le type de la solution d'irrigation : solution nutritive (standard) ou solution saline. Ils présentent une meilleure valeur de diamètre au niveau des plants irrigués par la solution nutritive standard, et ceci dû à sa richesse en éléments nutritifs nécessaire à la croissance des plantes. Tandis qu'ils révèlent les valeurs les plus faibles au niveau des plants irrigués par les traitements salins (T₁, T₂, T₃).

Selon DAOUD et HALITIM (1994), la présence des sels à des concentrations importantes provoque un retard de la croissance des plantes en compagnie d'une formation des tiges peu rigides et peu développées.

2.3 Nombre des feuilles :

Le nombre de feuilles par plante est présenté dans la figure 12

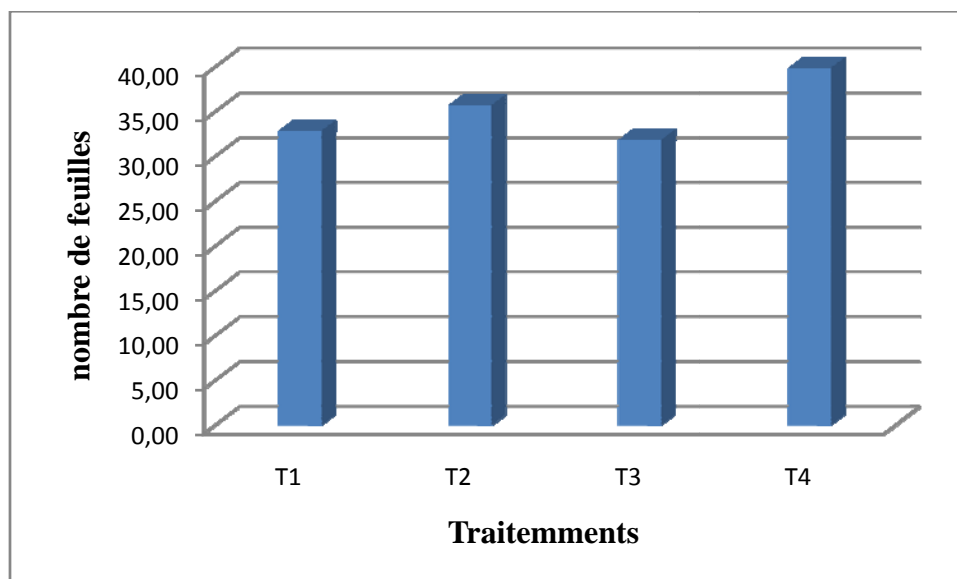


Figure 12 : Nombre des feuilles par plants.

Pour ce paramètre, l'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative. Le nombre de feuilles le plus élevé est enregistré au niveau du témoin (T₄) suivi par (T₂), par contre les traitements (T₁, T₃) présentent le nombre de feuilles le plus faible.

Ce résultat confirme le travail de LEVIGNERON et *al* (1995), qui ont montré que l'effet de la salinité sur la croissance des plantes est la réduction de nombre des feuilles.

2.4 Poids frais des tiges et des feuilles :

Les résultats du poids de la biomasse fraîche des feuilles, des tiges sont présentés au niveau de la figure 13:

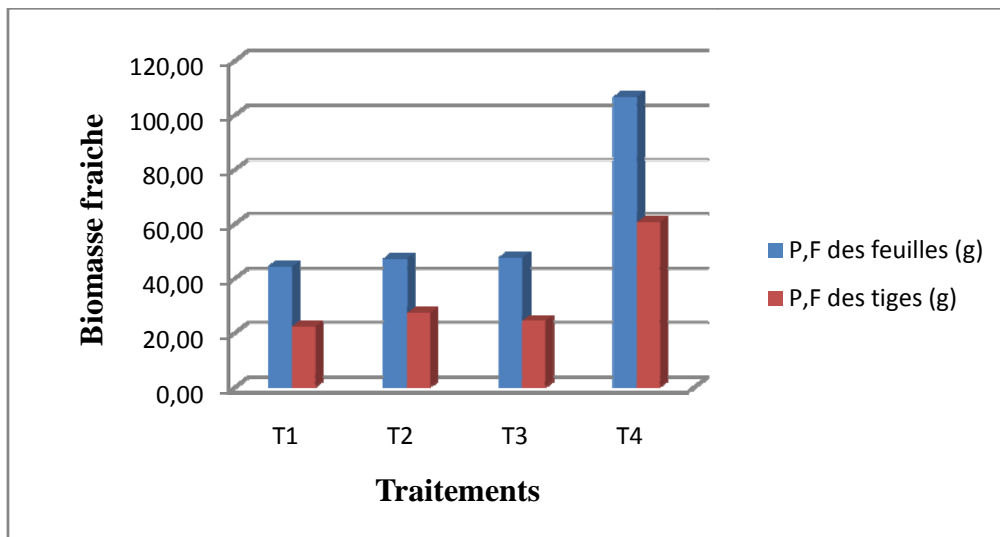


Figure 13 : Poids frais des feuilles et des tiges.

Pour la production de la biomasse fraîche des feuilles et des tiges des plantes d'aubergine, ont montrés des réponses différentes au niveau des traitements testés. D'une façon générale, le témoin (T₄) a répondu par une production de biomasse très marquée par rapport aux autres traitements (T₁ et T₃) où les résultats été plus faibles, alors que le traitement T₂ présente une position intermédiaire.

Ces résultats confirme le travail de HELA *et al* (2008), qui confirment que la salinité se manifeste par la réduction de la taille des plantes, avec la présence de NaCl dans le milieu, une dose de 2.90 g/l, entraîne, après 21 jours de culture, une baisse significative de la matière fraîche et sèche des plantes. La concentration en NaCl qui provoque 50% d'inhibition de la croissance pondérale des plantes est de l'ordre de 4,35 g/l.

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

Aussi ZHU (2001) a montré que, la croissance de la partie aérienne du végétal est réduite face à un stress abiotique.

BENMAHIOUL *et al* (2009), ajoutent que, les feuilles sont les tissus les plus sensibles de la plante à la salinité.

2.5 Poids secs des tiges et des feuilles (g) :

Les résultats du poids de la biomasse sèche des feuilles et des tiges sont présentés au niveau des figures 14 :

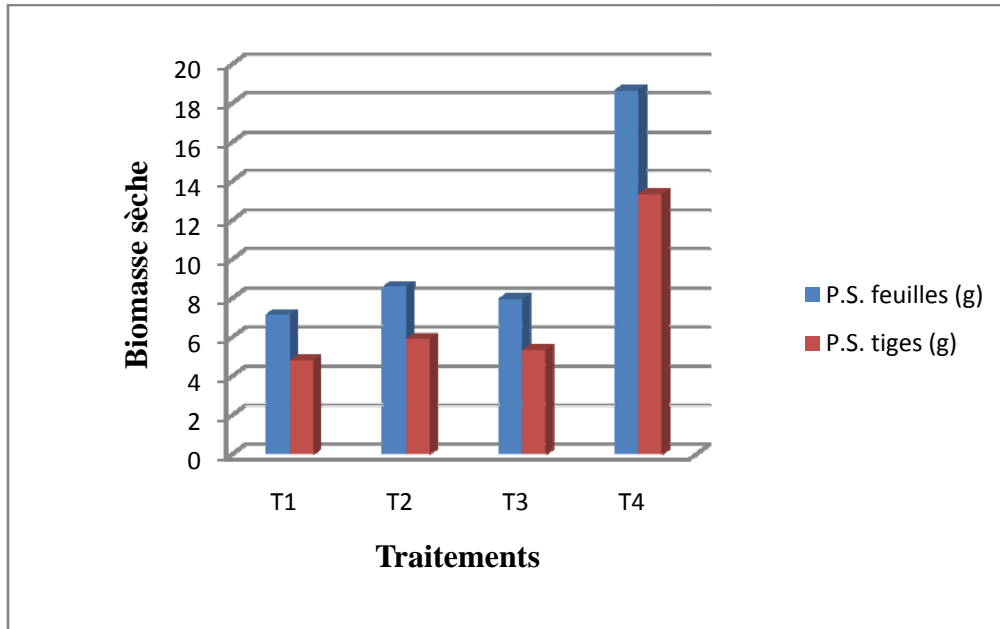


Figure 14 : Poids sec des feuilles et des tiges.

D'après les résultats obtenus on remarque que les traitements exercent un effet significatif sur le poids sec des feuilles et des tiges, des plantes d'aubergine.

Les poids secs les plus élevés sont observés chez les plantes alimentées par la solution nutritive standard (T₄), Les plantes irriguées par les solutions salines naturelles (T₁ et T₃) présentent une biomasse sèche faible, alors que le traitement T₂ est classé en dernière position.

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

Ces résultats confirment le travail de SILLAGE, *et al* (1990) qui ont montré à cet égard que les signes de stress les plus évidents au niveau de la végétation arrosée par des eaux chargées en sel sont ceux d'une sécheresse physiologique se manifestant par un aspect général rabougri de la plante, par une diminution de la surface foliaire et de la masse racinaire et par un dessèchement partiel de la végétation.

Dans la mesure où elle affecte la turgescence cellulaire, cette contrainte se répercute négativement sur la croissance. Le mécanisme de base qui mène au

dessèchement des plantes exposées au sel est probablement lié à l'altération de l'activité de certaines (DOUDECH *et al.* 2008).

A cette effet, la plante doit réguler strictement la pénétration des ions à travers les racines pour empêcher une accumulation trop rapide des ions au niveau de la partie foliaire ; ceci conduit à une concentration du déficit hydrique (BINZET *et al.*, 1988)

2.6 Poids frais et sec des racines (g) :

La mesure de la matière fraîche et sèche des racines d'aubergine ont été pesé au moment de la coupe finale à l'aide d'une balance.

Pour étudier l'effet de chaque traitement sur ce paramètre, nous avons obtenus les résultats illustrés dans les figures 15 et 16 :

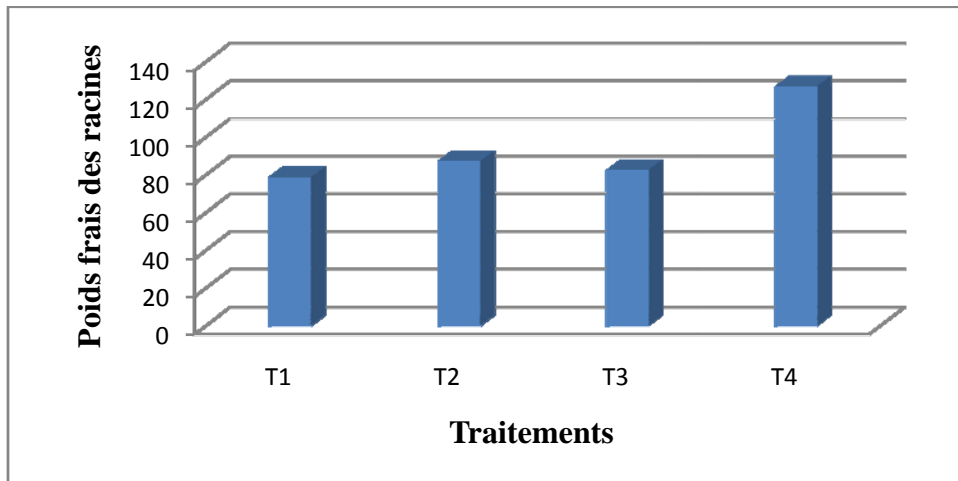


Figure 15 : Poids frais des racines(g).

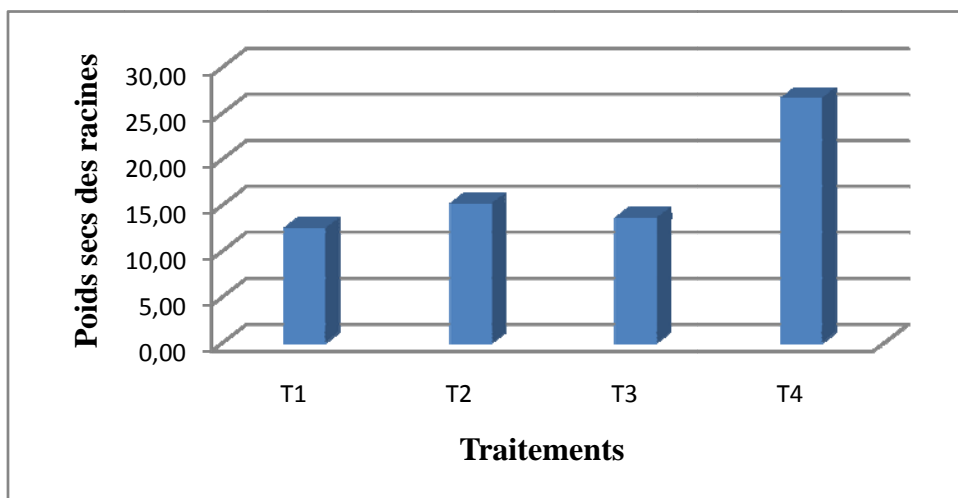


Figure 16 : Poids secs des racines(g).

Concernant la biomasse fraîche et sèche des racines l'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative entre les différents traitements testés.

Les résultats obtenus montrent que les plantes irriguées par la solution nutritive standard (T₄) présentent toujours la meilleure performance parce qu'elle fournit tous les éléments nécessaires aux besoins des plantes à des proportions convenables, suivis par le traitement (T₂) qui présente des valeurs moyennes, contrairement aux traitements (T₁ et T₃) dont la concentration de NaCl est de (100%, 50%) semble former les poids les plus faible respectivement.

Ces résultats confirment le travail de BENMAHIOUL et *al* (2009), qui ont montré que la salinité provoque une faible biomasse fraîche des organes de l'appareil végétatif, dont les racines sont les tissus les moins affectées par ce phénomène.

Aussi selon LEMZERI (2006), indique que le chlorure de sodium inhibe la croissance des racines des glycophytes, qu'elles soient réputées très sensible à la salinité, moyennement sensible ou plutôt tolérantes.

La conséquence la plus immédiate d'une concentration saline est une lésion des racines suivies du flétrissement de la plante lui étant à une difficulté d'absorption hydrominérale, BLANC (1987).

2.7 Teneur en proline dans les feuilles (µg/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, les résultats sont présentés dans la figure 17 :

Le métabolisme des végétaux est perturbé par le stress salin et notamment le métabolisme des acides aminés libres dont la proline constitue un marqueur de la résistance des plantes aux contraintes abiotiques.

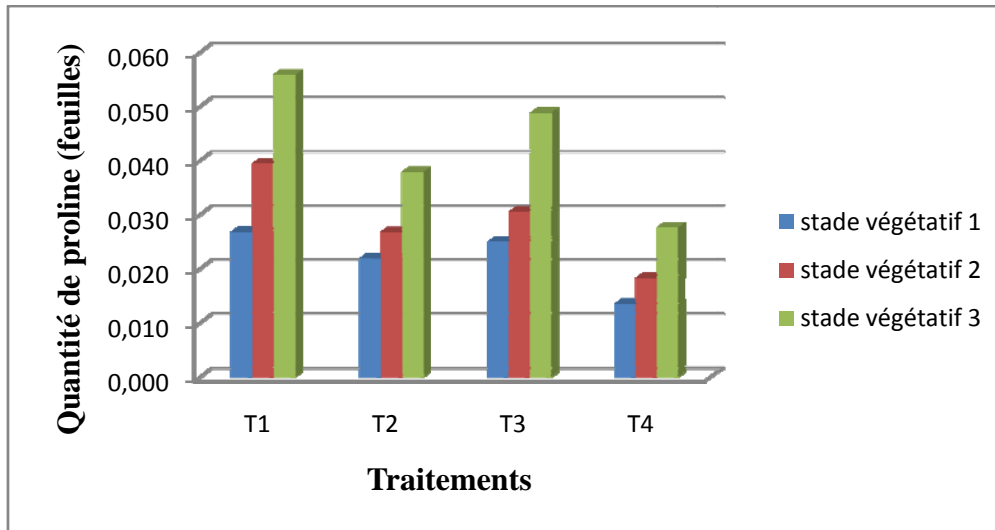


Figure 17 : Teneur en proline dans les feuilles ($\mu\text{g/g MF}$).

Les données de la figure 17, montrent qu'il y a une différence très hautement significative entre les différents traitements testés, d'une manière globale on peut remarquer que les traitements salins (T_1) enrichi en NaCl présente une teneur en proline plus forte que dans les traitements (T_2 et T_3) alors que le traitement témoin (T_4) présente toujours les teneurs les plus faibles et que l'accumulation de cet osmoprotecteur est progressive au niveau des feuilles qui augmente avec l'intensité du stress ainsi que la nature et la proportion des sels utilisés.

Des résultats similaires ont été trouvés par DJERROUDI et *al* (2009), où ils ont indiqués que, l'augmentation de la teneur en proline dans tous les organes de la plante est en fonction de l'augmentation de la salinité, et que les tiges et les feuilles sont plus riches en proline que les autres organes.

Aussi, quand le milieu nutritif est chargé 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 DENDEN et *al* (2005) ; qui ont montré que l'augmentation des teneurs en sels, provoque un déséquilibre du potentiel osmotique du milieu externe, ce dernier présente une concentration plus élevée que le milieu interne. Cela induit une réponse de défense qui se traduit par la production de

la proline dans le but de réajuster l'osmolarité interne et permettre à l'eau de passer du milieu le moins concentré vers le milieu le plus concentré.

2.8 Teneur en chlorophylle A et B ($\mu\text{g/g MF}$) :

Les résultats de la teneur en chlorophylle A et B dans les feuilles d'aubergines sont présentées dans la figure 18 et 19 respectivement :

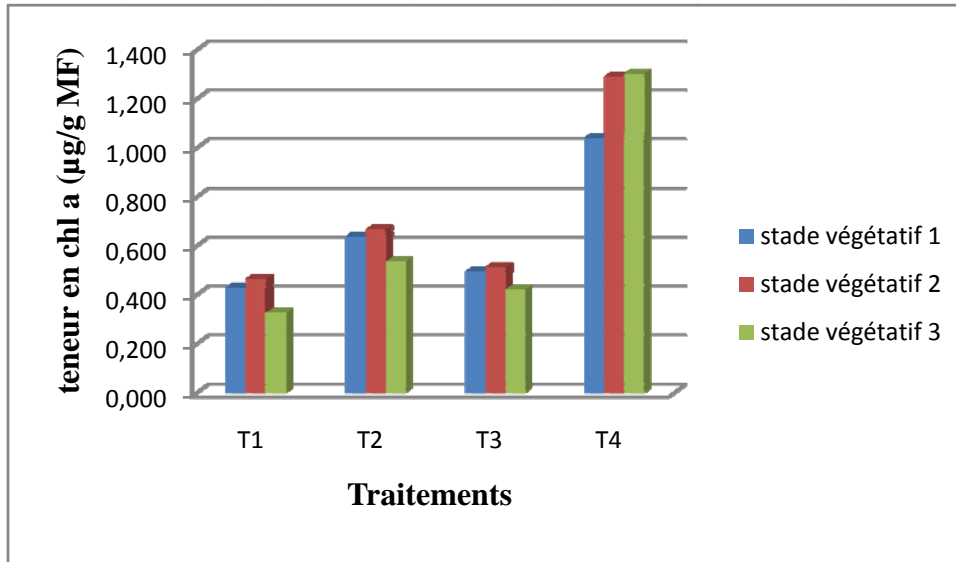


Figure 18 : Teneur en chlorophylle A ($\mu\text{g/g MF}$)

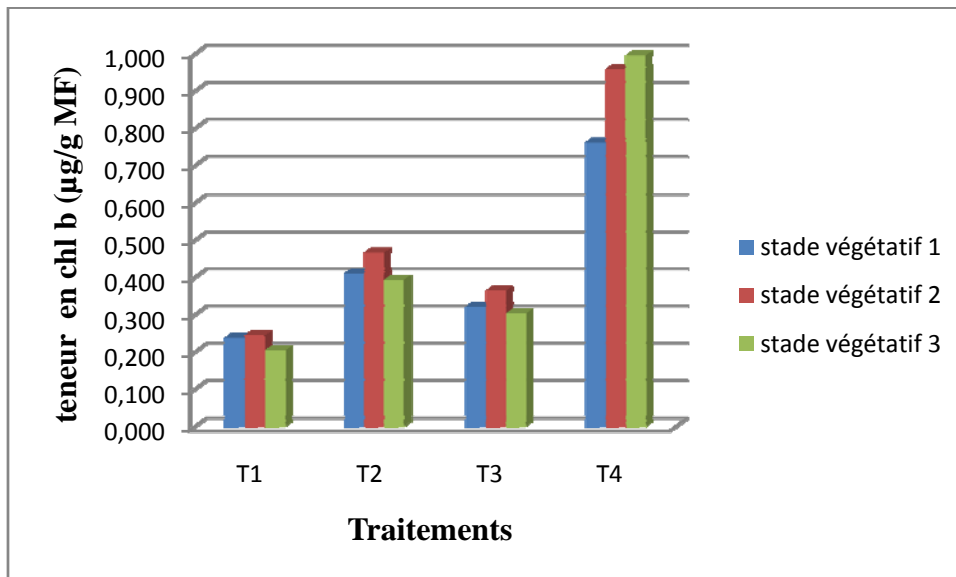


Figure 19 : Teneur en chlorophylle B ($\mu\text{g/g MF}$)

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence hautement significative du facteur traitement sur la teneur en chlorophylle (A et B) dans les feuilles d'aubergines pendant les trois stades végétatifs (stade végétatifs 5 feuilles, floraison, nouaison) respectivement, les plantes du traitement témoin présentent les teneurs les plus élevées en chlorophylle (A et B) suivies par les plantes irriguées avec le traitement salin (T₂), contrairement au traitement (T₃ et T₁) dont ils présentent les teneurs en chlorophylle (A) les plus faibles durant les trois stades testés.

Selon les figures 18 et 19, nous remarquons qu'il y a une augmentation de la teneur en chlorophylle (A et B) durant les deux premières coupes chez des deux espèces, puis une diminution de ces deux paramètres pendant la troisième coupe au niveau des traitements (T₁, T₂, T₃). Aussi il est à noter que le témoin manifeste des teneurs en chlorophylle les plus élevées durant les trois périodes.

Les faibles teneurs en chlorophylle (A et B) et la régression enregistrées au niveau des traitements (T₁, T₂, T₃) durant les trois stades végétatifs testés peuvent être expliquées par l'effet des sels et le déséquilibre ionique qui exercent une répression sur les chloroplastes en perturbant ainsi le bon déroulement de l'acte photochimique des photosystèmes II. Les travaux de BALIBREA, *et al* (1997) ont montré que l'accumulation des sels affecte la régulation du transport des électrons au niveau des chloroplastes dans les feuilles des plantes.

La diminution de la teneur en chlorophylle peut s'expliquer par la présence de forte concentration de NaCl et la diminution de l'azote au niveau des pigments chlorophylliens. Les résultats de NIEVES *et al* (1991), ont montré que la réduction de la teneur foliaire en chlorophylle peut être liée à la forte concentration du chlorure et /ou du sodium. et selon FEIGIN *et al* (1991) ; GRATTAN ET GRIEVE (1994), le NaCl a un effet antagoniste sur l'absorption de l'azote qui est une composante essentielle de la structure de la chlorophylle.

ORCUTT ET NILSEN (2000), indiquent que la réduction des teneurs en chlorophylle est à cause de la fermeture des stomates et éventuellement la réduction de conductance du mésophyle (parenchyme chlorophyllien) provoquée par la perte de turgescence et les signaux racinaires.

D'après EASTMAN ET CAMM (1995), la salinité tout comme la sécheresse ont pour conséquence de réduire la photosynthèse nette par la réduction des échanges gazeux mais aussi de l'activité photochimique.

Le traitement salin (T₁) révèle la moyenne la plus faible en chlorophylle (A et B). Ceci peut être expliqué par l'oxydation des pigments chlorophylliens en raison du taux et le déséquilibre ionique du milieu nutritif.

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 est affecté en raison des perturbations causées au niveau des chloroplastes.

D'une façon générale nous avons constaté que la chlorophylle (B) est moins sensible au stress salin que la chlorophylle (A) et que sa teneur diminue avec l'augmentation de l'intensité du stress conformément à ce que nombreux auteurs ont démontré (KADRI et CHEIKH M'HAMED, 2008).

Conclusion

Notre expérimentation a été réalisée dans le but de déterminer l'impact nocif de deux types de sels (NaCl et Na_2SO_4) contenu dans l'eau d'irrigation sur le comportement d'une variété d'aubergine noire « Black beauty ».

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

Pour les paramètres biométriques à savoir la hauteur des plants, le diamètre des tiges, le nombre des feuilles, le poids frais et sec des feuilles, des tiges et des racines, nous avons constaté que le contrainte salin appliqué (T1, T2, T3) exerce une action défavorable sur la physiologie et la morphologie des plantes de l'aubergine et provoque une diminution de ces paramètres mesurés et ce par rapport au témoin(T4). Les valeurs les plus faibles sont obtenus par les plants alimentés par T1 (NaCl à 100%) suivie par T3 (NaCl à 50% et Na_2SO_4 à 50%) et T3 (Na_2SO_4 à 100%) respectivement.

Concernant les variations notées sur les paramètres biochimiques, à savoir les teneurs en chlorophylles A et B qui sont des paramètres très sensibles, et qui peuvent nous renseigner sur le degré de tolérance des plantes à la salinité nous constatons que les plantes qui ont reçu le traitement salin T1 montrent une diminution considérable de la chlorophylle causée par la réduction de l'ouverture des stomates, visant à limiter les pertes soumises à une contrainte saline présentent un taux de chlorophylle plus bas par rapport aux plantes qui ont reçu T2 et T3. Par contre les plantes du traitement T4 (témoin) présentent toujours le taux de chlorophylle le plus élevé.

Les résultats relatifs à la teneur en proline indiquent que les plantes alimentées par T1 suivie par T3 et T2 accumulent beaucoup de ces osmolytes, et ce afin d'ajuster l'osmolarité interne pour la survie des plantes dans ces milieu salin, on peut noter également que le traitement T4 présente les concentrations en osmolytes les plus faibles. A la lumière de ces résultats on peut conclure que le traitement T1(NaCl) est le plus nocif parmi les sels testés.

D'après les résultats enregistrés à travers cet essai, il est souhaitable d'approfondir ces recherches à travers d'autres essais similaires ou complémentaires on utilisant d'autres types de sels avec une variation des concentrations afin de mieux comprendre l'agressivité de ces sels sur les plantes cultivées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDELLY. C., et al, 2005** : Physiological and antioxydant responses of the perennial halophyte *Crithmum maritimum* to salinity. *Plant Science* 168. Tunisie. pp : 889 - 899.
- AIT HOUSSA. A., et al, 2005** : Fertigation de la tomate hors sol dans la région de Douiet (Maroc). Ecole National d'Agriculture de Meknès, domaine agricole de Douiet. pp 1-15
- ALLAKHVERDIEV et al 2000 in PARIDA et DAS, 2005**
- 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., 2010** : Stress salin. Laboratoire de génétique et biophysique des plantes (LGBP). France. 22p.
- ANONYME 2012** : Martiland ; culture hors sol, (principe de fabrication de la Solution nutritive). 9p.
- ANONYME., 2007** : Cultures hydroponiques et horticoles 3^e Edition. Catalogue Hanna instruments. France. p9.
- AGASTIA et al 2000** : Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica* 38, pp287–290.
- AGASTIA et al 2000** : Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica* 38, pp287–290.
- APSE et al, 1999** : *Salt tolerance conferred by overexpression of vacuolar Na⁺ / H⁺ antiport in Arabidopsis* . *Science*. p. 1256-1258.
- AYERS, R.S., WESTCOT, D.W., 1976** : “La qualité de l'eau en agriculture”, Bull. d'irrigation et de drainage, F.A.O. n° 29, Rome, (), 95-97.
- AW. M., 1994** : Saline pulp and mill wastewater redamation using woody plant speaes. Thesis for the Degree Pédol of Master of Science in Forestry: Northern Arizona University. 103 p.
- BAINBRIDGE. D., 2009** : A guide for desert and dryland restoration, new hope for arid lands. Island Press. pp321-326.
- BALIBREA. M.E., et al 1997** : Salinity effects on some postharvest quality factors in a commercial tomato hybrid. *Journal of Horticultural Science*, Vol.72, n. 6. p. 885-892.
- BENMAHIOUL et al (2009)**
- BERNSTEIN. L., 1974** : Salt tolerance of plants. Department of agriculture. Information bulletin N°283. US. 23p.
- BERTHOMIEU. P., et al 2003** : Functional analysis of AtHKT1 in Arabidopsis shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. *Bilan des cultures maraichères Ministère de l'agriculture*. Embo Journal. Vol. 22. 1998.
- BINZET. L., et al, 1988** : Intracellulare compartimentation of ions in salt adapted tobacco cells”, *Plant physiol.* 86, .607-614.
- BLANC.D., 1987** : Les cultures hors sol. Ed. INRA. Paris. 409p.

- BONTE. L.H., 2010** : Réaliser et entretenir un mur végétal. Ed. Eyrolles. Paris. pp : 79-81.
- BRADY. N.C., 2002** : The nature and Properties of Soils. New Jersey, USA. Prentice Hall. 2p.
- BRADY. N., et WEIL. R., 2002** : *The nature and properties of soils*. 13th ed. USA: Prentice Hall, Upper saddle river, NJ.
- BRUN. R, et MONTARON. C., 1987** « influence de la concentration de la solution nutritive sur la réaction de la plante », Ed ; INRA, Paris, 165p
- CHARTZOULAKIS et KLAPAKI (2000**
- CHAUX. C., et FOURY. C., 1994** : Productions légumières, tome 3 (Légumineuses potagères Légumes fruits). Ed. Lavoisier Tec & Doc. Pp : 145 - 230.
- CHAUX. C., et FOURY. C., 1994** : « production légumière ; légumineuses potagères, légume fruits » tome III, Ed ; Tec et Doc, Lavoisier 1994, 563p
- CHEESEMAN. J., 1988** ; *Mechanisms of salinity tolerance in plants, chloride and sodium sulphate*. Physiologia Plantarum. p. 482-490.
- CHEIKH. M., et al 2008** : Evaluation de la tolérance au stress Salin de quelque Accession D'orge (*Hordium Vulgare L.*) Cultivées En Tunisie : Approche Physiologique Science et Technologie., 28. Pp 30-37 .
- CHEVERRY. C., et BOURRIÉ. G., 1995** : La salinisation des sols. Ed. INRA. France. 19p.
- COÏC. Y. , 1984** : Les culture sans sol. Revue science et vie N°146. Pp : 68 - 75.
- COIC. Y., et LESAINTE. C., 1975** : *La nutrition minérale en eau des plantes e hoticulture avancée*. Document technique S.C.P.A, n. 23, Versailles, 1975, 21p.
- DAOUD. Y., et HALITIM. A., (1994** : Irrigation et salinisation au Sahara Algérien «Sécheresse ». Ed. OPU. pp : 151 - 160.
- DE, FORGES, 1972**
- DEKHINAT. S., et al, 2010** : Analyse de la variabilité spatiale de la salinité des sols dans une palmeraie Algérienne (Biskra, Algérie). Science et Technologie D. N°31. pp9-14.
- DELAUNEY. A.J., et VERMA. D., 1993** : *Proline biosynthesis and osmoregulation in plants*. Plant J. p.215-223.
- DENDEN et al 2005** : *Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales*. Tropicultura. p. 220-225.
- DINON. E., et GERSTMANS. A., 2008** : L' Influence du pH sur l'assimilation des éléments nutritifs du sol par les plantes et sur la variété des plantes. Université de Liège. 4p.
- DOUDECH. N., et al. 2008** : *Tolérance à la salinité d'une graminée à gazon : Paspalum notatum Flüggé*. Rev Tropicultura, Vol. 26, n.3, p.182-185
- DURAND. I., 1983** : «les sols irrigable »Ed, presse universitaire de France ,1983 . 338 p
- EASTMAN. P., ET CAMM. E., 1995** : *Regulation of photosynthesis in interior spruce during water stress: changes in gas exchange and chlorophyll fluorescence*. Tree Physiology. p. 229-235.

- ERARD. P., 1992 :** « aubergine » Ed, C.T.I.F.L. 2003. INRA. Alger; el Harrach 153 p.
- ERARD et al., 1995 :** Maîtrise de l'irrigation fertilisante, tomate sous serre et abris en sol et hors sol. Ed Tec & Doc.
- ERARD. P., 2003 :** « aubergine » Ed, C.T.I.F.L. 2003. INRA. Alger; el Harrach 153p
- FAO 2008 :** L'actualité agricole en Méditerranée. Ed. CIHEAM. 33p.
- FAO stat. 2012.** www.faostat.fao.org.
- FEIGIN et al 1991 :** Irrigation with treated ssewage effluent : management for environmental protection. Berlin: Springer-Verlag. 224p.
- FEVERAU. J., 1976 :** «culture en containers, revue horticole.».
- FLOWERS. T., 1972 :** *Salt tolerance in Suaeda maritima L. Dum. The effect of sodium chloride.*
- FRANCIS et al 1970 :** *Cooper enzymes in isolated chloroplastes.* p. 1-15.
- GHASSEMI. F., et al., 1995 :** Salinisation of land and water resources. Sydney.
- GIRARD. M.C., et al 2011:** Sols et environnement 2^e édition. Ed. Dunod. Paris. pp : 729 - 748.
- HADE. A., 2003 :** Nos Lacs, les connaitre pour mieux les protéger. Ed. Fides. Québec. p230.
- HAGEMEYER. J., 1996 :** Salt. In Plant Ecophysiology. New York. pp : 176 - 181.
- HALITIM. A., 1988 :** Sols des régions arides d'Algérie .office de publication universitaire. 384p.
- HARTANI. A., et MERABET. A., 2003 :** Le drainage des sels dans les sols agricoles. Alger, INA El-harach. 49p.
- HELA. B.A., et al 2008 :** *Tolérance à la salinité d'une poaceae à cycle court: la séttaire (SetariaverticillataL.) ; Compte rendus Biologies.* p. 164–170.
- HOPKINS., W.G., 2003 :** Physiologie végétale. Ed. De Boeck. Paris. 495p.
- HOSNI, 2009 :** La tolérance au sel, Ecophysologie Végétale. Pp 1-6.
- IMALET. R., 1979 :** Influence de différente concentration de sels (NaCl, Na₂SO₄) des eaux d'irrigation sur le rendement du haricot. Thèse de l'ingénieur : I.N.A El Harrach, Alger. 43p.
- INSID, 2008 :** Les sols salins en Algérie. Institut National des Sols, Irrigation et drainage. 06p.
- JABNOUNE. M., 2008 :** *Adaptation des plantes à l'environnement : Stress salin.* Présentation. Power Point.
- JIN Z. M., et al., 2007 :** Physiological and ecological characters studies on *Aloe vera* under soil salinity and sea water irrigation. Process Bioch. 42, pp 710-714.
- KADRI. K., et CHEIKH M'HAMED, 2008 :** Evaluation de la tolérance au stress salin de quelques accessions d'orge (*hordium vulgare L*) cultivées en Tunisie : approche physiologique, Sciences & Technologie C- n°28, pp 30-37.

- KADRI. K., et al., 2009** : Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques accessions tunisiennes d'orge (*Hordeum vulgare* L.). Sciences & Technologies, N°29. Tunisie. Pp : 72 - 79.
- KHECHAI. S., 2001** : Contribution à l'étude du comportement hydrophysique des sols du périmètre irrigué de l'ITDAS dans la plaine de l'outaya (W.Biskra), Thèse de magister science agronomique : Université de Biskra. p. 145.
- KHOURY. Y., 1969** : Réactions physiologiques au chlorure de sodium. Thèse 3^e cycle. Paris. 93p.
- KOLÉV. N., 1979** : Les cultures maraichères en Algérie » Tome I, légumes fruits, I. T. C. M. I. Staouali, pp 6-33.
- LAHLOU. M. et al 2002** : Modélisation de l'impact de l'irrigation sur le devenir salin et sodique des sols. CIRAD. France. 19p.
- LASRAM. M., 1995** : Comportement des plantes en milieu salé et placé en pourtour Méditerranée. AC. R. Acad. Agric.81(2), pp 47-60.
- LAUMONIER. R., 1979** : Cultures Légumières et Maraichères, Tome 3. Ed. J.-B. Baillièrè. Paris. pp : 92 - 119.
- IYENGAR ET REDDY, 1996 IN PARIDA ET DAS, 2005.**, Responses of Plant to Environmental Stress Chilling, Freezing and High Temperature Stresses, 2nd edn. Levitt, J. (ed.). Academic Press, New York.
- LE QUILLEC. S., 2002** : Gestion des effluents des cultures légumières sur substrat. Ed. C. T. I. L, Paris, pp 42-77
- LEGROS J-P., 2009** : la salinisation des terres dans le monde. Académie des sciences et lettres de Montpellier, conférence n° 4069. Pp257-269.
- LEKAMA. A.A., et TOMINI. A., 2006** : IPTRID : conférence électronique sur la salinisation « extension de la salinisation et stratégie de prévention et réhabilitation ». Paris. pp 2-11.
- LEMAIRE. F., et al 1989** : Cultures en pots et conteneurs (principes agronomiques et applications). Ed. INRA. Paris. 184p.
- LEMAIRE. F., 1989** : Cultures en pots et conteneurs (principes agronomiques et applications). Ed. INRA. Paris. 184p
- LEMZERI. H., 2006** : Réponses écophysiologicals de trois espèces forestières du genre *Acacia*, *Eucalyptus* et *Schinus* (*A. cyanophylla*, *E. gomphocephala* et *S. mölle*)
- LESAIN. C., 1974** : évolution de la fertilisation et de l'irrigation vers l'utilisation des solutions nutritives équilibrés »Ed ; INRA, Versailles. 1974 .118p .
- LESAIN. C., et COIC. Y., 1983** : « culture hydroponique » Ed ; maison Rustique, Paris, 1983. 118 p.
- LETARD. M., et al, 1995** : Maitrise de l'irrigation fertilisante : tomate sous serre et abris en sol et hors sol. Ed. ctifl, Paris. 220p.
- LEVIGNERON. A., et al., 1995** : Les plantes face au stress salin (Synthèse). Cahiers Agricultures. France. pp : 263-273.
- LEVITT. J., 1980** : *Response of plants to environmental stresses*. Vol. 2. Water, radiation, salt and other stresses. 2nd ed. London: Academic Press, UK.
- MADR, 1998** : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Statistique agricole. Alger.

- MAILLARD. J., 2001** : Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. *Risques et recommandations*, Handicap International, novembre 2001. 34 p.
- MARICLE. B.R., et al., 2007** : Biophysical and morphological leaf adaptations to drought and salinity in salt marsh grasses. *Environmental and Experimental Botany*. pp : 458 - 467.
- MARLET. S., 2005** : Gestion de l'eau et salinisation des sols dans les systèmes irrigués. Synthèse de l'atelier du PCSI sur : Vers une maîtrise des impacts environnementaux de l'irrigation n°40. Ed. Cirad & Amis. France. pp : 12 - 23.
- MARTINEZ.S., et MORARD. P., 2000** : évolution de la fertilisation et de l'irrigation vers l'utilisation des solutions nutritives équilibrés »Ed ; INRA, Versailles. 1974 .118p
- MERMOUD. A., 2006** : Maitrise de la salinité des sols. Cours de physique du sol, école polytechnique fédérale de Lausanne. 15p.
- MONNEVEUX. PH., et NEMMAR. M., 1986** : contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*triticum durum* Desf) Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie*, 6 (6), pp 583-590 .
- MORARD. P., 1995** : Les cultures végétales hors sol. Ed. Publications Agricoles Agen. Paris. 304p.
- MUSARD. M., 1980** : l'aubergine en serre, revue horticolt N°204. P : 43 .
- NIU. X., et al. 1995 ; HASEGAWA. P., et al, 2000** : *Ion homeostasis in NaCl stress environments*. *Plant Physiology*. p. 735-742.
- ORCUTT. D.M., ET NILSEN E.T., 2000** : *Physiology of plants under stress*. New York: John Wiley et Sons Inc, NY, USA.
- RAHMANE. C., et al, 2008** : Les indicateurs précoces de tolérance à la salinité chez les blés durs. Les journées scientifiques du réseau « Biotechnologie végétale » Agrocampus Rennes, France. 215p.
- RAINS.W., 1979** : *Salt tolerance of plants : Strategies of biological systems*. In *The biosaline concept: An approach to the utilization of underexploited resources*.
- RHOADES. D.J., et al., 1992** : The use of saline water for crop production. *Irrigation and drainage paper*, FAO. n°48. Rome. 140p.
- SHOLTO. J.D., 1984** : *Advanced guid to hydroponics*. Ed . Polham, London. pp1-25
- SLAMA. F., 1986** : Interaction des racines dans la sensibilité ou la tolérance à NaCl de plantes cultivées. *Agronomie*. 6(7).651-658.
- SLAMA. F., 2004** : La salinité et la production végétale. Ed. Centre de Publication Universitaire.
- SNOUSSI. S. et HALITIM. A., 1998** : *Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées*. *Etude et gestion des sols*. p. 289- 298.
- SNOUSSI. S.A., 2001** : «valorisation des eaux salines pour la nutrition des plantes cultivées» thèse de doctorat, INA, Alger, Harrach, 152p.
- SZABALOCS. I., 1989** : Salt affected soils. C. R. P. Press.Boca raton F1, pp 49-59.
- THIAULT J-F., 2004** : Détail fruits et légumes « la maitrise de la culture hors sol ». Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, Paris. pp 1-4.

- TROLL. W., et LINDESLY. J., 1955 :** A photometric method for the determination of proline. *J. Boil . Chem .* 215, 655-660 .
- UNGAR. A., 1991 :** *Growth Regulators*. In: *Ecophysiology of Vascular Halophytes*. Ungar. Florida: CRC Press Inc. Boca Raton. p. 87-93.
- UNGAR. A., 1991 :** *Plant Water Status*. In *Ecophysiology of Vascular Halophytes*. Ungar. Florida: CRC Press Inc. Boca Raton. p. 95-106.
- URBAN. L., 1997 :** Introduction à la production sous serre (L'irrigation fertilisante en culture hors sol). Ed. Lavoisier Tec & Doc. Paris. 210p.
- WALKER. R.R., et DOUGLAS. T.J., 1983 :** Effects of salinity level on uptake and distribution of chloride ,sodium and potassium ions in citrus plants . *Australian Journal of Agricultural Research*, Vol.34, n. 8, p. 145-153.
- WARRENCE. N., et al., 2002 :** « fondements de la salinité et des effets de la sodacités physiques du sol » université Bozeman d'état de Montana.13p .
- XIONG. L., et al, 2002 ; ZHU.J.K., 2002 :** *Cell signaling during cold, drought, and salt stress*. The Plant Cell Supplement. p. 165-183.
- YEO. A.R., 1983 :** *Salinity resistance: physiologies and prices*. *Physiologia Plantarum*. p. 214-222.
- ZHU. J.K., 2001 :** Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*, Vol. 6, p. 66-71.
- ZHU. J.K., 2002 :** *Salt and drought stress signal transduction in plants*. *Plant Biology*. p. 247- 273.
- ZIEGLER 2008 :** L'hydroponie ou culture hydroponique » maladies des plantes, agriculture et écologie. pp16.
- ZUANG et MUSARD ,1986 :** Cultures légumières sur substrats : Installation et conduite CIFT, 3^e trimestre, Paris, 276 p.

1. Hauteur des plants (cm)

Tableau n° 1 : Analyse de variance

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	347,333	3	115,778	13,41	0,0000	4,22	12,02%
Var. Résiduelle 1	276,222	32	8,63194				
Var. totale	623,556	35					

2. Diamètre des tiges (mm)

Tableau n° 2 : Analyse de variance

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	32,88	3	10,96	9,57	0,0001	1,40	12,68%
Var. Résiduelle 1	36,66	32	1,14				
Var. totale	69,55	35					

3. Nombre des feuilles par plants

Tableau n° 3 : Analyse de variance

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	9240,67	3	3080,22	285,24	0,0000	16,54	48,99%
Var. Résiduelle 1	345,55	32	10,7986				
Var. totale	9586,22	35					

4. Nombre des fleurs par plants

Tableau n° 4 : Analyse de variance

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	523,41	3	174,47	130,18	0,0000	4,02	41,73%
Var. Résiduelle 1	42,88	32	1,34				
Var. totale	566,30	35					

5. Poids frais des feuilles (g)

Tableau n° 5 : Analyse de variance

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	24564,3	3	8188,12	270,38	0,0000	27,00	43,98%
Var. Résiduelle 1	969,08	32	30,28				
Var. totale	25533,4	35					

6. Poids frais des tiges (g)

Tableau n° 6 : Analyse de variance

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	8853,53	3	2951,18	128,57	0,0000	16,55	49,24%
Var. Résiduelle 1	734,54	32	22,95				
Var. totale	9588,08	35					

7. Poids sec des feuilles (g)

Tableau n° 7 : Analyse de variance

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	789,86	3	263,287	395,43	0,0000	4,81416	45,4679%
Var. Résiduelle 1	21,3061	32	0,665816				
Var. totale	811,166	35					

8. Poids sec des tiges (g)

Tableau n° 8 : Analyse de variance

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	435,39	3	145,13	169,43	0,0000	3,63	49,52%
Var. Résiduelle 1	27,41	32	0,85				
Var. totale	462,80	35					

9. Poids frais des racines (g)

Tableau n° 9 : Analyse de variance

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	13399,7	3	4466,56	1083,39	0,0000	19,66	20,94%
Var. Résiduelle 1	131,92	32	4,12				
Var. totale	13531,6	35					

10. Poids sec des racines (g)

Tableau n° 10 : Analyse de variance

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	1152,33	3	384,11	473,66	0,0000	5,80	34,18%
Var. Résiduelle 1	25,95	32	0,81				
Var. totale	1178,28	35					

11. Teneur en proline dans les feuilles ($\mu\text{g/g MF}$)

Tableau n° 11 : 1. Analyse de variance coupe1

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	0,00031025	3	0,000103417	49,64	0,0000	0,00545158	24,87%
Var. Résiduelle 1	0,0000166667	8	0,00000208333				
Var. totale	0,000326917	11					

Tableau n° 11 : 2. Analyse de variance coupe2

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	0,000685583	3	0,000228528	210,95	0,0000	0,00794441	27,63%
Var. Résiduelle 1	0,00000866667	8	0,00000108333				
Var. totale	0,00069425	11					

Tableau n° 11 : 3. Analyse de variance coupe3

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	0,00136758	3	0,000455861	133,42	0,0000	0,011261	26,44%
Var. Résiduelle 1	0,0000273333	8	0,00000341667				
Var. totale	0,00139492	11					

12. Teneur en chlorophylle A ($\mu\text{g/g MF}$)

Tableau n° 12 : 1. Analyse de variance coupe1

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	0,676106	3	0,225369	762,02	0,0000	0,248353	38,13%
Var. Résiduelle 1	0,002366	8	0,00029575				
Var. totale	0,678472	11					

Tableau n° 12 : 2. Analyse de variance coupe2

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	1,30619	3	0,435397	834,23	0,0000	0,345144	47,07%
Var. Résiduelle 1	0,00417533	8	0,000521917				
Var. totale	1,31037	11					

Tableau n° 12 : 3. Analyse de variance coupe3

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	1,78852	3	0,596173	1951,47	0,0000	0,403503	62,41%
Var. Résiduelle 1	0,002444	8	0,0003055				
Var. totale	1,79096	11					

13. Teneur en chlorophylle B ($\mu\text{g/g MF}$)

Tableau n° 13 : 1. Analyse de variance coupe1

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	0,477463	3	0,159154	258,16	0,0000	0,209414	48,35%
Var. Résiduelle 1	0,004932	8	0,0006165				
Var. totale	0,482395	11					

Tableau n° 13 : 2. Analyse de variance coupe2

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	0,882494	3	0,294165	2650,13	0,0000	0,283386	55,76%
Var. Résiduelle 1	0,000888	8	0,000111				
Var. totale	0,883382	11					

Tableau n° 13 : 3. Analyse de variance coupe3

	S. C. E	D.D.L	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V%
Var. facteur 1	1,13725	3	0,379083	9637,71	0,0000	0,321582	67,79%
Var. Résiduelle 1	0,000314667	8	0,0000393333				
Var. totale	1,13756	11					

Tableau N°1 : Hauteur des plants (cm)

Traitements	T1	T2	T3	T4
Moy (cm)	32,88	35,77	31,88	39,88
	±2,57	±2,72	±3,37	±3,01
	c	b	c	a

Tableau N° 2 : Diamètre des tiges (mm)

Traitements	T1	T2	T3	T4
Moy (mm)	10,0	11,55	10,44	12,44
	±0,70	±1,50	±0,52	±1,23
	b	a	b	a

Tableau N°3 : Nombre des feuilles par plants

Traitements	T1	T2	T3	T4
Moy	22,0	29,77	22,33	61,0
	±2,91	±3,03	±2,23	±4,52
	c	b	c	a

Tableau N°4 : Nombre des fleurs par plants

Traitements	T1	T2	T3	T4
Moy	5,88	9,77	7,11	15,77
	±0,78	±0,97	±1,05	±1,64
	d	b	c	a

Tableau N°5 : Poids frais des feuilles et des tiges (g)

Traitements	T1	T2	T3	T4
P.F. feuilles (g)	44,29 ±2,53 b	47,19 ±6,02 b	47,53 ±2,07 b	106,59 ±8,61 a
P. F. tiges (g)	22,28 ±3,10 c	27,24 ±3,62 b	24,31 ±2,88 cb	60,60 ±7,78 a

Tableau N° 6: Poids sec des feuilles et des tiges (g)

Traitements	T1	T2	T3	T4
P.S. feuilles (g)	7,14 ±0,50 c	8,57 ±0,82 b	7,97 ±0,32 b	18,65 ±1,27 a
P.S. tiges (g)	4,8 ±0,53 c	5,90 ±0,42 b	5,33 ±0,45 cb	13,32 ±1,66 a

Tableau N°7 : Poids frais et sec des racines (g)

Traitements	T1	T2	T3	T4
P.F racines (g)	78,79 ±1,25 d	87,34 ±1,01 b	82,48 ±0,91 c	126,86 ±3,61 a
P.S racines (g)	12,49 ±0,51 d	15,15 ±0,86 b	13,61 ±0,61 c	26,63 ±1,35 a

Tableau N° 8: Teneur en proline dans les feuilles ($\mu\text{g/g MF}$)

Traitements	T1	T2	T3	T4
coupe1	0,027 $\pm 0,002$ a	0,022 $\pm 0,001$ b	0,025 $\pm 0,001$ a	0,013 $\pm 0,001$ c
coupe2	0,039 $\pm 0,0005$ a	0,026 $\pm 0,0015$ c	0,030 $\pm 0,0011$ b	0,018 $\pm 0,0005$ d
coupe3	0,055 $\pm 0,002$ a	0,038 $\pm 0,002$ c	0,049 $\pm 0,001$ b	0,027 $\pm 0,001$ d

Tableau N° 9: Teneur en chlorophylle A ($\mu\text{g/g MF}$)

Traitements	T1	T2	T3	T4
coupe1	0,429 $\pm 0,010$ d	0,638 $\pm 0,017$ b	0,495 $\pm 0,021$ c	1,041 $\pm 0,017$ a
coupe2	0,464 $\pm 0,010$ d	0,665 $\pm 0,008$ b	0,513 $\pm 0,019$ c	1,29 $\pm 0,039$ a
coupe3	0,325 $\pm 0,014$ d	0,535 $\pm 0,017$ b	0,422 $\pm 0,009$ c	1,302 $\pm 0,024$ a

Tableau N° 10: Teneur en chlorophylle B ($\mu\text{g/g MF}$)

Traitements	T1	T2	T3	T4
coupe1	0,237 $\pm 0,013$ d	0,411 $\pm 0,025$ b	0,322 $\pm 0,023$ c	0,761 $\pm 0,033$ a
coupe2	0,244 $\pm 0,006$ d	0,466 $\pm 0,012$ b	0,364 $\pm 0,012$ c	0,957 $\pm 0,008$ a
coupe3	0,205 $\pm 0,004$ d	0,393 $\pm 0,006$ b	0,304 $\pm 0,007$ c	0,995 $\pm 0,007$ a