

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

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

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme
en Master académique
Spécialité : Biotechnologies Végétales

Thème :

EFFET DE CHLORURE DE SODIUM ET DE SULFATE DE SODIUM SUR LA SYNTHÈSE
DE LA PROLINE ET DE LA CHLOROPHYLLE CHEZ UNE GLYCOPHYTE CULTIVÉE
(CAS DE HARICOT : *Phaseolus Vulgaris* L.) VARIÉTÉ DJADIDA

Réalisé par : BENDALI BRAHAM Fella

LARBI Imene

Devant le jury composé de :

M^{me} BRADEA MS	Maître de conférences A	USD. Blida1	Présidente
M^r ABBAD M.	Maître assistant A	USD. Blida1	Promoteur
M^r ZOUAOUI A.	Maître assistant A	USD. Blida1	Examinateur
M^r HAMIDI Y.	Doctorant	USD. Blida1	Examinateur

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2014/2015

Remerciements

En premier lieu, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir accordé le courage et la force de mener à bien ce modeste travail.

*Au terme de cette étude, nos reconnaissances respectueuses vont d'abord à notre encadreur **Mr. ABBAD Mohamed**, pour avoir accepté de nous encadrer ainsi que pour ses précieux conseils et orientations, sa disponibilité, sa gentillesse, sa modestie et pour l'intérêt bienveillant manifesté pour notre travail.*

*Nos sincères remerciements vont à **Mme. BRADEA Maria Stella**, de nous avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury de ce mémoire.*

*Nous remercions également **Mr. ZOUAOUI Ahmed** et **Mr. HAMIDI Youcef**, d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail. Qu'ils trouvent ici notre reconnaissance et nos respects les plus sincères.*

*Nous tenons à remercier tout le personnel du laboratoire de recherche de Biotechnologie des productions végétales de notre département, et en Particulier **Mr. SAOU Abd El Halim** pour son aide et ses précieux conseils.*

*Nous remercions ainsi **Mlle. BENOMAR Souhila** au département de chimie industriel pour son soutien et toutes ses aides.*

Il nous serait agréable d'exprimer notre profonde gratitude et nos plus vifs remerciements envers toute personne qui de loin ou de près a contribué à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

A la mémoire de mes grands parents ; puisse Dieu les accueillir dans son infinie Miséricorde

A qui je dois ce que je suis ;

A ceux qui ont sacrifié pour moi ; ceux qui m'ont aidé du mieux qu'ils pouvaient pour réussir ; ceux qui m'ont accompagné tout au long de ce parcours...

A mon très cher père, qui a toujours garni mes chemins avec force et lumière.

A ma tendre mère, la plus belle perle du monde.

Trouvez en ce travail le fruit de votre dévouement et l'expression de ma gratitude et mon profond amour.

A mon cher et unique frère, je lui souhaite tout le bonheur

A mes tantes et mes oncles à leur tête ma chérie Fethia, pour l'amour qui m'ont toujours accordé

A mes meilleures amies qui font mon équilibre : Ourida, Hadjer, Kawther, Meriem, Soumia et Mohamed, Imed et Redouane.

Pour une sincérité si merveilleuse... Jamais oubliable, en leur souhaitant tout le succès et tout le bonheur.

A tous mes amis (es) pour leurs encouragements et soutien moral.

A mes chers collègues : Meriem, Amina et Zoubida je leur souhaite beaucoup de réussite.

A tous ceux que j'aime

A tous ceux qui m'aiment...

A toutes personnes qui m'ont encouragé ou aidé au long de mes études

Aimablement

Je dédie ce modeste travail...

Imene

Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes chers parents ma mère et mon père pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements. Puisse dieu vous prêter bonne santé et longue vie afin que je puisse à mon tour, vous combler.

A ma chère sœur Imene et mon frère Abd Raouf.

A mon mari, et a toute ma famille

A mes amies et mes camarades

A tous ceux qui me connaissent de loin ou de près

Sans oublier tout les professeurs que se soit du primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur.

Bendali Braham Fella

Résumé

Dans les régions arides et semi-arides, notamment autour du bassin méditerranéen, la salinisation des sols constitue l'un des facteurs abiotiques majeurs qui réduit le rendement agricole de plusieurs cultures.

Notre étude a porté sur un stress salin qui est induit sur les plantes du haricot variété Djadida en phase de croissance en culture hydroponique par l'application de trois traitements salins corrigés (NaCl), (Na₂SO₄), (NaCl+Na₂SO₄) et un témoin (solution nutritive).

La solution nutritive a permis une meilleure alimentation en élément minéraux pour les plantes. L'application des traitements salins corrigés a eu un effet nocif sur les paramètres de croissance, caractérisé par une diminution de la hauteur, du nombre de feuilles, de la surface foliaire et de la biomasse fraîche produite ainsi sur les paramètres physiologiques, par une diminution de la teneur en chlorophylle et une accumulation de la proline des plantes étudiées.

Cette étude a permis de déterminer le sel le plus nocif sur les paramètres de croissance et les paramètres physiologiques.

Mots clés : Salinité, haricot, chlorophylle, proline.

Abstract:

In arid and semi-arid areas, particularly around the Mediterranean Basin, soil Salinization is one of the major abiotic factors which reduce the yield of several cultures.

Our study focused on salt stress which is induced by applying three corrected salt treatments (NaCl), (Na₂SO₄), (NaCl + Na₂SO₄) and a witness (nutrient solution) on growth phase of a culture of the bean variety Djadida in hydroponic culture.

The concentrated nutritive solution allowed a better food in element minerals for plants. The application of the corrected salt treatments had a harmful effect on the parameters of growth, characterized by a decrease of the height, the number of leaves, the foliar surface and the fresh biomass produced so on the physiological parameters, by a decrease of the content in chlorophyll and an accumulation of the proline of the studied plants.

This study allowed to determine the most harmful salt on the parameters of growth and the physiological parameters.

Keywords: salinity, bean, chlorophyll, proline.

المخلص

تعتبر ملوحة التربة من العوامل غير الحيوية الكبرى في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، لا سيما حول حوض البحر الأبيض المتوسط، التي تؤثر على انخفاض المحاصيل الزراعية .

هذا العمل يهدف إلى دراسة تأثير الإجهاد الملحي على نمو نباتات الفاصوليا نوع جديدة مزروعة خارج التربة من خلال سقيها بثلاث محاليل مالحة معالجة (كلوريد الصوديوم) (كبريتات الصوديوم) (كلوريد الصوديوم + كبريتات الصوديوم) و محلول مغذي يستعمل للمقارنة .

المحلول المغذي مكن للنباتات تغذية من العناصر المعدنية و الماء، أما المحاليل المالحة المعالجة فكان لها تأثير سلبي على نمو النباتات التي تتمثل في انخفاض في الطول، عدد الأوراق، مساحة الورقة والكتلة الحيوية المنتجة. كما أثرت أيضا على الآليات الفسيولوجية بانخفاض في اليخضور و إنتاج كمية كبيرة من البرولين .

هذه الدراسة سمحت من معرفة الملح الأكثر ضررا على نمو النباتات و الآليات الفسيولوجية.

الكلمات المفتاحية : الملوحة ، الزراعة خارج التربة ، اليخضور ، البرولين .

Listes des figures :

Figure 1 : Répartition de la salinité dans le monde.....	15
Figure 2 : Types des sols en Algérie.....	16
Figure 3 : voie de biosynthèse de la proline chez les plantes.....	27
Figure 4 : Schéma fonctionnel d'une culture hors sol.....	32
Figure 5 : Quelques variétés de haricot.....	40
Figure 7 : différentes parties du haricot vert.....	41
Figure 8 : les stades phénologiques de la plante de haricot.....	50
Figure 9 : Position de lieu d'expérimentation (Source personnelle).	55
Figure 10 : Lavage du substrat à l'eau.....	56
Figure 11 : Désinfection du substrat.....	56
Figure 12 : Aspect général des conteneurs.....	57
Figure 13 : Schéma de dispositif expérimental.....	57
Figure 14 : Essai de germination des graines du haricot.	63
Figure 15 : Repiquage des germes de haricot.....	64
Figure 16 : Levée des plantules du haricot.....	64
Figure 17 : Aspect général des plantules de haricot après 35 jours d'application de stress.....	70
Figure 18 : Aspect général des plantules de haricot après 45 jours d'application de stress.....	71
Figure 19 : Aspect général des plantules de haricot après 60 jours d'application de stress.....	71
Figure 20 : Hauteur moyenne des plantes en (cm)	72
Figure 21 : Diamètre des tiges (cm)	74
Figure 22 : Nombre des feuilles.....	75
Figure 23 : Surface foliaire (cm ²).....	76
Figure 24 : Biomasse fraîche des feuilles (g)	77
Figure 25 : Biomasse fraîche des tiges (g)	79
Figure 26 : Biomasse fraîche des racines (g)	80
Figure 27 : Biomasse sèche des feuilles (g)	82

Figure 28 : Biomasse sèche des tiges (g)	83
Figure 29 : Biomasse sèche des racines (g)	84
Figure 30 : Taux de la matière sèche des feuilles (%).....	85
Figure 31 : Taux de la matière sèche des tiges (%).....	87
Figure 32 : Taux de la matière sèche des racines (%).....	88
Figure 33 : Teneur en chlorophylle (a) dans les feuilles (mg/ml)	89
Figure 34 : Teneur en chlorophylle (b) dans les feuilles (mg/ml)	91
Figure 35 : Teneur en chlorophylle (c) dans les feuilles (mg/ml)	92
Figure 36 : Teneur en proline dans les feuilles ($\mu\text{g/g}$ MF)	93

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Superficie affecté par la salinité.....	16
Tableau 2 : Evaluation des sols salins.....	19
Tableau 3 : Principaux pays producteurs de haricot vert en 2012.....	45
Tableau 4 : Production du haricot en Algérie. (Million de tonnes)	45
Tableau 5 : Composition du haricot vert (la teneur est pour 100g)	46
Tableau 6 : Les principaux ravageurs qui attaquent le haricot.....	47
Tableau 7 : Les maladies du haricot et moyens de lutte.....	49
Tableau 8 : Moyennes des températures par décade en °C.....	55
Tableau 9 : Teneur des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida....	58
Tableau 10 : Composition de l'eau d'Oued chlef/ H₂O Blida.....	59
Tableau 11 : Composition du traitement T1 d'Oued (Solution saline corrigée) chargée en Nacl.....	59
Tableau 12: Composition du traitement T2 (Solution saline corrigée) chargée en Na₂SO₄	59
Tableau 13: Composition du traitement T3 chargée en Nacl+Na₂SO₄.....	59
Tableau 14: Composition du l'eau de Blida.....	62
Tableau 15: Composition du traitement T4 (Solution nutritive standard).....	62
Tableau 16: Doses et fréquences d'irrigation nécessaire pour la culture du haricot.....	65
Tableau 17 : Répartition des gousses récoltés et rendement.....	94

Introduction :

La réduction progressive du couvert végétal dans le monde dans les régions arides et semi arides sous l'effet de la désertification et l'érosion du sol devient de plus en plus un problème majeur dans les écosystèmes de ces régions (Martinez et *al.*, 2005).

La salinité est un problème écologique croissant dans le monde entier, notamment le bassin méditerranéen et l'Afrique du nord. Ce phénomène est considéré comme un facteur abiotique le plus important qui limite la croissance et la productivité des plantes (Khan et Panda, 2008). Plus de 40% des terres cultivées dans les zones arides et semi arides sont affectées par la salinité (Hamdy, 1999).

La contrainte saline s'associe souvent au déficit hydrique pour limiter la production des espèces végétales (Lauter et *al.*, 1981). Elle diminue le potentiel osmotique de la solution du sol et par conséquent l'absorption de cette dernière par les racines est réduite. Ceci engendre l'abaissement de la turgescence cellulaire, ce qui entraîne le phénomène de plasmolyse. Certains végétaux régulent leur pression osmotique interne par la synthèse de certains osmoprotecteurs, tels que les acides aminés comme la proline. Ce soluté est l'une des mécanismes d'adaptation des plantes à la salinité et sa teneur est liée à la tolérance aux sels nocifs (Ben naceur et *al.*, 2008). La salinité influe également sur la croissance et la photosynthèse des plantes, en provoquant leur réduction (Ben khaled et *al.*, 2003).

L'utilisation de la culture hors sol est l'une des technologies modernes pratiquées pour faire face à la contrainte saline, où la croissance et le développement des végétaux nécessitent en permanence une bonne synchronisation entre les besoins des plantes en éléments minéraux et leur fourniture par la solution nutritive (Morel et *al.*, 2000).

Dans l'échelle de cette approche et afin de voir l'effet de salinité sur le comportement éco physiologique du haricot, nous nous sommes intéressées à l'étude des réponses de la variété « Djadida » soumise à un stress salin. Pour cela, nous avons procédé à des mesures de quelques paramètres biométriques et physiologiques des différents organes de la plante.

Synthèse

Bibliographique

I.1.Définition du stress:

Le mot stress est apparu autour de 1940. Il s'agissait d'un mot anglais, employé en mécanique et en physique, qui voulait dire « force, poids ou efforts ».

Le français Claude Bernard fut le premier à dégager une notion physiologique du stress en 1868. Selon lui, il correspond aux réactions déclenchées qui visent à maintenir l'équilibre de notre organisme. L'ensemble de ces réactions internes a été nommé homéostasie par le physiologiste américain C.W.Bradford (1915), à partir du grec « stasie » (état, position) et homios (égal, semblable à) Roeder (2006).

Selon Wang et *al.*, (2001), les stress se traduisent chez les plantes par des changements morphologiques et moléculaires qui affectent leur croissance et leur productivité.

D'une façon plus générale, on peut dire qu'au niveau cellulaire, un stress est causé par la variation d'un paramètre environnemental qui entraîne la mise en place des mécanismes de régulation de l'homéostasie. Lorsque les conditions environnementales sont susceptibles de provoquer chez une espèce végétale une réduction de la croissance des individus ou une augmentation du taux de mortalité de la population, ces conditions peuvent être assimilées à des conditions stressantes (wTal, 1984).

Le stress peut être induit par une substance chimique ou une contrainte physique, de manière réversible ou permanente, selon que les altérations provoquées dans ces conditions disparaissent ou non, après retour à des conditions de croissance normale (Chrétien, 1992).

I.2.Catégories de stress :

(Hamza, 1980, levitt, 1980 ; Zhu, 2002 ; Vincent ,2006) ont montré que, les organismes sont généralement soumis à deux types de stress :

- **Stress biotique** : (**bios** = vie en grec), il est causé par une agression d'un organisme vivants (insectes, herbivores, virus, bactéries, etc.);
- **Stress abiotique** : qui est due principalement à des facteurs environnementaux comme la sécheresse, la température extrême, la salinité, le manque de luminosité et un excès d'eau (asphyxie racinaire).

Ils affectent la croissance et le rendement des plantes contrairement aux animaux qui peuvent se déplacer lorsque les conditions de vie devient défavorables, les plantes ont développées des stratégies d'adaptations pour répondre aux chocs chimiques ou physiques

engendrés par l'environnement en contrôlant et en ajustant leur systèmes métaboliques (Hamza, 1980 ; Hopkins, 2003).

I.3.Stress salin :

D'après (Hopkins, 2003), le stress salin est une brusque augmentation de la concentration en sels qui conduit d'une part, à un afflux plus élevé d'ions particulièrement Na^+ et Cl^- dans la cellule suite à la chute de la concentration du milieu externe, d'autre part, à une perte d'eau par voie osmotique.

- **Le stress hydrique:** La forte concentration saline dans le sol provoque une importante diminution en eau. Cela nécessite un ajustement osmotique, afin que le potentiel hydrique cellulaire demeure inférieur à celui du milieu extracellulaire. Lorsque l'ajustement osmotique n'est pas suffisant, l'eau a tendance à quitter les cellules ce qui provoque un déficit hydrique et une perte de turgescence (Levigneron et *al.*, 1995 ; Munns, 2009).

- **Le stress ionique:** les mêmes auteurs ont montré que, la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation de sels dans les tissus perturbe des activités métaboliques de la plante comme l'absorption d'eau et de nutriments, l'ajustement osmotique, la synthèse de protéines et d'acides nucléiques, l'accumulation de solutés organiques, la respiration et la photosynthèse. En outre, le stress salin peut induire un stress oxydatif se traduit par une production excessive de radicaux libres d'oxygène y compris l'anion super oxyde (O_2^-), le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et les radicaux hydroxyles (OH^\cdot). Ces espèces réactives causent des dysfonctionnements intra membranaires et par conséquent la mort cellulaire (Parida et Das, 2005).

- **Le stress nutritionnel:** l'augmentation en sel dans le milieu provoque une altération de la nutrition minérale. L'accumulation des ions de Na^+ dans la plante limite l'absorption de cations indispensables tels que K^+ et Ca^{2+} . Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible de la réduction de croissance en présence du sel lorsque des ions essentiels comme K^+ , Ca^{2+} ou NO_3^- deviennent limitant (Levigneron et *al.*; (1995) et Zhu (2007).

II. Définition de la salinisation:

La salinisation est définie comme un processus d'accumulation des sels minéraux solubles constitués d'un mélange de cations (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) et d'anions (Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^-) en concentration anormalement élevée, à la surface du sol et dans la zone racinaire (Tanji, 2004 et Mermoud, 2006).

Elle peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales (TDS) exprimé en mg/l ou, plus couramment, par la conductivité électrique qui peut être exprimée

en plusieurs manières, en millimhos par centimètre (mmhos/cm) à 25°C, en milligramme par litre (mg/l), ou partie par million (ppm), en milliéquivalent (meq/l), ou par la pression osmotique (bars) :

$$1\text{mmhos/cm} = 10 \text{ mg/l}$$

$$1\text{mq/l} = 640 \text{ mg/l}$$

$$1\text{mq/l} = \text{masse de l'équivalent gramme} \times 1 \text{ mg/l}$$

$$1\text{mmhos/cm} = (-0,36) \text{ bars}$$

III. Répartition de la salinité :

II.1.Salinité dans le monde :

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe. Munns (2002), estime d'environ 15% (soit 227 millions d'hectares) des terres cultivables sont affectés par la salinité et 0,5% à 1% des cultures sont délaissées chaque année. La zone aride occupe environ le 1/3 de la surface terrestre et se trouve surtout concentrée en Afrique, en Asie et en Australie. (Halitim, 1988). En Afrique du nord et au Moyen-Orient, la salinité couvre près de 15 millions d'hectares, dont 15% sont dépourvus de toute végétation (Le Houerou, 1986). (Voir figure 01).

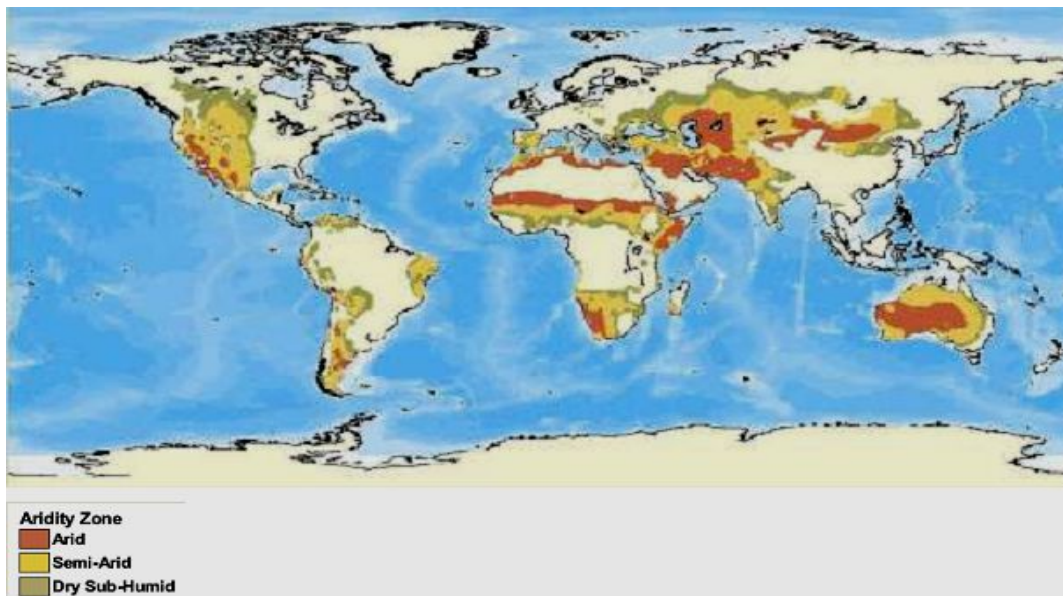


Figure 01 : Répartition de la salinité dans le monde (Institut des régions arides, 2011).

Tableau 01 : Superficie affectée par la salinité en millions d'hectares :

Régions	Sols salins		
	Surface totale	Mha	%
Afrique	1899	39	20
Asie, Australie	3107	195	6.3
Europe	2011	07	0.3
Amérique latin	2039	61	3.0
Moyen orient	1802	92	5.1
Amérique du nord	1924	05	0.2
Total	12781	382	3.1

Figure 02:(FAO, service des terres et

nutrition des plantes, 2008).

III.2.Salinité en Algérie :

Les dommages de la salinité sont connus dans les pays du Maghreb, à cause de la mauvaise gestion des eaux d'irrigation. D'après Belkhouja et Bidai (2004), l'Algérie fait partie des pays méditerranéens où la sécheresse observée depuis longtemps, a mené à la salinisation des sols sur 302 millions d'Hectares de terres. 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).

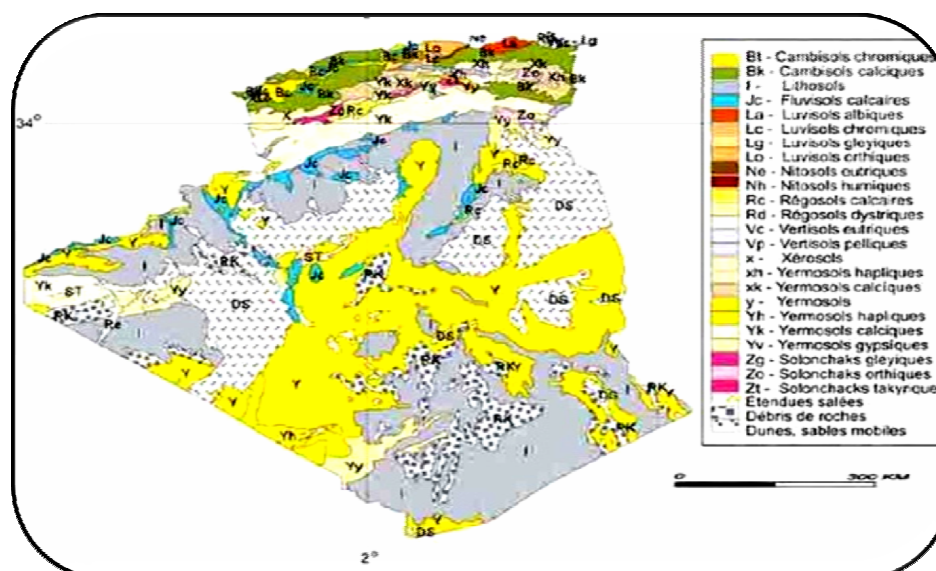


Figure 02: Types des sols en Algérie (FAO, 2005).

Ce phénomène est plus observé dans les zones arides et semi-arides où 20% des sols irrigués sont concernés par des problèmes de salinité à cause des températures élevées durant presque toute l'année, du manque d'exutoire et de l'absence de drainage efficient (Halitim., 1988, Douaoui et Hartani, 2008), soit 3,2 millions d'hectares (Hamdy., 1999). Ceci participe aux chutes des rendements agricoles (Benkhelif et *al.*, 1999).

Le phénomène de salinisation se rencontrent dans les basses plaines et vallées d'Oranie, vallée de la Mina, près de Relizane par exemple, sur les hautes plaines au sud de Sétif et de Constantine, Bordj Bou Arreridj, Oum El Bou agui., aux bords de certains chotts comme le Chott Melghir. Ils ont aussi une grande extension dans les régions Sahariennes au Sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla au-delà Insid, (2008), (Voir figure 02).

V. Causes de la salinisation:

Les principales causes de la salinité sont la présence des eaux salines natives, l'irrigation par ces eaux, la remonté d'eau et l'absence de drainage, Le fort éclaircissement et les rares précipitations surtout dans les régions semi-arides et arides et le manque des eaux douces pour recouvrir les besoins, l'évaporation élevée sont parmi les facteurs principaux qui contribuent à la salinité croissante. (Denden et *al.*, 2005 ; Saxena , 2006 ; Ashraf et Foolad , 2007 ; Hartani et *al.*, 2008).

Maillard (2001), montre que l'altération des roches et les minéraux primaires sont d'autres facteurs qui peuvent causer la salinité des sols, malgré cela, ils sont rarement formés par l'accumulation du sel in situ. Ce phénomène est produit par plusieurs causes :

V.1. Salinisation primaire :

La salinisation d'origine géologique, marine ou lagunaire correspond à une salinisation liée au fonctionnement naturel des terrains, sous l'influence du climat, de l'altération des roches, de dynamique des eaux. Selon (Mermoud, 2006), les terres salinisées d'origine naturelle sont près de 80 %, on qualifie alors la salinisation de «primaire». Dans ce cas, cette salinisation est due à la formation des sels pendant l'altération des roches ou à des apports naturels externes :

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

V.2. Salinisation secondaire :

C'est le résultat d'accumulation des sels apportés par l'eau supplémentaire d'origine humaine ou anthropique qui sont près de 20% et sont qualifiées de salinisation «secondaire» (Mermoud, 2006).

L'irrigation est la cause anthropique principale de la salinité des sols. Son développement s'est accompagné de l'apparition de processus de salinisation, sodisation (sodium) ou alcalinisation (carbonates et bicarbonates) des sols d'importance variable. Si les situations apparaissent très diverses en raison des caractéristiques du milieu naturel, des pratiques agricoles ou de la gestion de l'eau, ces dégradations ne sont pas inéluctables et apparaissent pour l'essentiel comme la résultante de mode de gestion inappropriée des ressources en sol et en eau. 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 (Anonyme, 2006 in Bouchoukh, 2010).

En effet, Marlet (2005), ajoute que 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.

Plusieurs d'autres causes provoquent la salinisation secondaire, tels que :

- L'élévation de la nappe phréatique, en effet l'utilisation excessive d'eaux pour l'irrigation couplée à la mauvaise gestion du drainage cause la salinisation et la sodification des sols suite à la remontée de la nappe phréatique à des niveaux très proches de la surface du sol (Badraoui et *al.*, 2005).

- Les eaux usées : d'après organisation mondiale de santé (OMS, 2011), la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation devient de plus en plus une pratique courante notamment dans les pays semi-arides et arides tels que l'Égypte, le Maroc et la Tunisie. Cependant, cette réutilisation soulève différents problèmes d'ordre agronomique, environnemental et sanitaire. Les eaux usées épurées sont riches en éléments majeurs azote, phosphore, et potassium.

VI. Classification des sols salés :

La formation des sols salés est en relation étroite avec la présence de l'ion sodium Na^+ sous l'une ou l'autre de ses formes: saline (NaCl , Na_2SO_4) ou échangeable, parfois les deux. Les sols salés sont riches en sels solubles (Sols salins) ou en sodium adsorbé (sols sodiques ou alcalins) .Selon Duchaufour (1988), deux sous classes de sols halomorphes sont distinguées:

VI.1. Sols à complexe sodique ou sols alcalins (les solonetz) :

Caractérisés par une saturation marquée en Na^+ qui dépasse les 15% de la C.E.C. (capacité d'échange cationique). En revanche, ils sont pauvres en sels alcalins solubles en profondeur qui se trouvent plutôt dans les zones sub-humides et semi-aride. (Maillard, 2001).

Le même auteur ajoute que, la relative abondance de l'ion sodium dans la garniture ionique absorbant, peut avoir deux origines distinctes:

- Elle peut provenir du sodium libéré par l'altération de certains minéraux alcalins.
- Elle peut résulter d'une saturation progressive du complexe en sodium, aux dépens d'une solution saline.

Dans ces sols, la conductivité électrique (C.E) ne dépasse pas 4 ds/m à 25°C et le pH est supérieur à 8,5 (Lozer et Mathieu, 1990 ; Robert, 1996 ; Calvet, 2003). Ces sols ont un profil peu stable en raison de la grande facilité de dispersion des argiles, ils sont asphyxiants plutôt que physiologiquement secs.

VI.2. Sols salins à complexe calcique (Solontcheks) :

Ils sont principalement caractérisés par leurs richesses en sels solubles en surface (chlorure de Sodium, sulfate de sodium) mais contenant également des quantités appréciables d'ions chlorites et de sulfates de sodium, calcium et magnésium. Ces sols sont généralement dominants dans les zones à climat sec (arides et semi-arides) Maillard (2001). Ils se caractérisent par un pH généralement y compris entre (7et 8,5) et le sodium n'y forme pas plus de 50% des cations en solution (Calvet, 2003).

La conductivité électrique de l'extrait aqueux à saturation, est supérieur à 4,5 ds/m à 25°C dans les horizons de surface (25 cm); 15ds/m dans les horizons inférieurs (suivant la texture), avec un taux de sodium échangeable inférieur à 15% de la C.E.C du sol (Robert, 1996 ; Calvet, 2003).

Ces sols présentent une structure non dégradée, caractérisés par une richesse en sels solubles, tels qu'ils inhibent la croissance de la plupart des plantes cultivées (Girard et *al.*, 2005).

Tableau 2 : Evaluation des sols salins

Conductivité électrique (CE) en dS/m	Evaluation des sols
CE < 2	Sols ne sont pas salés
2 < CE ≤ 4	Sols sont faiblement salés
4 < CE ≤ 8	Sols sont moyennement salés
CE > 8	Sols sont halomorphes

(INSID, 2008).

VII. Salinité des eaux d'irrigation :

Selon (Badraoui et *al.*, 2005), une concentration élevée en sel dans l'eau ou dans les sols affectera négativement le rendement des récoltes, provoquera une dégradation des sols et une pollution des eaux souterraines.

L'utilisation d'une eau salée pour l'irrigation dépendra de plusieurs facteurs:

- La tolérance de la culture aux sels.
- Les caractéristiques du sol.
- Les conditions climatiques.
- Les procédures de gestion des sols et des eaux

L'irrigation irrationnelle conduite avec les eaux salées détériore et stérilise les terres en provoquant leur salinisation. La salinité peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales exprimé en mg/l ou, plus couramment, par la conductivité électrique.

Les eaux d'irrigation peuvent être classées en fonction de la salinité totale en cinq classes, on se basant sur le climat, la croissance des cultures, l'aménagement de l'irrigation, les propriétés du sol.

VII.1. Caractéristiques des eaux salées :

Toutes les eaux naturelles contiennent des minéraux dissous et des matières gazeuses. (Moughli, 2004 in Ghodbène, 2006). L'accumulation des sels dans une eau dépend de son origine :

-**Eau de pluie**: gaz atmosphérique dissous et sels cycliques.

- **Eau de surface**: sa composition et sa concentration varie dans l'espace et dans le temps; cette variation dépend de :

-la géologie du bassin versant;

- le climat: la neige contient moins de sel que la pluie;

- l'évaporation : la concentration de solution augmente avec l'augmentation de l'évaporation, ceci entraîne une variation de la salinité d'un cours d'eau avec la saison.

- Eaux souterraines : en général, leur composition est assez variable d'une année (ou saison) à l'autre s'il n'y a pas d'interventions notables de l'homme.

La composition et la concentration de l'eau en sels dépendent de la formation géologique qu'elle traverse, de sa température et de la composition de l'eau de recharge s'il y en a.

VIII. Conséquences de la salinité :

VIII.1. Effet de la salinité sur la germination :

Selon (Ismail, 1990 *in*. Lachiheb et *al.*, 2004), les semences des glycophytes et des halophytes répondent de la même manière au stress salin, en réduisant le nombre total des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination.

(Rejili et *al.*, 2006) ajoutent que cette affectation est faite, selon l'espèce, par les deux modes dépressifs de nature osmotique ou toxique :

- **Les effets osmotiques** : se traduisent par l'inaptitude des graines à absorber des quantités suffisantes en eau pour les ramener à leur seuil critique d'hydratation, nécessaire au déclenchement du processus de germination ;

- **Les effets toxiques** : sont liés à une accumulation cellulaire de sels qui provoquent des perturbations des enzymes impliquées dans la physiologie des graines en germination, empêchant la levée de dormance des embryons et conduisant à une diminution de la capacité de germination.

Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée par Ungar (1978); Kabar (1986) *in*. Debez et *al.*, (2001). Exemple : le taux de germination du cotonnier (glycophyte) chute de 70% en présence de 12 g/l de chlorure de sodium (NaCl) alors que, la germination des tubercules de pomme de terre peut être retardée de 3 à 7 jours selon le degré de salinité du sol (Levigneron et *al.*, 1995). En revanche ; la vitesse de germination chez l'*Atriplex halimus*.L (halophyte) est ralentie à partir de 10 g/l de NaCl et davantage inhibée à des concentrations plus élevées (Debez et *al.*, 2001).

VIII.2. Effet de salinité sur la plante :

Hayashi et Murata (1998) *in*. Parida et Das (2005), mentionnent que la salinité des eaux et sols affecte la physiologie des plantes ainsi leurs environnements. Ce phénomène a un triple effet :

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

Les mêmes auteurs ajoutent que cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et limite la productivité végétale. Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique, l'arrêt de la croissance est directement relié à la concentration des sels solubles ou au potentiel osmotique de l'eau du sol (Parida et Das, 2005).

VIII.3. Effet de la salinité sur les halophytes et les glycophytes :

Selon (Calu, 2006), l'eau est indispensable pour le développement et le bon fonctionnement physiologique des végétaux. Cependant, cette ressource n'est pas toujours

facile d'accès dans le sol, suivant le milieu naturel. Ainsi les plantes présentent sur des surfaces sèches ou salées vont se retrouver exposées à un stress hydrique important, contre lequel elles devront lutter pour survivre. Dans le cas d'un stress salin, une double problématique se pose à l'organisme végétal; d'un côté la présence du sel, en abaissant le potentiel hydrique du sol, menace l'approvisionnement en eau de la plante. De l'autre, l'absorption du sel dans les tissus menace le bon fonctionnement physiologique des cellules. Suivant la production de biomasse des végétaux en présence de sel, quatre grandes tendances ont été discernées:

Le même auteur ajoute que les halophytes sont des plantes naturellement tolérantes au sel et se développent aussi bien, voire mieux, dans un environnement salin qu'en conditions normales. Du point de vue éco physiologique, il existe deux catégories d'halophytes:

- Les halophytes vraies: dont la production de biomasse est stimulée par la présence de sels (100 à 500 mM).

Ces plantes présentent des adaptations poussées et sont naturellement favorisées par ces conditions: (exemple: *Salicornia europaea*, *Sueda maritima*...);

- Les halophytes obligatoires : leur développement exige la présence des sels (40 à 100 mM) (exemple: *Plantago maritima*, *Aster tripolium*...);

- Les non-halophytes : résistantes, supportant de faible concentration de sel: (exemple: *Hordeum. sp*...).

- Les glycophytes : sensibles à la présence de sel: *Phaseolus vulgaris*, *glycine max*...

La réduction dans le taux de la chlorophylle observée avec l'intensité du stress salin pourrait être attribuée aux conditions dans lesquelles se trouvent les stomates car durant le stress salin, la concentration du CO₂ diminue dans le chloroplaste à cause de la réduction dans la conductance stomatique. (Gama et al., 2007).

VIII.4. Effet de la salinité sur la croissance et le développement :

La salinisation est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes, la salinité des sols et des eaux demeure pour les régions arides et semi arides, un obstacle majeur à la croissance des végétaux (Bouaouina et al., 2000).

D'après (Levigneron et al., 1995), les effets de la salinité sur la croissance des plantes varient en fonction du type de ce phénomène, de la concentration du sel, de l'espèce, de la variété, de l'organe de la plante, ainsi que de son stade végétatif. Ils se manifestent principalement par une diminution de la croissance de l'appareil végétatif, caractérisée par la faible ramification, le faible diamètre des organes, le nombre réduit des nœuds et les

réductions du nombre de feuilles et de la longueur de la tige et par conséquent l'augmentation du rapport racine/tige. Une baisse des poids de matières fraîches et sèches est aussi démontrée (Rush et Epstein, 1981).

Greenway et Munns, (1980); Levigneron *et al.*, (1995), ont montré que l'inhibition de la croissance des plantes se fait selon trois manières principales: par une toxicité ionique (surtout de Na^+ et Cl^-), un stress osmotique et une perturbation nutritionnelle.

Une réduction de la croissance de la partie aérienne est la première réponse observée chez les 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 ce phénomène.

D'après (Benmahioul *et al.*, 2009), les feuilles sont les tissus les plus sensibles de la plante à une salinité excessive, par contre la croissance des racines s'en trouve faiblement affectée. Ainsi, le chlorure de sodium inhibe la croissance des racines des glycophytes, qu'elles soient réputées très sensible, moyennement sensible ou plutôt tolérantes et elle est généralement moins marquée que celle des parties aériennes (Lemzeri, 2006).

La croissance peut être freinée au milieu salin par un approvisionnement limité en éléments minéraux indispensables tels que les nitrates (NO_3^-) et le potassium (K^+). Bois (2005), confirme que la réduction de l'absorption des ions (NO_3^-) est à l'origine de la diminution de la croissance. Alors, la croissance des espèces végétales est ralentie lorsque la concentration saline du milieu externe dépasse 100 mM, et la salinité devient létale à partir de 300 mM (Greenway et Munns, 1980).

La salinité influe également sur la croissance et la qualité des fruits dont son aspect devient plus petits et nécrosé, et la qualité organoleptique sont modifiés La production totale des fruits de plusieurs espèces et leurs poids moyen diminuent linéairement avec l'augmentation de la salinité (Mizrahi *et al.*, 1985 in Levigneron *et al.*, 1995).

VIII.5. Effet de salinité sur le métabolisme azoté :

Chez les légumineuses, le métabolisme azoté et la synthèse protéique sont sévèrement affectés par le stress salin, limitant ainsi fortement la productivité et le développement normal des plantes (Pessaraki *et al.*, 1990). Cette contrainte provoque aussi la diminution de l'activité de la nitrogénase et d'autres enzymes impliquées dans l'assimilation de l'azote (Delgado *et al.*, 1993), la salinité peut même affecter la vie microbienne du sol et donc la minéralisation de l'azote. Le contenu des protéines solubles des feuilles diminue en réponse à la salinité, Agastian *et al.*, (2000) et Parida *et al.*, (2002) ont rapporté que, les protéines solubles augmentent à des niveaux bas de salinité et diminuent en hautes concentrations de salinité chez les mûres.

VIII.6. Effet de stress sur la nodulation :

La salinité affecte l'initiation, le développement et le fonctionnement des nodules. Il s'avère que la fixation symbiotique de l'azote est plus affectée par le sel que la croissance des plantes (Rao *et al.*, 2002). Généralement l'activité des nodules est plus touchée par le sel que la nodulation (Payakapong *et al.*, 2006).

VIII.7. Effet de la salinité sur l'eau dans la plante :

Le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinisation ainsi que la pression de la turgescence (Romeroaranda *et al.*, 2001, Parida et Das, 2005 in Bouzid, 2010).

Dans ces conditions, le potentiel hydrique de la feuille et la vitesse d'évaporation diminuent significativement chez l'halophyte *Suaeda salsa* alors qu'il n'y a pas de changement dans le contenu relatif en eau (Lu *et al.*, 2002 in Parida et Das, 2005).

VIII.8. Effet de la salinité sur la photosynthèse :

D'après (Binaire, 1997 in Rasanen, 2002), la salinité réduit la croissance et la photosynthèse de la plante, cette réduction est due aux effets complexes d'interactions osmotiques, ioniques, et nutritionnelles. La présence de chlorure de sodium dans le sol a généralement pour effet de réduire l'intensité de la transpiration des glycophytes et de nombreux halophytes en absence de toute diminution de la turgescence.

Greenway et Munns (1980), suggèrent que la salinité affecte en premier lieu la croissance de la plante puis la photosynthèse, causant suite aux phénomènes de «feed-back» une réduction de la capacité photosynthétique. Particulièrement chez les glycophytes, la présence continue de NaCl dans le milieu de culture entraîne une augmentation d'une part de l'épaisseur des limbes (ce qui deviendrait un élément limitant dans la porosité stomatique) et d'autre part des vitesses d'ouverture des stomates.

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

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

VIII.8.1. Effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques et les protéines :

Le taux de la chlorophylle et des caroténoïdes des feuilles diminue en général sous les conditions de stress salin. Les feuilles les plus âgées commencent à développer une chlorose et finissent par tomber pendant une période prolongée de stress salin (Agastian et *al.*, 2000). Par contre, Wang et Nil (2000) ont rapporté que, le contenu de la chlorophylle augmente sous les conditions de salinité chez *Amaranthus*. Chez *Grevilea*, la protochlorophylle, la chlorophylle et les caroténoïdes diminuent significativement sous le stress salin, mais la vitesse du déclin de la protochlorophylle, la chlorophylle est plus importante que celle de la chlorophylle a et les caroténoïdes. Les pigments anthocyanines augmentent significativement dans ce cas de stress salin (Kennedy et De Fillippis, 1999 *in.*, Parida et Das, 2005).

Le contenu des protéines solubles des feuilles diminue en réponse à la salinité, Parida et *al.*, (2002). Agastian et *al.*, (2000) ont rapporté que, les protéines solubles augmentent à des niveaux bas de salinité et diminuent en hautes concentrations de salinité chez les mûres.

IX. Mécanismes de résistance des plantes à la salinité :

Les mécanismes de tolérance au sel chez les plantes sont nombreux, parmi eux on cite :

- **Homéostasie cellulaire :**

La capacité d'un organisme de s'adapter à son environnement est d'une importance vitale. La vie existe à travers le maintien d'un équilibre dynamique complexe de l'environnement interne appelé « homéostasie » qui constitue un défi face aux adverses intrinsèques ou extrinsèques, réelles ou aperçues : les agents stressants (Habib et *al.*, 2001).

- **Activation des gènes :**

D'après (Calu, 2006), les signaux transmis dans la cellule suite à un stress vont activer la transcription des gènes permettant à la cellule de survivre dans des conditions hostiles. L'activation de la transcription de ces gènes se fait par l'intermédiaire de facteurs de transcription.

- **Ajustement osmotique :**

Yeo, (1983); Niu et *al.*; (1995) et Bohnert et Shen, (1999), ont montré qu'il se trouve des stratégies d'adaptation communes entre le stress salin et le stress hydrique. D'une part, il existe des stratégies qui font appel à des modifications d'ordre physique, telles :

La réduction de l'hydratation cellulaire ainsi leur volume, la modification de l'élasticité des parois cellulaires et l'augmentation de la conductivité hydrique. D'autre part, il y'a des

stratégies plutôt d'ordre chimique et en particulier l'ajustement osmotique. Cet ajustement se retrouve chez la grande majorité des organismes vivants pour le maintien de l'alimentation hydrique et de la pression de la turgescence. 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). Pendant l'assèchement de l'environnement intracellulaire, ces solutés vont s'accumuler pour protéger les structures cellulaires (Takagi *et al.*; 1997). Ainsi, en présence d'un milieu à forte osmolarité, l'absorption, la production et l'accumulation de ces composés seront favorisées. Ces éléments ont une fonction osmoprotéctrice ou osmorégulatrice, parmi eux il y'a ; des éléments minéraux (K^+), des acides aminés comme glutamate et proline (Belkhouja et Bidal, 2004), des sucres simples (fructose, glucose et saccharose) et des sucres composés (raffinose) Niu *et al.*; (1997), Bohnert et Shen (1999) et Orcutt et Nilsen (2000).

IX.1. Mécanismes de tolérance chez les halophytes :

Chez les halophytes, les types les plus tolérants au sel ont une croissance réduite dans des conditions de faible salinité. Cette adaptation leur permet d'absorber de grandes quantités d'ions tout en maintenant la turgescence cellulaire, et en évitant leur toxicité grâce à un compartimentage cellulaire et l'accumulation dans les vacuoles, l'équilibre osmotique du cytoplasme étant assurée par une synthèse active de composés organiques solubles (Greenway et Munns, 1980).

IX.2. Mécanismes de tolérance chez les glycophytes :

Les glycophytes les plus sensibles au sel restreignent le transport de Na^+ dans les parties aériennes et maintiennent de la sorte des niveaux de sel relativement bas dans les tissus photosynthétiques.

Les espèces les plus sensibles à la salinité sont incapables de compartimenter le Na^+ dans leurs feuilles de façon à limiter la concentration cytoplasmique de cet ion. Au contraire, les espèces glycophytes relativement tolérantes se caractérisent par un transport de grandes quantités de NaCl dans les feuilles rendu possible grâce à un bon compartimentage cellulaire du Na^+ (Bouzig, 2011).

IX.3. La proline :

Rhodes et Hanson (1993); Hasegawa *et al.*, (2000) ont montré que, la proline étant un soluté compatible important, elle joue un rôle crucial dans l'osmorégulation et l'osmotolérance. Dans les conditions de stress environnemental, la cellule entraîne une

accumulation élevée de la proline endogène et pourrait donc constituer une approche efficace pour atténuer les effets néfastes de la dessiccation. En plus de son rôle dans l'ajustement osmotique, elle protège les enzymes, les structures des protéines et les membranes des organites. Elle fournit également de l'énergie pour la croissance et la survie de la plante (Chandrashekar et Sandhyarani, 1996; Ashraf et Foolad, 2007; Hoque et *al.*, 2007). Sa synthèse endogène se fait à partir du L-Glutamate. La figure suivante montre la voie de biosynthèse de la proline chez les plantes :

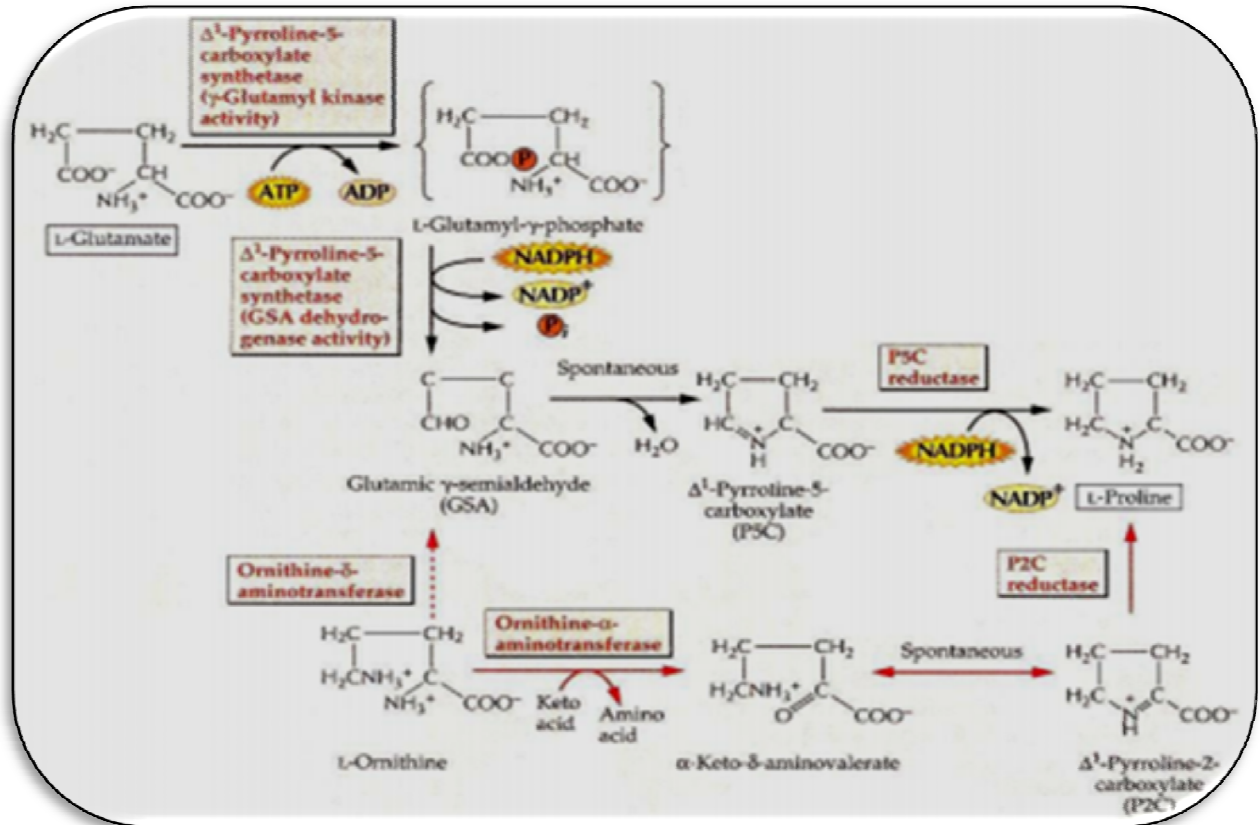


Figure 3 : La voie de biosynthèse de la proline chez les plantes (Bray et *al.*, 2000).

La voie du glutamate est bien établie (flèches noires). En rouge la voie de l'omithine dont l'importance reste à déterminer. (Bray et *al.*, 2000).

Les mêmes auteurs ajoutent que, la proline se retrouve également dans les cellules sous forme d'analogues parmi lesquels le N-méthyl-L-proline (MP), le trans-4-hydroxy-N-méthyl-L-proline (MHP), le trans-4-hydroxy-N-diméthyl-L-proline (DHP), ou la stachydrine (proline-bétaïne) aussi efficace que la glycine bêtaïne. Cette dernière est un puissant osmoprotecteur.

L'importance de la proline dans la tolérance au stress a orienté de nombreuses recherches sur les gènes impliqués dans sa synthèse. Yoshiba et *al.*, (1995) ont étudié la réponse des deux enzymes libérées lors de l'exposition des plants d'*Arabidopsis thaliana* à

différents traitements. Les résultats montrent que la P5C synthétase est induite par la sécheresse, le stress salin mais pas par les stress thermiques. Ils ont pu vérifier que l'expression du gène lors du stress osmotique est accompagnée d'une accumulation de proline. Par contre, la P5C réductase n'est pas régulée lors du stress. A la levée du stress, la proline fortement accumulée doit être dégradée. Cette dernière peut être oxydée en glutamate en faisant intervenir la proline oxydase ou la proline déshydrogénase (ProDH).

La proline synthétisée par la plante fait l'objet d'un transport actif. Ueda et *al.*; (2001) ont identifié un ADNc codant pour un transporteur de Proline (HvProT) dont l'expression est fortement induite au niveau des racines mais pas au niveau des feuilles lors du stress salin. Rentsch et *al.*, (1996); Igarashi et *al.*, (2000), ajoutent que ces ADNc codant induits lors de stress osmotique ont été identifiés chez *Arabidopsis thaliana* (ProT2, ProT1, famille des AAP), la tomate et le riz.

De plus, l'application exogène de la proline stimule la tolérance aux stress abiotiques chez les plantes. L'amélioration de la croissance du maïs et du riz est remarquable à 30mM de proline. Cette concentration s'est avérée bénéfique lorsqu'elle est appliquée au stade plantule (Roy et *al.*; 1993; Ashraf et Foolad, 2007). Toutefois, des concentrations élevées de cet osmolyte peuvent être nocives pour d'autres plantes et provoquent des effets inhibiteurs et délétères sur les métabolismes cellulaires (Nanjo et *al.*; 2003). Cependant, son efficacité dépend de l'espèce végétale, du stade de développement, de la durée d'application et de sa concentration. Les concentrations optimales de la proline sont donc dépendantes de l'espèce ou du génotype. Ce qui doit être déterminé avant de recommander son usage commercial en vue d'améliorer la tolérance au stress d'une culture particulière (Ashraf et Foolad, 2007).

X. Solutions pour lutter contre la salinisation des eaux et des sols :

Selon (Lacharme, 2001), la lutte contre la salinité des sols doit permettre d'éviter les mécanismes suivants :

- La remontée de la nappe phréatique souvent salée à la surface du sol ou à une faible profondeur ;
- Les mouvements d'eau souterrains d'une parcelle à une autre (des zones hautes vers les zones basses) ;
- La concentration des sels apportés par l'eau d'irrigation dans le sol ;
- La concentration des eaux d'irrigation jusqu'à ce qu'elles atteignent un taux de sodium échangeable (SAR) dangereux ;
- La concentration des carbonates dans le sol.

X.1. Riziculture irriguée :

La riziculture irriguée est la première méthode de lutte contre la salinité. En effet, les apports d'eau importants de cette culture permettent de nettoyer les excès de sels présents dans le sol. La double culture limite très grandement les périodes pendant lesquelles le sol est à nu et favorable à des phénomènes de remontées capillaires (Benmazhar, 2012).

X.2. Dessalement des eaux saumâtres :

Mohsen et Al-Jayyousi (1999), Al-Wazzan et *al.*; (2003); et Schiffler (2004) ont démontré que, le dessalement de l'eau est une technologie bien établie pour son approvisionnement et constitue la principale source potable.

Les eaux saumâtres et l'eau de mer dessalées sont également employées dans certains pays pour l'irrigation des cultures à fort rapport économique (El-Kady et El-Shibini, 2001; Lee et *al.*, 2003).

Ahmad et Schmid (2002), présentent les techniques de dessalement les plus courantes :

- ✓ La distillation thermique : pour le traitement de grands volumes d'eau ;
- ✓ La technologie des membranes ;
- ✓ L'électrodialyse ;
- ✓ L'osmose inverse.

Laborde et *al.*, (2001) et Mohsen et Jaber, (2001) ont montrés que, les coûts des différentes technologies dépendent de la teneur en sels de l'eau de mer ou des eaux saumâtres ainsi que de la source d'énergie utilisée. En effet, l'utilisation de l'énergie solaire réduit considérablement le coût de production de l'eau déminéralisée.

X.3. Drainage profond :

La principale méthode et la plus adaptée pour lutter contre la salinité est la réalisation de systèmes de drainage adapté pour permettre :

- ✓ Un rabattement de la nappe phréatique en dessous d'une cote telle que les remontées capillaires soient très limitées ;
- ✓ La création de flux souterrain permettant d'évacuer les sels en excès hors de la parcelle ;

✓ De couper les flux souterrains d'eau chargée en sels d'une parcelle à une autre. Il ne faut pas confondre ce réseau de drainage avec le système de drainage superficiel des parcelles qui sert uniquement aux vidanges des parcelles (Duchaufour, 2001).

X.4. Lutte contre les remontées capillaires :

Il est conseillé rapidement après la récolte de faire un léger travail du sol superficiel pour créer en surface du sol une couche de terre pulvérisée. Cela coupe les remontées capillaires en brisant les capillaires du sol (Guezzoun, 2009).

X.5. Lutte contre la concentration des sels :

(Lacharme, 2001), cette lutte peut être réalisée à plusieurs stades de la culture :

- **Stade 01 (avant la mise en culture):** L'opération consistera à nettoyer le sol de ses sels en excès avant de débiter les semis, en :

- ✓ Réalisant une forte irrigation ;
- ✓ Laissant l'eau pendant environ 24 heures pour qu'elle dissolve les excès de sel s'étant accumulés en superficie ;
- ✓ Vidant complètement la parcelle. (En cas d'excès importants de sels, l'opération peut être renouvelée 1 ou 2 fois) ;
- ✓ Semis de la culture.

- **Stade 02 (Pendant la culture):** Cela consistera en un renouvellement régulier de l'eau d'irrigation. On peut soit créer un système continu d'apport d'eau dans la parcelle afin de créer un courant permettant d'évacuer en permanence les excès de sels qui risqueraient de s'accumuler.

Ou encore vidanger régulièrement les parcelles puis les ré-irriguer rapidement pour éviter une concentration en sels dans l'eau d'irrigation. Le périmètre devra être équipé au moins d'un système efficient de drainage superficiel.

X.6. Eviter les apports d'eau excessifs :

Selon Lacharme (2001), il faut trouver un équilibre entre les besoins de la culture et les apports en eau. Tout apport supplémentaire correspondra à un apport de sels supplémentaire, surtout si la culture ne bénéficie pas d'un système de drainage.

X.7. Réduire l'évaporation :

L'application de résidus ou de paillis pour le sol peut aider à diminuer le taux d'évaporation et par conséquent la salinisation du sol (Lacharme, 2001).

X.8. Utilisation de variétés tolérantes à la salinité :

Les problèmes de salinité peuvent être contre balancés par l'utilisation de variétés tolérantes. La tolérance d'une plante à la salinité représente son aptitude à supporter les effets d'un excès de sels dans la zone racinaire. Or, le degré de tolérance ne peut être défini avec précision car il varie considérablement avec le type de salinité, la concentration du sel, les facteurs environnementaux (édaphiques, climatiques et biotiques), l'espèce, la variété et le stade de développement. Néanmoins, il peut être apprécié sur la base d'un certain nombre de critères tels que la réduction de la croissance végétative, la baisse du rendement agronomique ou la survie en milieu salin lorsque les concentrations salines sont élevées (Rahmounne et al, 2008).

I. Historique :

Les origines de la culture hors-sol sont sans doute très anciennes puisque les Aztèques pratiquaient déjà la culture des plantes sur l'eau. Cette culture était aussi utilisée dans les fameux jardins suspendus de Babylone et en Chine, où l'on perpétue depuis des millénaires la culture sur gravier. La culture hydroponique telle qu'elle est pratiquée de nos jours est née en Allemagne au XIXe siècle. Elle a été expérimentée en 1860 par deux chercheurs allemands qui réussirent à faire pousser des plantes sur un milieu composé uniquement d'eau et de sels minéraux (Thiault, 2004).

D'après (Sholto, 1984), le premier système hydroponique a été produit en 1930 par Gericke et il a été commercialisé aux Etats-Unis. Il a notamment été utilisé pour approvisionner l'armée en légumes frais pendant la Seconde Guerre mondiale.

(Martinez et Morard, 2000) ajoutent que, les cultures hors-sol introduites en Europe dans les années 1980, représentent aujourd'hui des millions d'hectares dans le monde. 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. Enfin, de façon plus pragmatique, ces cultures se sont développées parce que les performances agronomiques obtenues étaient supérieures aux performances des cultures traditionnelles en sol.

II. Définition :

D'après Benton (2005), la culture hors-sol est une culture des végétaux dans un milieu racinaire qui n'est pas le sol naturel, mais un milieu reconstitué et/ou isolé du sol. Il peut être une solution nutritive riche ou un matériel inerte moite. Dans ce type de système, les racines des végétaux sont alimentés par un milieu liquide minéral appelé solution nutritive, qui apporte l'eau, l'oxygène et les éléments minéraux indispensables au développement de la plante.

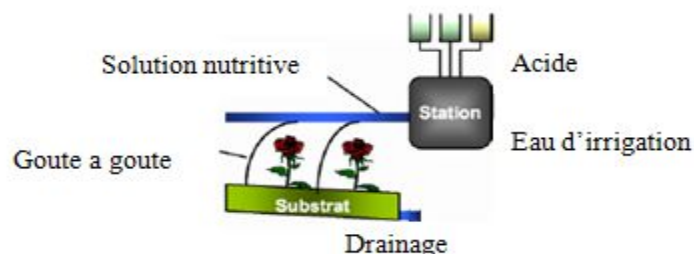


Figure 4 : Schéma fonctionnel d'une culture hors sol (Aït Houssa et al., 2005)

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

industriel, parfois d'origine naturelle (perlite, gravier, laine de roche etc.). Il existe cependant des cas de cultures hors-sol n'utilisant pas de substrats: cultures sur film d'eau ou hydroponiques.

III. Exigences des cultures hors sol :

Morel et *al.*, (2000) indiquent que, la culture hors sol exige souvent plus de soins et d'entretien que les cultures traditionnelles en terre. Elle exige une parfaite maîtrise de l'ensemble du système car en cas d'échec, davantage d'éléments peuvent dysfonctionner :

- Un éclairage adéquat (éclairage artificiel, minuterie, etc.) ;
- Un système de culture et d'irrigation contrôlé et entretenu (contenants, pompes, régulation, désinfection, substrats appropriés etc.) ;
- Un contrôle environnemental (température ambiante et des solutions, hygrométrie, enrichissement en dioxyde de carbone etc.) ;
- Un contrôle des niveaux de concentration des éléments nutritifs ;
- Un contrôle du pH de l'eau.

IV. Les différents systèmes de culture hors sol :

D'après Urban (1997), on distingue les trois systèmes de cultures hors sol suivants:

IV.1.La culture aéroponique :

L'aéroponie représente l'une des plus récentes évolutions des techniques de cultures hors-sol. En effet, les racines des plantes ne sont en contact ni avec un milieu solide, ni même avec un milieu liquide. Elles sont alimentées par un brouillard nutritif obtenu par brumisation de la solution nutritive dans un milieu fermé.

IV.2.La culture hydroponique :

Dans ce type de culture hors sol, les racines baignent dans un liquide nutritif et il existe deux systèmes:

- **Le ruissèlement nutritif ou (NFT) :** le principe du système NFT (Nutrient Film Technique ou Technique du Film Nutritif) est d'avoir un flux constant de la solution nutritive qui permet une bonne oxygénation et un apport optimum de nourriture aux plantes ;
- **L'aquiculture :** les racines sont émergées dans une solution non circulante.

IV.3.La culture sur substrat inerte :

Les racines sont placées dans des bacs, des pots ou des sacs remplis d'un matériau naturel ou artificiel (sable, gravier, etc...) 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).

V. Les composants de système hors sol :

Selon (Winterborne, 2005), tout système de culture hors sol est caractérisé par les composantes suivantes :

- Le substrat ;
- Le conteneur ;
- La solution nutritive son mode de conduite.

V.1.Substrat :

D'après Morel (2000), le terme substrat désigne tout matériau naturel ou artificiel placé en conteneur pur ou en mélange. Dans le système hydroponique, le substrat n'a aucun rôle nutritionnel, son rôle se limite tout simplement à l'encrage et au maintien de la plante.

Avant d'utiliser le substrat, il est nécessaire d'avoir des connaissances sur ces caractéristiques physiques, il doit présenter une certaine compatibilité avec l'activité métabolique des racines.

Il intervient à des degrés divers dans l'alimentation hydrique ou minérale de la plante.

Morard (1995) ajoute que, le prix d'achat, la mise en place et le renouvellement sont les principales raisons qui limitent l'utilisation des substrats.

V.1.1.Les critères de choix d'un substrat :

Winterborne (2005) indique que, le substrat à utiliser doit constituer un milieu favorable aux exigences de l'espèce mais défavorable au développement des agents pathogènes qui lui sont spécifiques. Les critères de choix de ce substrat sont les suivants :

- Qualité physique et chimique (rétention de l'eau, aération, inertie, porosité, ne se dégrade pas) ;
- Le coût (prix, approvisionnement, durée d'utilisation, disponibilité) ;
- Capacité d'échange nulle ou faible ;
- Ne renferme pas d'organismes pathogènes ;
- Facilité d'emploi (désinfection, lavage) ;
- Son impact sur l'environnement (durée d'utilisation, recyclage).

V.2.Les conteneurs :

D'après Fevrau (1976), Zuang et Musard (1986) et Winterborne (2005), les conteneurs sont des pots ou des récipients qui portent le substrat et la plante. Le choix des conteneurs doit se faire en fonction de l'espèce cultivée et de son système racinaire. En général, ils sont en matière plastique chimiquement inerte, étanche, durable et facile à installer.

V.3.La solution nutritive :

Selon (Urban, 1997), en culture hydroponique pour remplacer l'absence du sol qui apporte naturellement les éléments minéraux nécessaires au développement des plantes, il est indispensable d'utiliser une solution nutritive qui fournis ces derniers ainsi que l'eau, et ils doivent donc être suffisants pour couvrir à chaque instant les besoins de la plante.

Cette solution nutritive contient les éléments minéraux majeurs et oligoéléments nécessaires en quantité équivalente. Ils sont apportés sous forme assimilable par le système racinaire de la plante (Fernandez, 1995).

Une solution nutritive donnée, fabriquée avec des sels chimiques totalement dissociés, renferme un nombre total égal l'équivalent de cations et d'anions (Duthil, 1973).

Elle est caractérisée par trois principaux paramètres :

- Le potentiel hydrogène (pH) ;
- La conductivité électrique (CE) ;
- L'équilibre ionique.

V.3.1.Le potentiel hydrogène (pH):

C'est le facteur le plus important à contrôler en hydroponie. En effet, le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une solution nutritive joue un rôle essentiel sur la solubilité des sels minéraux et des oligoéléments et sur leur assimilation par la plante. En outre, il est universellement reconnu comme un facteur majeur pour la mobilité des éléments traces et leur disponibilité vis-à-vis des êtres vivants. Le pH idéal se stabilise de 5.5 à 5.8 et une variation importante de ce dernier peut provoquer des carences chez les plantes (Baize, 2004).

Le même auteur montre que, dans le cas d'une forte acidité, le réajustement du pH nécessite l'addition d'autres éléments nutritifs, tels que le manganèse et le fer, car ils sont fortement absorbés par les plantes. Pour la plupart d'entre elles, un empoisonnement surgit suite à l'absorption exagérée de ces éléments. D'autres plantes, en revanche, désirent une quantité importante de ces éléments.

V.3.2.La conductivité électrique :

Selon Letard et *al.*, (1995) et Le Quillec, (2002), la conductivité électrique représente la concentration globale d'éléments minéraux dans la solution nutritive. Si la concentration est diminuée au-delà des seuils bas, les racines prélèvent très facilement les éléments minéraux en quantités insuffisantes, cette diminution de la conductivité correspond à un apport insuffisant en éléments minéraux, une absorption hydrique faible ou à un excès d'arrosage. Lorsque la conductivité électrique augmente au-delà des seuils, l'eau est difficilement absorbée et par conséquent le potentiel hydrique est diminué, cette augmentation correspond à un apport excessif d'éléments minéraux, une absorption minérale et hydrique élevée ou à un manque d'arrosage.

V.3.3. Equilibre ionique :

Un engrais complet pour culture hydroponique contient différents sels dont les entités chimiques qui les forment vont couvrir les besoins nutritionnels pour chaque élément : (macroéléments et oligo-éléments) (Fernandez, 1995).

Les principaux sels utilisés pour lors de la fabrication de la solution nutritive sont le nitrate de potassium, nitrate de calcium, phosphate mono potassique, sulfate de magnésium... Ces sels sont dilués une première fois pour donner une solution mère (c'est une solution nutritive avec une concentration très élevée en minéraux). Le cultivateur n'a plus qu'à effectuer une dilution pour arriver aux concentrations en éléments répondant aux besoins des plantes : ni en excès, ni en défaut. Il faut suivre programme de nutrition minérale et les adapter aux stades de croissance et développement ainsi qu'aux conditions propres à la culture (gestion climatique) (Fernandez, 1995).

Le fabricant d'engrais indique sur les contenants les dosages à suivre pour effectuer la solution nutritive. Les quantités des éléments nutritifs à apporter peuvent être exprimées en millilitre par litre d'eau, ou par un taux de dilution. Le Quillec, (2002),

VI. Les avantages de la culture hors sol :

Selon (Morel et *al.*, 2000), la culture hors sol a de nombreux avantages, parmi eux on cite les suivants :

- Gain de précocité ;
- Elle est nécessaire pour les cultures expérimentales et scientifiques ;
- Elle permet la possibilité de cultiver dans des espaces réduits ;
- Elimination des contraintes liées au sol ;
 - ✓ Sol contaminé par des agents pathogènes.
 - ✓ Sols à salinité élevée.

✓ Sol inadapté ou de mauvaise qualité agronomique.

- Simplification des techniques culturales ;
- Augmentation et meilleure qualité des rendements et fruits ;
- Réduction des pertes en culture ;
- Economie d'eau et d'engrais minéraux.

VII. Les inconvénients :

D'après Morard (1995), les inconvénients de la culture hydroponique sont :

- Cout d'installation et d'entretien élevé ;
- Elle nécessite une technicité élevée ;
- Maitrise incomplète des déchets (rejet de solution nutritive, certains substrats non recyclables) ;
- Les filières de traitements de certains substrats (laine de roche en particulier) sont encore peu développées dans certains pays ;

Dans un système hydroponique où la solution nutritive est recyclée, le risque de propagation d'un agent pathogène d'une plante à l'ensemble de la culture est grand.

I. Généralité sur l'haricot :

Selon Hubert (1978), le Haricot est une plante annuelle appartenant à la famille des *fabacées* au groupe des *légumineuses*. Au genre *Phaseolus* qui compte environ 35 espèces dont 4 sont cultivées dans le monde (*Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus coccineus* L., *Phaseolus lunatus* L et *Phaseolus acutifolius* L). Parmi ces 4 espèces le *Phaseolus vulgaris* L. est la plus cultivée, le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) possède un nombre de chromosome égal à $2n = 22$ (Gepts, 1990 ; Chaux et Foury , 1994).

Le terme *Phaseolus* était utilisé par les anciens grecs puis, dans les langues romaines cette plante fut appelée fasiolo, fugol, fesol, fasole (Gibault, 1896).

L'haricot commun *Phaseolus vulgaris* L. à été domestiqué en Amérique centrale et en Amérique du sud il y a plus de 9700 ans. Des graines sèches furent introduites et semées au XVI^e siècle en Europe puis sa culture s'est rapidement diffusée dans les zones méditerranéennes et subtropicales (Marndr, 2001 ; Nyabyenda , 2005 ; Peron , 2006).

Selon Chaux et Foury (1994), la classification du haricot se fait selon le mode de croissance (déterminée ou indéterminée), la forme et la structure des gousses.

D'après (Pitrat et Foury, 2003), selon les variétés cultivées on peut classer le haricot en cinq types :

- **Croissance indéterminée** : ils ont besoin d'un support pour se développer :
 - ✓ Grimpants appelé aussi à rame, la tige peut atteindre plusieurs mètres de hauteur.
 - ✓ Semi-grimpants à entre nœuds courts
 - ✓ Ramifié à la base, port buissonnant.
- **Croissance déterminée** :
 - ✓ Multi-étage à port dressé, nain.
 - ✓ A entre nœuds courts buissonnant nain.

II. Classification botanique :

Selon les travaux de l'Angiosperme Phylogeny Groupe III (2009) :

Régné : Plantae

Sous règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Fabales

Famille : Fabaceae

Sous-famille : Faboideae

Tribu : Phaseoleae.

Sous-tribu : Phaseolinae.

Genre : Phaseolus

Section : Phaseolus

Espèce : *Phaseolus vulgaris* L.

III. Classification variétale :

Le genre *Phaseolus* comprend de très nombreuses variétés cultivées grimpantes ou naines, comestibles ou ornementales, le fruit de cette plante se mange soit en gousse avant maturité des graines (haricots verts), soit en grains (haricots secs) (Bertrand et *al.*, 2004).

Selon Chauv et Foury (1994), la classification variétale des haricots cultivés pour le genre *Phaseolus* a été vue et classée par plusieurs botanistes, elle repose essentiellement sur :

- Le mode de croissance: indéterminée ou apparemment déterminée.
- La structure de la graine et de la gousse qui détermine la nature de l'organe consommé.

Les travaux de sélection ont donné naissance à un grand nombre de nouveaux cultivars, mieux adaptés aux exigences de la production moderne.

Les **haricots verts** peuvent être de différents types **haricot filet**, **filet sans fil**, **mangetout**, avec un port buissonnant **haricot nain** ou grimpant **haricot à rame**. (Pitrat et Foury, 2003).



Figure 5 : Quelques variétés de haricot (Park, 1996 *in* Bouchikhi Tani , 2006)

Selon ITCMI (2010), les variétés les plus cultivées en Algérie sont:

- Haricot nain mangetout : Contender, Djedida, Molière.
- Haricot nain à écosser Coco de Prague, Pactole
- Haricot à rames mangetout : Sidi Fredj, Blanc de juillet.
- Haricot à rames à écosser : Coco Blanc, Coco de Prague.

IV. Description de la plante :

C'est une plante constituée par l'assemblage de trois organes fondamentaux : la tige, les feuilles et les racines, formant ensemble l'appareil végétatif tandis que les deux organes qui sont le fruit et la fleur forment ensemble l'appareil reproducteur (Peron, 2006).

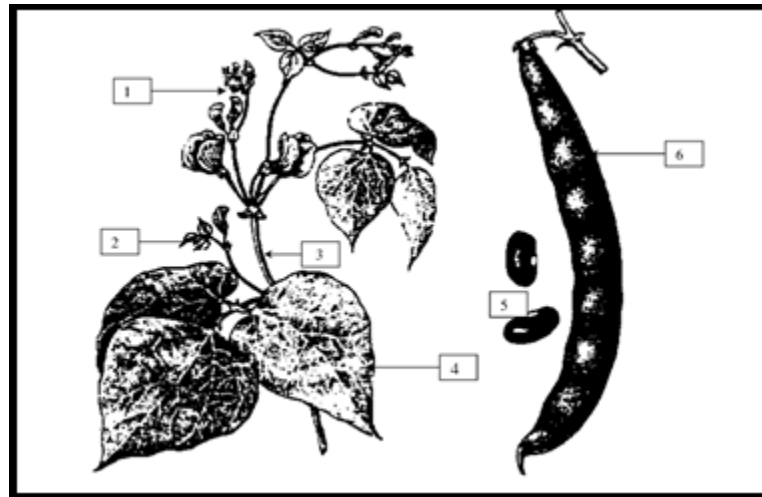


Figure 6 : différentes parties du haricot vert (INRA, 2000)

Légende : (1) : inflorescence ; (2) : ramification secondaire ; (3) : tige principale ; (4) : feuille ; (5) : graines ; (6) : gousses.

IV.1. Racines :

Selon Chaux et Foury (1994), la racine d'haricot se forme progressivement après le stade de germination, elle est formée par une racine principale et des radicelles de plus en plus fines, l'ensemble fixe la plante au substrat édaphique. Elle est pivotante et profonde qui peut descendre jusqu'à 1,20 m, en conditions moyennes, les racines atteignent 15 cm de profondeur au stade de la 3ème feuille trifoliolée et dépassent 30cm au début de floraison.

La racine principale n'est pas longtemps dominante et sa croissance peut être facilement stoppée par les obstacles du sol. Toutefois les racines latérales ont un développement qui peut évoluer pour dépasser celui de la racine principale (Chaux et Foury, 1994).

Des nodosités peuvent se former sur des radicelles, elles sont le siège de phénomène de nodulation par symbiose avec une bactérie du genre *Rhizobium* qui peut fixer l'azote atmosphérique et fournir de l'ammonium (Guignard, 1998), mais on ne peut pas considérer le haricot comme une plante enrichissante le sol en azote car il demeure trop peu de temps en terre (Hubert, 1978 ; Barreto, 1983).

IV.2. Tige :

La tige du haricot est herbacée parfois lignifiée à la base. Généralement elle est angulaire mince, volubile chez les variétés à rames avec une longueur différente d'après la variété : 30 à 40 cm pour les variétés naines et jusqu'à 2 m (même plus) pour les variétés à rames (Kolef, 1974 ; Dupont et Guignard, 1989).

IV.3. Feuille :

Le haricot a deux types de feuilles qui possèdent des nervures bien visibles. Elles forment sur le deuxième nœud deux premières feuilles appelées feuilles primaires. C'est à partir du troisième nœud qu'elle développe les feuilles typiques du haricot (Bell, 1994).

D'après Gallais et Bennfort (1992), les deux premières feuilles sont simples et s'attachent face à face sur la tige, alors que toutes celles qui suivent sont trifoliolées, ovales, pointues à leurs extrémités, vertes de 10 à 12 cm de long environ, disposées d'une façon alterne. Ces folioles s'insèrent sur un pétiole commun de 12 cm de long environ, par l'intermédiaire de pétiolule de 3 à 4 mm de long. A la base de ces pétiolules, on trouve deux stipelles très courtes. A la base du pétiole, on distingue une petite graine et deux stipules de forme ovale ayant 4 mm de long environ (Hubert, 1978 ; Goust et Seignobos, 1998).

IV.4. Fleur :

A l'aisselle des feuilles apparaissent les fleurs groupées en inflorescences de 5 à 15 fleurs portées par un pédoncule de 5 à 8 cm de long (Kolef, 1974 ; Phillips et *al.*, 1994).

Les fleurs sont autogames comprennent : 5 sépales, 2 pétales, 10 étamines (dont 9 soudées et un libre), un ovaire, une loge renfermant 4 à 8 ovules, surmonté par un style portant un stigmate (Prevost , 1999).

Selon Peron (2006), la floraison est terminale que ce soit sur la tige ou sur les rameaux. Chaque fleur a 2 cm de long environ et de couleur très variée : blanche, rose, rouge , violette, jaunâtre ou même bicolore, la fleur de couleur blanche ou violette produit des gousses allongés, plates ou plus ou moins arrondis; de couleur verte à jaune, avec ou sans fil et avec ou sans parchemin. (Bell, 1994 ; Bertrand et *al.*, 2004).

IV.5. Gousses :

Elles sont allongées, généralement droites, plus ou moins longues et terminées par une pointe. La longueur des gousses varie selon la variété et le nombre et l'espacement entre les graines. Elles renferment en moyenne 4 à 8 graines dans les parois de la gousse, appelée " cosse" (Guignard, 1998 ; Tirilly et Bourgeois, 1999). Cette dernière représente 40 à 45 % du poids des gousses, leur couleur varie selon les cultivars, du vert pâle ou du jaune au vert foncé. Elles sont parfois tachées de couleurs diverses a maturité et peuvent être renforcés par des fibres ligneuses formant un parchemin sur les côtés (Chaux et Foury, 1994 ; Goust et Seignobos, 1998).

Les gousses à fil et parchemin, soit courte et plate pour les cultivars de haricots grains, soit longue et ronde pour les haricots filets, et les gousses sans fil ou avec peu de parchemin pour les cultivars mangetouts, plus ou moins longue et verte ou jaune (haricot beurre) Pitrat et Foury, (2003).

IV.6. Grains :

Elles sont soit sphériques , soit cylindriques , selon les variétés et sont très diversement colorées: en blanc, vert , rouge, violet, noir, brun, rose, ou même bicolores ou tachetées, leur dimension est très variable suivant les cultivars. L'albumen de la graine est riche en protéines (25 à 30 % de la graine sèche) et en glucides (58 à 63%) (Chaux et Foury, 1994 ; Peron, 2006). La faculté germinative dure de 3 à 5 ans (Monnet *et al.*, 1999).

V. Exigence de la culture :

V.1. Température :

Le haricot est une plante de climat chaud, nécessitant donc des températures assez élevées, la température optimum pour sa germination et sa croissance est comprise entre 20 et 25°C, le zéro de végétation est de 10°C. En dessous de 13°C, la croissance est fortement ralentie, tandis que des températures supérieures à 30°C affectent défavorablement la production des gousses et graines et entraîner une diminution du rendement. (Peron, 2006)et (Renard *et al.*, 2007).

Des températures fraîches (10-16°C) sur une longue période entraînent le jaunissement et le rabougrissement des plants. Les tissus de la plante sont particulièrement sensibles au gel. Comme le point de croissance est directement exposé à l'action du gel, même après une brève exposition ses possibilités de reprise sont très limitées. Mais c'est principalement à deux stades que la température intervient sur le développement de la plante au moment de la germination des semences et à la floraison (Renard *et al.*, 2007).

V.2. La Lumière :

La plante utilise la lumière pour produire sa nourriture, une intensité lumineuse de 2400 lux serait suffisante pour la croissance et fructification (Indrea *et al.*, 1988 in Hamidi, 2012). Le haricot présente une forte sensibilité à l'intensité lumineuse, notamment au moment de floraison, un manque de lumière entraine l'avortement des fleurs (Peron, 2006).

V.3. Exigence édaphique :

Le haricot commun s'adapte à de nombreux types de sols comme sols limono-sableux, sableux ou argilo-limoneux. Il préfère des sols sablo- argileux riches en matières organiques, fertiles, demeurant légers et bien drainés et ne contient pas des résidus, cette texture est mieux pour une fixation optimale d'azote par les nodules des racines (Schvartz *et al.*, 2005).

Les sols secs et pauvres battants et asphyxiants, sont très défavorables à la germination et la levée de graine , aussi dans les sols froids, lourds et acides, la levée n'est pas

homogène et les plantes deviennent très sensibles aux maladies ainsi que la fixation de l'azote par les bactéries sur les nodosités racinaires devient très faible (Laumonier, 1979 ; Khachani, 1981; Schwartz et *al.*, 2005).

Le pH idéal se situe entre 6 et 7,5, car la plupart des nutriments pour la plante sont disponibles à un niveau élevé dans cet intervalle (Peron, 2006).

V.4. Exigences hydriques :

Le haricot demande 300 à 400 mm d'eau pendant la durée de sa végétation. Cette eau doit être régulière, non violente et bien répartie (Mouhouche, 1991 ; Baron, 1993).

Selon Stanton (1970); le haricot ne supporte pas l'excès d'eau qui provoque l'asphyxie racinaire, chloroses généralisées, coulure des fleurs, allonge la période de fructification et favorise l'attaque des maladies fongiques ou cryptogamiques. Un manque d'eau accompagné d'un excès de chaleur provoque le flétrissement et chute des fleurs (Baron, 1993).

V.5. Exigence nutritionnelle :

Le haricot vert, comme toutes les légumineuses, dispose de deux voies d'alimentation azotée: par l'assimilation des nitrates du sol ou des engrais et par la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique (Skiredj, 2007).

Le haricot apprécie un apport de potasse et de phosphore, qui doit être fait sous forme rapidement assimilable (superphosphate, sulfate de potasse), étant donné la brièveté du cycle de culture (Laumonier, 1979).

D'après Zuang (1982), le haricot sensible à toute carence alimentaire surtout au moment de floraison. Dans un sol bien pourvu, on conseille les apports suivants :

- N : 30-50 U/ha.
- P₂O₅ : 60 U/ha.
- K₂O : 150 U/ha.

VI. Production de l'Haricot :

VI.1. Production dans le monde :

Les haricots arrivent en troisième place, à la suite du soja et de l'arachide, parmi les légumineuses utilisées pour l'alimentation directe humaine. (Aydin et *al.*, 1997). En 2012, la production de haricot vert selon les statistiques publiées par la FAO est de 20737 millions de kilos avec une superficie totale de 1.53 million d'hectares (Voir Tableau 3).

Tableau 3 : Principaux pays producteurs de haricot vert en 2012.

Pays	Production (million de kilos)	Superficie (hectares)
Chine	16 200	625 000
Indonésie	871.17	126400
Inde	620	220000
Turquie	614.96	74000
Egypte	215.28	24307
Espagne	165.4	9900
Italie	134.12	16539
Maroc	133.74	5649

(FAO, 2012)

VI.2. Production en Algérie :

La culture du haricot en frais est répandue plus ou moins dans toutes les régions, par contre le haricot sec est moins cultivé et la surface consacrée à sa culture est moins. Le tableau suivant montre la production du haricot vert et sec depuis 2007 jusqu'à 2012.

Tableau 4 : Production du haricot en Algérie. (Million de tonnes)

		2007	2008	2009	2010	2011	2012
Haricot vert	superficie	8532	8622	8918	9599	9197	10707
	production	413220	401208	450964	534874	545812	607867
Haricot sec	superficie	1394	1040	1616	1214	1218	1573
	production	9170	5441	11588	8449	9525	10240

(MADR, 2013 in Hamidi , 2013)

Au cours de ces années, la production des haricots secs a fluctué, la tendance est légèrement à la hausse. On a un sommet de 11588 millions de tonnes en 2009. Les facteurs de cette faible hausse peuvent être des conditions météorologiques, des maladies et des ravageurs de stock.

VII. Valeur alimentaire :

La culture des légumineuses, source de protéines végétales, a été reconnue comme étant l'une des meilleures et des moins coûteuses des solutions pour l'alimentation des populations des pays en voie de développement. (Silue et *al.*, 2010).

Les grains de haricot contiennent deux à trois fois plus de protéines que les céréales (Soltner, 1990 ; Nyabyenda, 2005) et renferment les 24 acides aminés indispensables à l'alimentation humaine. En outre, elles possèdent des minéraux importants comme le fer, le zinc, le calcium et des vitamines, des fibres. Leurs teneurs élevées en amidon donne une valeur énergétique nette et élevée, proche de celle de blé (Huignard et *al.*, 2011). Le tableau suivant présente les valeurs nutritionnelles et énergétiques du haricot.

Tableau 5 : Composition du haricot vert (la teneur est pour 100g)

Energie	19 Kcal	Fer	1.6 mg	Vitamine B2	0.05 mg
Eau	92 g	Magnésium	13 mg	Vitamine B5	0.06 mg
Protéines	1.3 g	Phosphore	22 mg	Vitamine B6	0.51 mg
Glucides	3.1 g	Potassium	107 mg	Vitamine B9	42 mg
Lipides	0.1 g	Sodium	307 mg	Vitamine C	2 mg
Fibres	2.5 g	Provitamine A	260 µg	Vitamine E	0.16 mg
Calcium	43 mg	Vitamine B1	0.02 mg	Vitamine PP	0.2 mg

(Tirilly et Bourgeois, 1999)

Le poids de mille grains de haricot « PMG » est de 140 à 800g et le volume 730 à 850 grains / litre (Chaux et Foury, 1994).

VIII. Principales maladies et ennemis du haricot :

La production en petite exploitation est en effet grandement limitée par les attaques des ravageurs et les maladies. La nature intensive de cette culture induit un risque élevé d'attaques de parasites et de maladies, rendant l'utilisation des pesticides souvent excessive.

VIII.1. Ennemis du haricot :

Au cours du temps, les cultivateurs de l'haricot ont développé de nombreuses pratiques pour limiter l'expansion et les dégâts des différentes espèces d'organismes appelés «ravageurs» ou «bio-agresseurs» le tableau N°6 récapitule les méthodes de lutttes vis à vis des différentes ravageurs de *Phaseolus vulgaris*.

Tableau 6 : Les principaux ravageurs qui attaquent le haricot

Ravageurs	Dégâts	Principales méthodes de lutte
Acarien jaune <i>Tetranychus urticae</i>	Développement par temps sec, attaque le feuillage provoquant sa décoloration en jaune cuivré et l'apparition de taches blanchâtres. Par la suite le limbe se dessèche partiellement par petites plaques.	Intérêt de l'irrigation par aspersion sur l'attaque déclarée : traitement par acaricide actif sous formes mobiles et œufs et à faible doses : bifenthrine, dico fol, fenbutatin oxyde, hexythiazox.
Puceron des racines <i>Trifidaphis phaseoli</i> <i>Pemphigus bursarius</i>	les racines flétrissent puis meurent, entraînant le dépérissement de la plante. Apparition de <u>fumagine</u> .	Si l'attaque est très importante, lutter par incorporation au sol de produit organophosphorés. Dégager les racines et les arroser avec une <u>décoction de tanaïs</u> ;

<p>Pyrale du maïs <i>Ostrinia nubilalis</i></p>	<p>Chenilles (papillon) qui creusent des galeries dans les gousses, détruisent les graines à l'intérieur des gousses. Attaque parfois les fleurs. Cela altère la qualité visuelle du haricot.</p>	<p>Une irrigation bien maîtrisée permet de prévenir contre la pyrale qui se développe ainsi moins. En situations à risques traiter à partir du grossissement des gousses avec un pyréthrinolide de synthèse à faibles doses. Mise en place d'une protection à la base de trichogrammes. Pose d'un piège spécifique de caler de lâcher en sachant que dès 3 feuilles trifoliées, la culture est sensible.</p>
<p>Bruche du haricot <i>Acanthoscelides obtectus</i></p>	<p>Ce ravageur se multiplie dans les locaux de conservation des semences. Coléoptères grisâtres dont les larves blanches vivent à l'intérieur des graines d'haricots. qui présentent des trous opercules. Cela a pour conséquence des haricots creux.</p>	<p>Désinsectisation par fumigation sous vide. Dans les régions exposées, en culture pour le grain sec, demi sec ou la semence ; traiter à titre préventif. En fin de grossissement des gousses, avec deltaméthrine ou lambda-cyhalothrine. En préventif, il faut stocker les haricots dans des silos fermés.</p>
<p>Limace et escargot</p>	<p>Les limaces dont il existe de nombreuses espèces dont la taille et la couleur varient font plus de dégâts que les escargots. Ils attaquent toutes les plantes et particulièrement les plus tendres ou les plus jeunes du printemps à l'automne et même au début de l'hiver. Les feuilles sont rongées ou même dévorées entièrement.</p>	<p>Pour lutter contre eux, ne pas utiliser de fumier frais. Disposer des pièges contenant de la bière, des cordons de cendre de bois, de sciure, de suie, autour des cultures sensibles. Pulvériser un purin de fougères tous les 3 ou 4 jours et éventuellement ...des granulés (avec répulsif) admis en culture biologique.</p>

(Chaux et Foury, 1994, Peron, 2006, Messiaen, 2009).

VIII.2. Maladies :

Selon Polese (2006), les maladies du haricot sont peu nombreuses par rapport aux autres cultures maraichères. A l'instar de toutes les espèces de légumineuses, cette espèce, est sensible à de nombreuses maladies fongiques, virales et bactériennes. L'impact de ces maladies est très variable selon la gravité des symptômes provoqués sur la plante hôte.

Tableau 7 : les maladies du haricot et moyens de lutte

Type de maladie	Maladie et agent causal	Symptômes	Moyens de lutte
Maladie Fongique	Maladie des taches anguleuses <i>Phaeoisariopsis griseola</i>	Tache anguleuse sur les feuilles délimitées par les nervures et taches arrondies rougeâtres sur les gousses.	Éliminer les plantules issues de graines germées hors saison et respecter la rotation. Utilisation des variétés Résistantes ou tolérantes.
	L'antracnose du haricot <i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	taches arrondies brunes, ou noires sur les nervures et les pétioles des feuilles et par des taches rosâtres sur les gousses et graines	
	La rouille du haricot <i>Uromices appendiculatus</i>	Taches chlorotiques ou blanches sur les faces supérieures et inférieures de la feuille. Une infection grave entraîne la défoliation prématurée et le dessèchement de la plante. La rouille ne transmet pas aux graines.	
	Maladies sclérotés <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> :	cause la pourriture blanche, cotonneux sur tous les organes de la plante avec parfois présence de sclérotés.	
Maladie virale	La mosaïque commune du haricot virus (BCMV)	Les feuilles sont déformées, recroquevillées vers le bas, cloquées ou plissées. avec réduction de la floraison et nanisme des plantes ; Les gousses sont déformées et rugueuses au toucher.	Utiliser des semences saines et arrachage des plantes malades. Contrôle des pucerons. Utiliser des variétés résistantes.
Maladie bactérienne	Les graisses bactériennes du haricot	Sont des taches d'abord translucides puis nécrotiques sur les feuilles, lésions graisseuses sur les gousses,	

(Allen et *al.*, 1987 ; Allen et al, 1996 ; Nyabyenda, 2005 ; Massiaen, 2009 ; Hascoet, 2012)

IX. Les étapes de développement de la plante du haricot :

Le haricot est une plante herbacée annuelle, son cycle végétatif son montionnée dans la figure suivante :

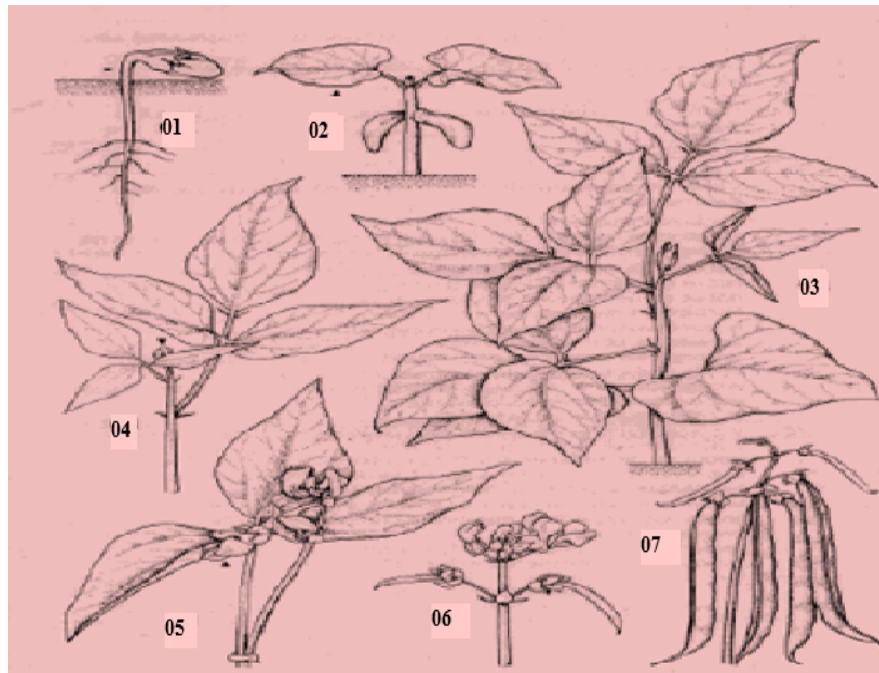


Figure 7: les stades phénologiques de la plante de haricot (ITCMI, 2010).

01 : la levée, 2 : deux feuilles étalées. , 03 : Développement de la plante. , 04 : Formation des boutons floraux, 05 : début floraison, 06 : Nouaison, 07 : Maturation des gousses.

IX.1. Phase de germination :

Lorsqu'on sème, la graine est placée dans un milieu favorable (assez humide) pour commencer le processus de germination. Lorsque elle absorbe de l'eau, des phénomènes internes se produisent divisions cellulaires et réactions biochimiques libérant les éléments nutritifs des cotylédons. Les graines lèvent en 4 à 8 jours suivant la température .Elles doivent toutes être sorties de terre au bout de 8 jours. (Hubert, 1978).

Le même auteur indique que les racines primaire apparaissent après les racines secondaires et tertiaires y prennent naissance. Les cotylédons de la plante apparaissent à la surface, et l'hypocotyle continue de pousser jusqu'à atteindre sa taille maximum. Lorsqu'il est complètement dressé les cotylédons s'ouvrent et les premières feuilles apparaissent.

IX.2. Phase de croissance :

A cette étape, le développement végétatif rapide commence, trois à quatre jours après la levée, les cotylédons perdent leur forme, et se recroquevillent sur eux même, a près elle se dessèche et elle tombe. Cinq à six jours après la levée, la première feuille trifoliolée apparait, cinq à six jours après ce phénomène il y eu apparition de la deuxième. La tige, les

rameaux et, les autres feuilles trifoliolées se développant à partir des bourgeons aux aisselles des feuilles de la plante. Au bout d'un mois, le pied du haricot possède une dizaine de feuille trifoliolée et il a atteint sa hauteur définitive de 30 à 40 cm pour les variétés naines. (Pirat et Foury, 2003).

IX.3. Phase de floraison :

La phase reproductive débute 3 semaines à 1 mois environ après le semis lorsque les bourgeons apicaux des plantes deviennent boutons floraux. La 1^{er} fleur épanouie correspond au 1^{er} bouton floral apparu. Une fois que la fleur a été fécondée et s'est épanouie, la corolle (les pétales) se flétrit et la gousse commence sa croissance faisant tomber la corolle fanée. Cette phase dure 1 mois à 1 mois et demi suivant les conditions climatiques. (Lecomte, 1997).

La formation des gousses comprend initialement le développement des valves (Chacune des deux parties de l'enveloppe du fruit qui, à maturité, se séparent pour libérer les graines.) pendant les 10 ou 15 jours qui suivent la floraison, la gousse croît surtout dans le sens longitudinal, jusqu'à atteindre sa taille finale et là le remplissage commence. (Caburet et Hekimian, 2003).

IX.4. Phase de maturation :

Les graines se forment en 15 à 20 jours. Elle va acquérir des caractéristiques de la variété, les graines et les gousses commencent à se pigmenter selon la variété. Il faut attendre encore 20 à 30 jours pour que la gousse s'ouvre d'elles-mêmes, les graines étant mures. (Lecomte, 1997).

La fin maturation, se caractérise par la décoloration et le dessèchement des gousses, toutes les feuilles jaunissent se dessèchent et tombent. Les gousses perdent leur pigmentation en séchant. La teneur en eau des graines diminue jusqu'à 15 %.

Le cycle végétatif complet du haricot est en moyennes de 75 à 80 jours pour le haricot vert, 90 à 100 jours pour le haricot demi sec et de 120 à 130 jours pour le haricot sec. (Lecomte, 1997).

X. Les travaux d'entretien :

X.1. Binage et buttage :

Avant la levée, il est bon de prévoir un hersage ou un ameublissement fait à la main pour aérer le sol s'il se forme une croûte en surface. (Bezpalý, 1984).

Deux binages sont pratiqués, le premier est réalisé quelques jours après la levée et l'autre avant la floraison doit être fait superficiellement pour ne pas endommager le système racinaire de la plante. (Peron, 2006).

Environ 15 jours après la levée, il faut butter la terre jusqu'aux 2 premières feuilles ceci empêche les jeunes plants de se renverser surtout lorsqu'ils portent une quantité importante de gousses. En le faisant, on évite aussi certaines maladies d'attaquer les plants au niveau de la tige (Peron, 2006).

X.2. Le désherbage :

Le désherbage est nécessaire et de préférence de pratiquer un désherbage manuel. L'utilisation des produits chimiques pour le désherbage reste valable mais demande la prudence et de l'expérience (Laumonnier, 1979).

X.3. Le Palissage :

Elle concerne seulement les haricots à rames qui peuvent monter à 3 mètre de haut pour grimper et se fixer. Cette technique consiste à placer une ficelle par poquet ou placer des roseaux sous forme de chapelle ou en faisceau au départ de la pousse du haricot, montrez-lui le chemin à suivre en enroulant la tige sur le support (Polese, 2006).

X.4. Irrigation :

Elle est obligatoire pour la réussite de cette culture étant donné que leur besoin en eau est de 400 mm en plein champ (irrigation gravitaire) ; 250- 300 mm sous serre (irrigation goutte-à-goutte). La culture ne peut pas supporter un stress hydrique surtout durant la levée (risque d'échelonnement non rattrapable) et la floraison (réduction du potentiel de rendement). Il s'agit donc d'irriguer fréquemment sans toucher les feuilles et les fleurs pour minimiser les risques des maladies fongiques. (Kolev, 1976).

X.5. La récolte :

Lorsque le haricot atteint la maturité, les feuilles jaunissent et les gousses est charnue et elles changent de couleur deviennent vert brillant et les graines sont petites et vertes. A ce moment, on peut commencer la récolte (environ 60 jours après le semis). La récolte consiste à arracher tout le pied, séparer par la suite les gousses des pieds et ranger les tiges en champ entre les billons pour la fertilisation. Les rendements varient beaucoup en fonction des variétés, de l'entretien apporté, et de la localité. La récolte peut réaliser manuellement ou mécaniquement : (MAPP, 2010)

Récolte manuelle : La récolte se fait par passage tous les deux à trois jours sur une période de quinze jours environ quand les grains sont à peine formés. Si on les récolte trop gros, la qualité est moins grande et les gousses durcissent.

Récolte mécanique : On récolte à l'aide d'une cueilleuses, Elle est employée pour la conserverie.

Partie expérimentale

I. Objectif de l'expérimentation :

Le présent travail a pour objectif de:

- Suivre le comportement morphologique de haricot « *Phaseolus vulgaris L.* », variété « Djadida » qui est une variété très sensible au stress salin (glycophyte); cultivée en hors-sol, irrigée par trois traitements salins corrigés : (NaCl), (Na₂SO₄) et (NaCl + Na₂SO₄) comparés à une solution nutritive standard considérée comme témoin.
- D'identifier sa réponse vis-à-vis des traitements testés, en étudiant les paramètres physiologiques, par un dosage de la teneur des feuilles en chlorophylle et en proline

II. Matériel végétal testé :

Le matériel végétal utilisé dans notre expérimentation est le haricot, c'est une espèce qui se développe rapidement, mais qui est très sensible à la salinité. Sa tolérance aux sels est de l'ordre de 0.5 à 2 g/l.

La variété testée est « Djadida » qui est une variété très cultivée en Algérie, elle possède les caractéristiques suivantes :

- Type mangetout ;
- Variété naine ;
- Bonne vigueur ;
- Feuilles longues de couleur verte claire ;
- Fleurs blanches ;
- Gousses de longueurs moyennes (16 cm), et de diamètre de (10 mm) ;
- Nombre de graines par gousse : 7 ;
- La graine est de couleur marron noirâtre;
- PMG = 199 g ;
- Résistance : BCMV (virus mosaïque commune de haricot), mildiou poudreux.

III. Conditions expérimentales :

III.1. Lieu de l'expérience :

Notre étude a été réalisée au niveau du laboratoire de recherche de biotechnologie des productions végétales situé au sein du département de Biotechnologies, université de Blida 1. L'expérience a été effectuée dans une serre en polycarbonate dont : l'orientation est nord sud, l'aération est assurée par plusieurs fenêtres placées latéralement de part et d'autre de la serre. Des radiateurs ont été installés au niveau de la serre pour assurer le chauffage pendant l'hiver.



Figure 9 : Position de lieu d'expérimentation (Source personnelle).

Pour suivre l'évolution de la température, nous avons installé un thermomètre positionné au centre de la serre. Des relevés quotidiens de températures ont été effectués à trois moments de la journée : 9h00, 12h00 et 15h00. Le tableau ci-dessous montre les moyennes par décade des températures diurnes au niveau de la serre.

Tableau (08) : Moyennes des températures par décade en °C.

Périodes	température		
	9 ^h 00	12 ^h 00	15 ^h 00
30/11/2014 au 09/12/2014	14,5	17,9	17,1
10/12/2014 au 19/12/2014	14,7	20,8	21,5
20/12/2014 au 29/12/2014	15,2	26,1	24,7
30/12/2014 au 08/01/2015	15,6	26,1	24,8
09/01/2015 au 18/01/2015	15,4	22,5	21,2
19/01/2015 au 28/01/2015	12,5	18,2	20,1
29/01/2015 au 01/02/2015	19	25,5	24,5

D'après les données de tableau (08), nous constatons que durant la période matinale, les températures moyennes étaient peu favorables à la croissance du haricot et ce par rapport aux données préconisées par Chaux et Foury (1994) qui est de l'ordre de 15 °C. A partir de 12h, les températures moyennes deviennent plus favorables à la croissance et développement de l'espèce testée. Pour stimuler la croissance, on a créé un microclimat par l'utilisation d'un abris plastique sous forme de tunnel afin d'augmenter la température autour des plantes durant l'expérimentation, et ce compte tenu du chauffage de la serre.

III.2. Substrat utilisé :

Le substrat utilisé dans notre expérimentation est le gravier de rivière dont le diamètre est de 3 à 8mm provenant de la carrière de CHEBLI située à 25 Km d'Alger. Ce substrat constitue un milieu défavorable pour le développement de micro-organismes. Grâce à sa porosité, il assure une meilleure aération pour les racines des plantes alors que sa capacité de rétention en eau est très faible.

Afin d'éviter tous risques de contamination par les maladies parasitaires, une procédure de désinfection de substrat a été effectuée comme suit :

- Lavage à l'eau afin de supprimer les particules terreuses et les débris végétaux de précédente culturelle;
- Remplissage des pots avec le substrat lavé ;
- Désinfection du substrat avec une solution d'hypochlorite de sodium diluée de concentration initiale 12°;
- Rinçage abondant des pots à l'eau de robinet courante pendant trois jours pour éliminer toute trace d'hypochlorite de sodium fortement nocive pour les racines des jeunes plantules du haricot.



Figure 10 : Lavage du substrat à l'eau.



Figure 11 : Désinfection du substrat.

III.3. Conteneurs :

Les conteneurs utilisés sont des pots en plastique, de couleur marron ayant une capacité de 3kg et présentant des orifices de drainage à leur base permettant l'évacuation de la solution nutritive excédentaire. Le diamètre supérieur est de : 17cm et l'inférieur est de : 12cm et la hauteur égale à : 16cm.



Figure 12 : Aspect général des conteneurs.

III.4. Dispositif expérimental:

Le plan expérimental mené dans notre expérimentation est un bloc complètement randomisé, composé de quatre traitements qui ont été distribués aléatoirement selon la table de permutation des nombres aléatoires de 1 à 10 pour chaque plant, on a neuf (09) observations par traitement, soit 36 unités expérimentales au total (Voir figure N 13).

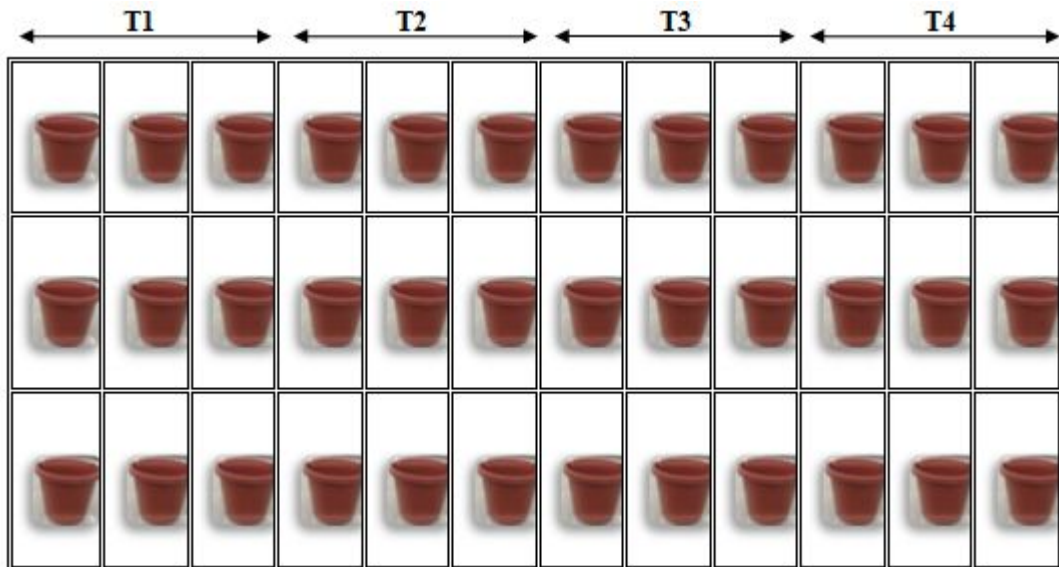


Figure 13 : Schéma de dispositif expérimental.



: Unité expérimentale.

T1, T2, T3, T4 : Traitements étudiés.

III.5. Les différents traitements testés :

- **T1** : solution saline à pH corrigé (5,5 – 5,8) riche en NaCl ;
- **T2** : solution saline à pH corrigé (5,5 – 5,8) riche en Na_2SO_4 ;
- **T3** : solution saline à pH corrigé (5,5 – 5,8) riche en NaCl et Na_2SO_4 ;
- **T4** : solution nutritive standard composée de macro, et de micro éléments et de séquesterane de fer avec un pH= 5,7.

III.5.1.Description des traitements testés :

III.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 motionnée dans le tableau 8.

Tableau 8 : Teneur des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida :

Element	Teneur en mg/l	Teneur en meq/l
K⁺	00	00
Ca⁺⁺	56	2.8
Na⁺	29.9	1.3
Mg⁺⁺	21.6	1.8
NO₃⁻	21.7	0.35
SO₄²⁻	38.4	0.8
Cl⁻	21.3	0.6
HCO₃⁻	245	4.08
Total	433.9	11.73

(Snoussi 2001 *in.* Abbad, 2011).

Tableau 9 : Composition de l'eau d'Oued Chlef /l'eau de Blida

Cations	NO ³⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Total
Anions	0,35	0	0.80	0.60	
K⁺					0.35
0.35					
Na⁺					9.90
1.30					
Ca²⁺					9.25
2.80					
Mg²⁺					9.20
1.80					
Nh₄⁺					0
HCO₃⁻					6.51
Total	0,35	0	0.80	0.60	

Tableau 10 : Composition du traitement T1 (Solution saline corrigée) chargée en NaCl

Cations	NO ³⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Total
Anions	0,35	0	0.80	0.60	
K⁺					0.35
0.35					
Na⁺				8.60	9.90
1.30					
Ca²⁺					2.80
2.80					
Mg²⁺					1.80
1.80					
Nh₄⁺					0
H⁺	2.20	1.10			3.30
Total	2.55	3.30	0.80	9.20	

NaCl : 8.60 meq x 58.44 = 502, 58 mg + 2 acides (HNO₃ et H₃PO₄)

Tableau 11: Composition du traitement T2
(Solution saline corrigée) chargée en Na₂SO₄

Cations Anions	NO ³⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Total
K⁺ 0.35	0,35	0	0.80	0.60	0.35
Na⁺ 1.30			8,60		9.90
Ca²⁺ 2.80					2.80
Mg²⁺ 1.80					1.80
Nh₄⁺					0
HCO₃⁻	2,2	1,1			3,3
Total	2,55	3,3	9,4	0,6	

Na₂SO₄: 8.60 x 71,02= 610,77mg
+ 2 Acides (HNO₃ et H₃PO₄)

Tableau 12: Composition du traitement T3
chargée en NaCl+Na₂SO₄

Cations Anions	NO ³⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Total
K⁺ 0.35	0,35	0	0.80	0.60	0.35
Na⁺ 1.30			4.30	4.30	9.90
Ca²⁺ 2.80					2.80
Mg²⁺ 1.80					1.80
Nh₄⁺					0
HCO₃⁻	2,2	1,1			3,3
Total	2,55	3,3	5.10	4.90	

NaCl : 4.30 meq X 58.44 = 251, 29 mg
Na₂SO₄ : 4.30 x 71,02= 305, 38 mg
+ 2 Acides (HNO₃ et H₃PO₄)

III.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 (T4):

Pour ce type de solution nutritive, l'eau renferme des teneurs insuffisantes en certains éléments utiles (KNO₃). 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 peu chargée en sels, on peut rajouter des éléments pour corriger 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 *al.* (1975).

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

a/ Sur les tableaux 3 et 4 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 du phosphore est fixé à 3.3 méq/l de H₃PO₄. En comptant de façon théorique, le phosphore présent sous la forme trivalent PO₄³⁻, 1.1 méq/l de H₃PO₄ 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 H₃PO₄, et un apport partiel de 2.2méq/l de NO₃⁻.

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

Nitrates: - besoins: 10,2 méq/l.

✓ déjà disponibles: 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 disponibles: 0,8 méq/l.

✓ 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:

Nitrates: (7,65 - 1,8) NO₃NH₄ = 5,85 méq/l

Sulfates = 0,7 méq/l

Total = 6,55 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.

Total = (0 + 2,8 + 1,8) + 6,55 = 11,15 méq/l.

Selon les normes définies par Coic et Lesaint, (1983), les proportions relatives de ces 3 éléments doivent être proches des valeurs suivantes:

K : 39,6% Ca : 47,6% Mg : 12,8%

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

Apport à réaliser, sous déduction de ce qui est déjà présent dans l'eau.

K (4,41 méq/l), Ca (2,51 méq/l), Mg (0 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 les proportions $K^+ Ca = 87.2$ soit:

$$K = 9,3 \times \frac{9.6}{39.6 + 47.6} = 4.25 \text{ méq / l}$$

$$Ca = 9,3 \times \frac{47.6}{39.6 + 47.6} = 5.10 \text{ méq / l}$$

Tous les résultats sont reportés dans le tableau suivant:

Tableau 13: Composition de l'eau de Blida

Tableau 14: Composition du traitement

T4

(Solution nutritive standard)

H2O	NO ³⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Total
Blida	0,35	0	0.80	0.60	
K ⁺					0
0					
Na ⁺			9		1.30
1.30					
Ca ²⁺					2.80
2.80					
Mg ²⁺					1.80
1.80					
Nh ₄ ⁺					0
HCO ₃ ⁻					4.08
4.08					
Total	0.35	0	0.80	0,60	

H2O	NO ³⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Total
Blida	0,35	0	0.80	0.60	
K ⁺					4.25
0	3.55		0.70		
Na ⁺					1.30
1.30					
Ca ²⁺					5.10
2.80	2.30				
Mg ²⁺					1.80
1.80					
Nh ₄ ⁺					1.80
0	1.80				
H ⁺	2,2	1,1			3,3
Total	10.20	3,3	1.50	0.60	

Les différents traitements ont été élaborés à partir des solutions mères de macroéléments et de micro éléments puis diluée au moment de la préparation de la solution prête à l'utilisation.

Un certain ordre de dissolution est respecté afin d'éviter toute précipitation et ceci en commençant par les produits à fonction acide et les plus solubles, en suite en rajoute au fur et mesure les autres produits.

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

IV. Germination des graines :

IV.1. Pré-germination des graines :

La pré-germination a été réalisée le 10/11/2014. Les graines sont mises sur du papier absorbant imbibé dans des boîtes de Pétri contenant chacune 20 graines, placées dans une étuve à une température de 25°C. Les graines ont été hydratées quand c'est nécessaire pour éviter le dessèchement et ne pas les immerger pour éviter leur pourriture. La faculté germinative est élevée de l'ordre de 85%.

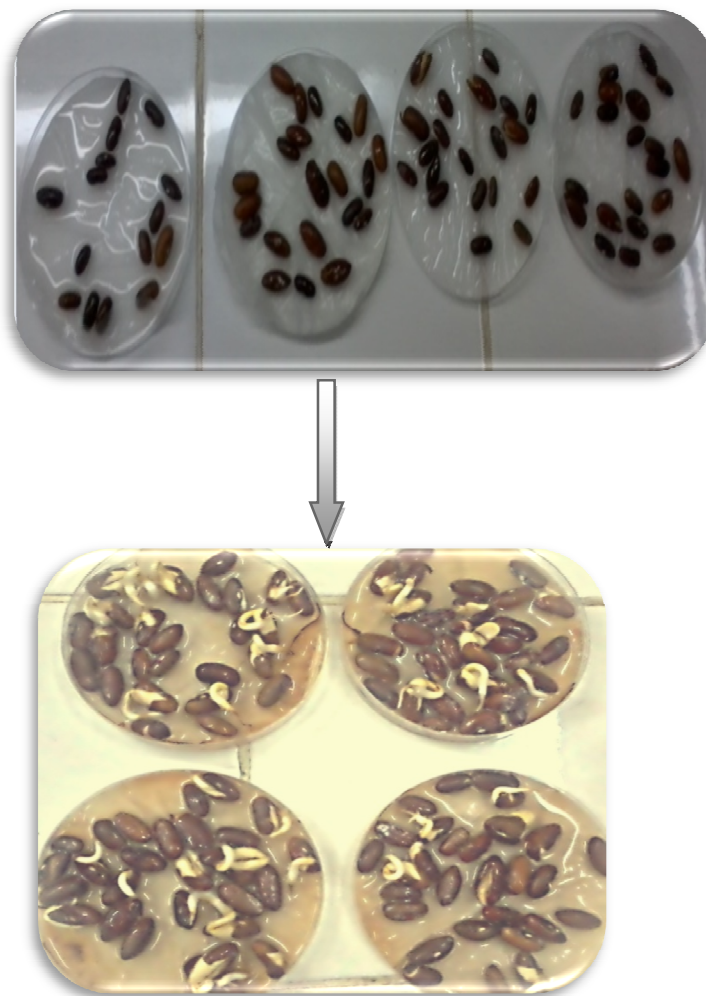


Figure 14 : Essai de germination des graines du haricot.

IV.2. Repiquage des germes :

Après la germination des graines, un repiquage des jeunes germes de haricot en place définitive a été réalisé le 17.11.2014 à raison de deux germes par pot. Soit 07 jours de près germination.

Les germes ont été arrosés avec l'eau de robinet pendant 08 jours, jusqu'à l'apparition des feuilles cotylédonaires. Ensuite nous avons procédé à l'application de la solution nutritive standard (T4) composée des macros et des micros éléments le 25 / 11 2014, et ce dans le but d'avoir un matériel végétal vigoureux et homogène de départ.

Le 23/12/2014 soit 28 jours après le semis, nous avons commencé l'application des différents traitements.



Figure 15 : Repiquage des germes de haricot.



Figure 16 : Levée des plantules du haricot

V. Entretien de la culture :

V.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 ce pour éviter les déficits et les éventuels excès de solution nutritive.

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

Tableau 15: Doses et fréquences d'irrigation nécessaire pour la culture du haricot.

Dates	Stade végétatif	La dose d'irrigation	La fréquence	Les besoins
17/11/2014 au 23/12/2014	Germination au stade trois feuilles	20ml	3fois / jours	60 ml /jour
24/12/2014 au 07/01/2015	Stade trois feuilles au début floraison	40ml	3fois / jours	120ml/jours
08/01/2015 au 17/01/2015	Début floraison au début nouaison	60ml	3fois / jours	180ml/jours
18/01/2015 au 01/02/2015	Début nouaison à la récolte	80ml	4fois / jours	320ml/jours

VI. Récolte :

La récolte a été échelonnée, durant notre expérimentation, nous avons effectué deux récoltes. Les gousses récoltées sont de type haricot mangetout.

Première récolte : Le 25/01/2015 ; c'est-à-dire 71 jours après semis.

Deuxième récolte: Le 01/02/2015 ; c'est-à-dire 78 jours après semis.

VII. Paramètres mesurés :

VII.1.Paramètres morphologiques:

VII.1.1. Hauteur finale des plantes :

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

VII.1.2. Nombre des feuilles :

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

VII.1.3. Diamètre des tiges :

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

VII.1.4. Biomasse fraîche produite :

Au moment de la coupe, nous avons pesé les différents organes de la plante (feuilles, tiges et 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.

VII.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 à 70°C 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 de l'échantillon moyen des racines.

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

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

VII.1.6. Taux de la matière sèche produite :

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

$$MS \text{ [%]} = (\text{poids sec} / \text{poids frais}) \times 100$$

Nous avons calculé quatre variables :

- Taux de la matière sèche des feuilles (%).
- Taux de la matière sèche des tiges (%).
- Taux de la matière sèche des racines.

VII.2. Paramètres de production :

VII.2.1. Nombre des gousses :

Nous avons compté toutes les gousses produites par les plantes au moment de chaque coupe.

VII.2.2. Poids frais moyen des gousses :

Nous avons pesé chaque gousse récoltée par plante puis nous avons calculé le poids moyen des gousses par plantes, parce que la récolte est échelonnée.

VII.3. Paramètres physiologiques

VII.3.1. Dosage de la teneur des feuilles en chlorophylle :

Les teneurs en chlorophylle a, b et caroténoïdes sont déterminées selon la méthode utilisée par Shabala et *al.*, (1998). Un échantillon de 100 mg de la partie médiane de l'avant dernière feuille est mis en tube à essai en présence de 10 ml d'acétone à 95 % à 4°C dans l'obscurité pendant 48 heures.

La lecture de la densité optique (DO en nm) est faite à l'aide d'un spectrophotomètre UV à des longueurs d'onde respectives de 470, 645 et 663 nm qui correspondent aux pics d'absorption de la chlorophylle "a", "b" et des pigments caroténoïdes. Ensuite le calcul des quantités de chlorophylle "a", "b" (expérimenté en mg/ml) se fait à l'aide des formules suivantes :

- **Chl a** = 9,78 DO (663) – 0,99 DO (645) ;
- **Chl b** = 21,42 DO (645) – 4,65 DO (663) ;
- **Caroténoïdes** = [1000. DO (470) – 1, 90.Chl a – 63, 14.Chl b]/214.

VII.3.2. Dosage de la proline :

La proline est dosée selon la technique utilisée par Troll et Lindesly (1955) simplifiée et mise au point par Dreier et Goring (1974) et modifiée par Monneveux et Nemmar (1986). Le principe est la quantification de la réaction proline-ninhydrine par mesure spectrophotométrique. La proline se couple avec la ninhydrine en formant un complexe coloré. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de proline dans l'échantillon.

La méthode consiste à :

- Mettre 100 mg de matière fraîche végétale dans des tubes à essai ;

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

Après refroidissement :

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

Après refroidissement des solutions :

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

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

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

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

Résultats et Discussions

I. Résultats et discussions :

Pour mettre en évidence l'effet nocif des deux sels testés séparément ou en combinaison dans notre expérimentation (NaCl , Na_2SO_4 et $\text{NaCl}+\text{Na}_2\text{SO}_4$) ainsi de les classés en fonction de leurs degré d'agressivité à fin de déterminer le sel le plus nocif, nous avons effectuées les mesures suivants :

I.1.Effet de la salinité des eaux d'irrigation sur les paramètres de croissance :

I.1.1. Aspect général des plantes :

L'effet du traitement sur les plantes du haricot variété Djadida était bien remarqué durant notre expérimentation. Une observation globale sur l'ensemble des plantes a permis de tirer les aspects suivants des plantes du haricot selon les différents traitements testés :

Nous avons effectués trois prélèvements aléatoires des plantules de haricot en fonction du stade physiologique à savoir :

- ✓ **Stade début floraison** : il est effectué le 07/01/2015 soit 35 jours d'application du stress ;
- ✓ **Stade début nouaison** : il est effectué le 17/01/2015 soit 45 jours d'application du stress ;
- ✓ **Stade plein nouaison** : il est effectué le 01/02/2015 soit 60 jours d'application du stress.



Figure 17 : Aspect général des plantules de haricot après 35 jours d'application du stress

Selon la figure ci-dessus, nous remarquons que :

- ✓ Les plantes irriguées par les traitements T1 et T2 sont peu chétives avec un nombre de feuilles et de fleurs réduit.

- ✓ Les plantes irriguées par les traitements T3 et T4 ont un aspect plus vigoureux par rapport aux traitements précédents avec un nombre de feuilles et de fleurs élevé.

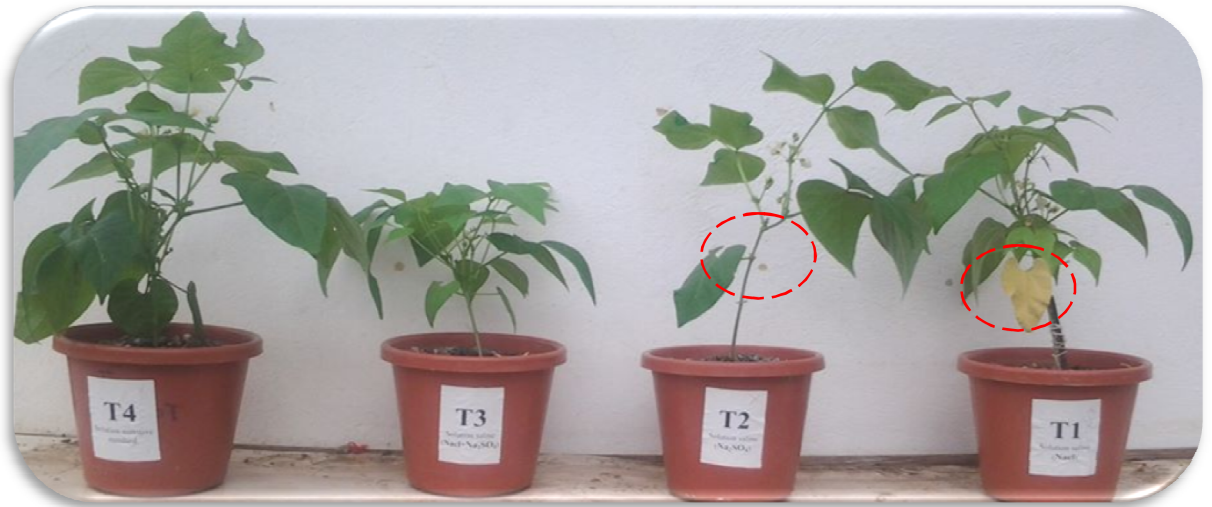


Figure 18 : Aspect général des plantules de haricot après 45 jours d'application du stress

Selon la figure ci-dessus, nous remarquons que :

- ✓ Les plantes irriguées par les traitements T1, T2 et T3 présentent mieux l'aspect de stress, elles sont devenues plus chétives et de couleur jaunâtre avec un nombre restreint de feuilles et un taux d'avortement des fleurs très remarquable.
- ✓ Les plantes irriguées par le traitement T4 continuent de présenter un aspect vigoureux avec un nombre de feuilles et de fleurs élevé et cela grâce à une alimentation hydrominérale parfaite.



Figure 19: Aspect général des plantules de haricot après 60 jours d'application du stress

- ✓ Les plantes irriguées par les traitements T1, T2 et T3 terminent leurs cycles physiologique par un nombre très réduit en feuilles de couleur jaunâtre, elles sont devenues encore plus chétives avec un nombre réduit de gousse.
- ✓ Les plantes irriguées par le traitement T4 ont un aspect vigoureux avec un nombre de feuilles et de fleurs élevé. Il est à noter que le nombre de gousse révélé dans ces plantules sont nettement significatif.

Dont l'effet des traitements T2 et T3 sont les plus nocifs.

De ce point de vue, Warne et *al.*, (1990) ont montré que les signes de stress les plus évidents au niveau de la végétation arrosée par des eaux salines sont ceux d'une sécheresse physiologique se manifestant par un aspect général rabougri de la plante. D'après l'aspect général des plants de notre expérimentation, le sel le plus nocif et le Na_2SO_4 seul ou bien en combinaison avec le NaCl .

II. Paramètres morphologiques :

II.1. Hauteur finale des plants:

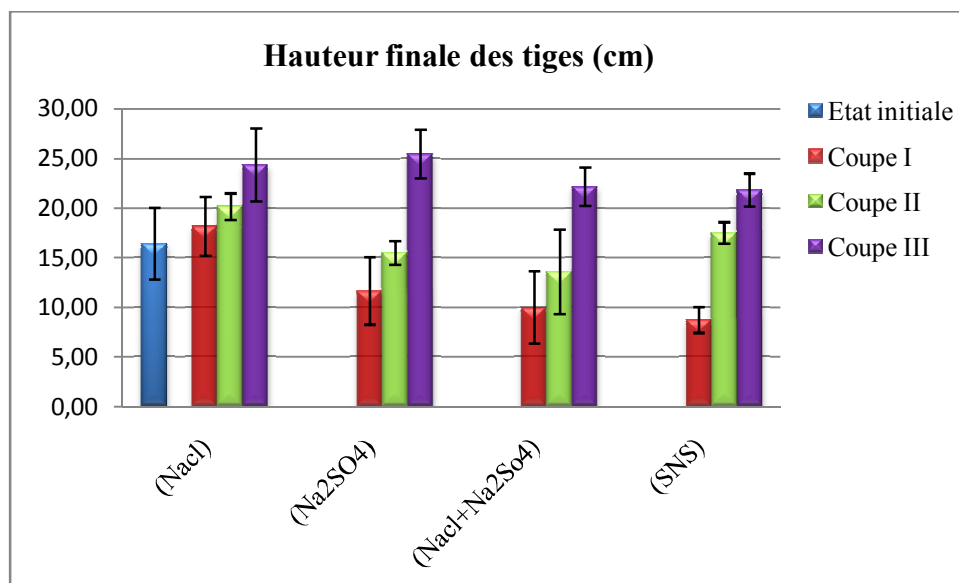


Figure 20 : Hauteur moyenne des plantes en (cm).

La hauteur finale des tiges a été mesurée au moment des trois coupes à partir du collet jusqu'à l'apex au niveau de chaque plant (figure N°20).

Nous remarquons qu'à l'état initial, les plantules de haricot enregistrent au moyenne 16,41 cm de hauteur et cela en absence de stress.

L'irrigation avec la solution nutritive standard (T4) a permis de révéler une augmentation périodique de la hauteur finale des plantules de haricot. Elle passe de 8,73cm jusqu'à 17,50 puis 21,83cm, avec des hausses de 100,45 (une baisse de 46,80%), (une hausse de 6,64%) et 150,05 (une hausse 33,02%) respectivement par rapport a l'état initiale.

A une durée de stress faible, nous avons remarqués une réaction différente des plantules de haricot par rapport à l'état initial et cela en fonction de la composition de la solution d'irrigation appliquée. En présence des chlorures de sodium et de sulfates de sodium dans la solution T1 et T2, les hauteurs révélés sont de l'ordre 18,17 et 11,67 cm avec une hausse de 10,72% et une baisse de 28,88% respectivement. Alors qu'on présence des deux sels en combinaison (T3), cela nous permet d'enregistrer 10cm de hauteur avec baisse de 39,06%.

A une durée de stress modéré, nous remarquons que les plantules de haricot irriguées avec le traitement T1 présentent des hauteurs de l'ordre de 20,13cm avec une hausse de 22,66%. Cependant celles qui ont été irriguées avec les traitements T2 et T3 nous a permis d'enregistrer des hauteurs de l'ordre de 15,50 et 13,60 cm avec des baisses de 5,54% et 17,12% respectivement.

A une durée de stress sévère, nous constatons que les plantules de haricot irriguées avec les traitements T1 et T2 présentent des hauteurs de l'ordre de 24,33 et 25,43 cm avec des hausses de 48,26% et 54,35% respectivement. Alors que les plantules irriguées par le traitement T3 présentent des hauteurs de l'ordre de 22,17cm avec une hausse de 35,10%.

Les résultats obtenus montrent que, la hauteur finale des plantules de haricot varie selon le type de la solution d'irrigation : eau de robinet (à l'état initial), solution nutritive et solutions salines (pendant les différents stades du cycle de développement des plantules). Ils révèlent une hauteur moyenne pour les plantules à l'état initial en absence de stress, et une augmentation de la hauteur au niveau des plants irrigués par la solution nutritive. Ceci peut être expliqué par sa richesse en éléments fertilisants indispensable à la croissance des plantes, notamment la présence d'azote, du phosphore, du potassium ainsi la présence des oligoéléments. Cependant, ces résultats montrent qu'il y a une différence entre les hauteurs précédentes et les hauteurs des plantules irriguées avec les traitements salins (T1, T2 et T3), ces dernières sont presque similaires. Ce qui nous a permis de constater que la salinité influe négativement sur la croissance des plantes.

Ces résultats confirmés par les travail réalisé par Bennabi (2005) qui montre que la hauteur, le diamètre des tiges des différentes espèces ainsi que la grosseurs des fruits diminue d'une façon important avec l'augmentation de la salinité

II.2. Diamètre des tiges :

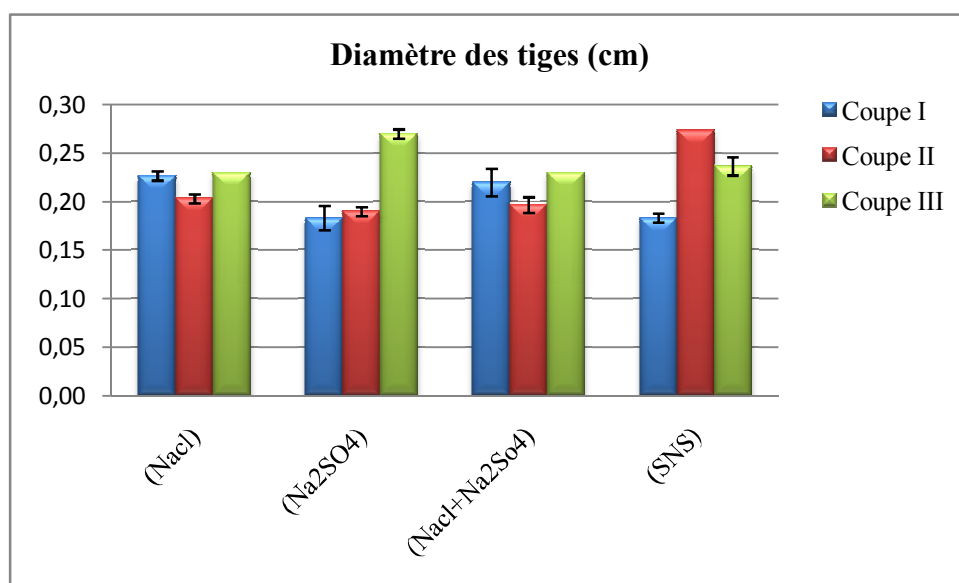


Figure 21 : Diamètre des tiges (cm).

Le diamètre des tiges a été mesuré pendant les trois coupes à l'aide d'un pied à coulisse au niveau du collet de chaque plant (figure 21).

Les plantules de haricot irriguées par la solution nutritive standard (T4), nous ont permis d'enregistrer une augmentation alternative du diamètre des tiges depuis la coupe I jusqu'à la coupe II, il passe de 0,18cm, 0,27cm respectivement. Alors qu'on remarque à la fin du cycle de développement une chute peu notable jusqu'à 0,24cm.

A une durée de stress faible, nous distinguons que les plantules de haricot irriguées avec les traitements T1 et T3 présentent des diamètres presque similaires de l'ordre de 0,23cm et 0,22cm respectivement. Alors que celles qui ont été irriguées par le traitement T2 présentent un diamètre de l'ordre de 0,18cm.

A une durée de stress modérée, nous constatons que l'irrigation des plantules avec les trois traitements salins (T1, T2 et T3) a donné approximativement la même valeur du diamètre des tiges (0,20cm, 0,19cm et 0,20cm respectivement).

A une durée de stress sévère, nous remarquons que le diamètre des tiges enregistrées d'après les plantules irriguées avec T1 et T3 sont similaires. Ils sont de l'ordre de 0,23cm. Cependant, les plants irrigués avec le traitement T2 nous a permis d'enregistrer un diamètre de l'ordre de 0,27cm.

Les résultats obtenus montrent que le diamètre des tiges n'est pas significatif et montre qu'il 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, est ceci est dû à sa richesse en éléments nutritifs nécessaires

à la croissance des plantes. Tandis qu'ils révèlent les valeurs les plus petites 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.

II.3. Nombre des feuilles :

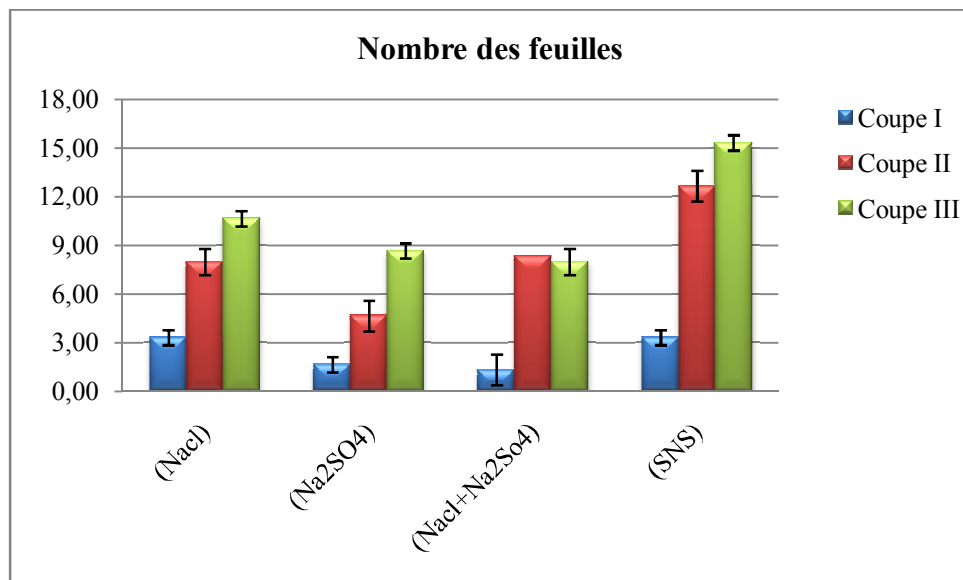


Figure 22 : Nombre des feuilles

Le nombre de feuilles a été calculé au moment des trois coupes au niveau de chaque plant (figure 22).

Les plantules de haricot irriguées par la solution nutritive standard (T4), nous ont permis d'enregistrer un accroissement successif du nombre de feuilles. Il passe de 3,33 à 12,67 jusqu'à 15,33.

A une durée de stress faible, nous distinguons que les plantules de haricot irriguées avec le traitement T1 révèlent un nombre de feuilles égal à 3,33. Cependant les plantules irriguées avec les traitements T2 et T3 présentent un nombre de feuilles de l'ordre de 1,67 et 1,33 respectivement.

A une durée de stress modérée, nous remarquons que les plantules irriguées avec les traitements T1 et T3 présentent un nombre de feuilles approximativement similaires de l'ordre de 8,00 et 8,33 respectivement. Alors que le nombre des feuilles révélé par les plants irrigués avec le traitement T2 est de l'ordre de 4,67.

A une durée de stress sévère, nous constatons que les plantules irriguées avec le traitement T1 montrent un nombre de feuilles égal à 10,67. Tandis que les plants irrigués avec

les traitements T2 et T3 présentent un nombre quasiment similaire égal à 8,67 et 8,00 respectivement.

Les résultats obtenus montrent que, le nombre de feuilles des plantules de haricot se diffère selon le type de la solution d'irrigation : solution nutritive standard ou solution saline. Ils présentent le nombre de feuilles le plus élevé, au niveau des plantules irrigués par la solution nutritive standard, et ceci est due grâce à sa richesse en éléments nutritifs nécessaires à la croissance ce qui favorise le bon développement des feuilles. Tandis qu'ils révèlent un nombre de feuilles réduit pour les plantules irriguées avec les traitements salins (T1, T2, T3). Levigneron *et al.*,(1995) ont montré que parmi les effets de la salinité sur la croissance des plantes est la réduction de nombre des feuilles.

II.4.La surface foliaire :

La surface moyenne d'une feuille adulte (exprimée en cm²) a été déterminée sur un échantillon de trois feuilles par traitement, par la méthode des pesées : les feuilles ont été soigneusement découpées et pesées.

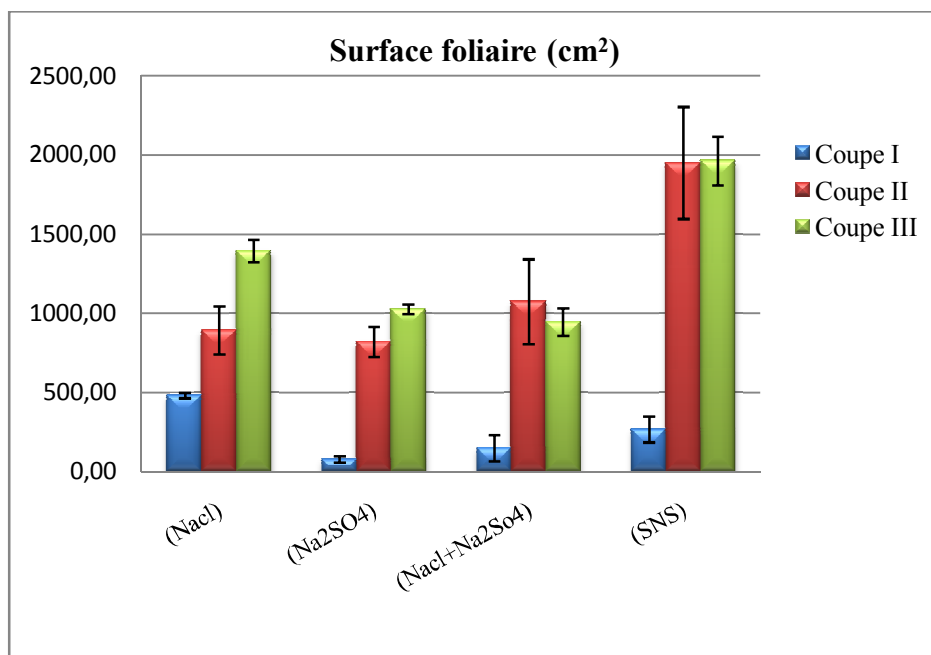


Figure 23 : surface foliaire

Nous remarquons que la surface foliaire est importante au niveau des plants irrigués par la solution nutritive standard ; elle présente une valeur supérieure à celle obtenue pour les plantes stressées aux sels (NaCl), (Na₂SO₄) et (NaCl+ Na₂SO₄).

D'après ces résultats on constate que La salinité a eu un effet très marqué sur la surface foliaire de la plante durant les trois périodes de stress (faible, modérer, sévère).

Selon Sibole *et al.*, (2000), La diminution du taux de croissance des feuilles après une augmentation de la salinité est due principalement à l'effet osmotique du sel autour des racines. Ces effets provoquent la perte d'eau des cellules foliaires, mais cette perte de volume et de turgescence ne dure pas longtemps en raison du mécanisme d'ajustement osmotique, malgré cela, le taux d'allongement et d'élongation de la cellule est réduit. Cette réduction conduit finalement à l'apparition des feuilles de faible surface foliaire mais plus épais.

A l'échelle de quelques minutes, de la perception du signal de stress la plante peut réduire sa transpiration en fermant ses stomates (pores microscopiques, environ 10 000 par cm² de feuille). La réduction de transpiration améliore l'état hydrique des tissus car les racines continuent à absorber l'eau alors que la transpiration est réduite. La signalétique du contrôle stomatique fait intervenir des messages de type chimique qui transitent entre les racines et les feuilles par la sève xylémienne, en particulier le pH de la sève (Wilkinson et Davies, 1997) et la concentration d'une hormone végétale, l'acide abscissique, synthétisée par les organes en dessèchement (Davies, 1991 ; Tardieu et Davies 1993). Des plantes transformées qui synthétisent plus de cette hormone gardent un état hydrique plus favorable et survivent plus longtemps au stress (Iuchi *et al.*, 2001 ; Borel *et al.*, 2001). Une conséquence importante de ce mécanisme est que la plante réduit sa transpiration avant d'être en "stress" cellulaire.

Plus tard, la plante ajuste sa transpiration via des réductions de la surface foliaire, avec une variabilité génétique importante de ces réductions. La surface foliaire est un déterminisme important de la transpiration. Une des premières réactions des plantes au déficit hydrique causé par la salinité est de réduire la surface foliaire au travers des différents mécanismes. (Zhang *et al.*, 1999 ; Reymond *et al.*, 2003).

II.5. Biomasse fraîche :

II.5.1. Biomasse fraîche de feuilles :

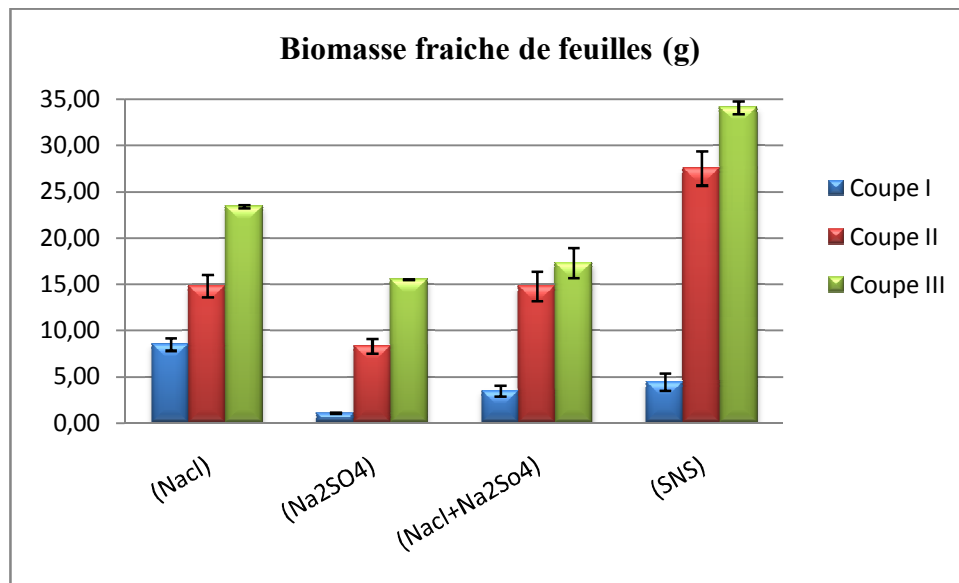


Figure 24 : Biomasse fraîche de feuilles (g).

La biomasse fraîche des feuilles a été pesée au moment des trois coupes à l'aide d'une balance, et nous a permis d'avoir les résultats enregistrés dans la figure 23.

Nous remarquons que les plantules de haricot irriguées avec la solution nutritive standard (T4) enregistrent une croissance alternative de la biomasse fraîche des feuilles. Elle passe de 4,40g à 27,50g jusqu'à obtenir 34,07g.

A une durée de stress faible, nous distinguons qu'en présence des chlorures de sodium dans le traitement T1, la biomasse fraîche des plants révélée est égale à 8,47g. Cependant les plants irrigués avec les traitements T2 et T3 présentent une biomasse fraîche des feuilles de l'ordre de 1,05g et 3,44g respectivement.

A une durée de stress modérée, nous remarquons que les plantules irriguées avec les traitements T1 et T3 présentent une biomasse fraîche des feuilles quasiment similaires de l'ordre de 14,78g et 14,76g respectivement. Alors que les plants irrigués avec le traitement T2, présentent une biomasse fraîche égale à 8,27 g.

A une durée de stress sévère, nous constatons que les plantules irriguées avec le traitement T1 révèlent une biomasse fraîche de l'ordre de 23,36g. Tandis que les plants irrigués avec les traitements T2 et T3 enregistrent les valeurs suivantes respectivement, 15,49g et 17,28g.

Les résultats obtenus montrent que, la biomasse fraîche des feuilles des plantules de haricot varie selon le type de la solution d'irrigation. Ils révèlent une augmentation significative de la biomasse fraîche au niveau des plants irrigués avec la solution nutritive (T4). Cependant ils présentent une faible croissance de la biomasse fraîche des feuilles des plants irrigués avec les traitements salins (T1, T2, T3), ceci peut être expliqué par l'effet de salinité.

Ces résultats sont en accord avec les résultats de Rahman et *al.*,(2008), qui ont montré que la présence de sel affecte négativement la production de la biomasse fraîche des plans.

L'accumulation de fortes concentrations de Na^+ ou Cl^- dans les feuilles aboutit généralement à la formation de lésions de type brûlure des feuilles (Silini, 2013).

Selon Khadri et *al.*,(2001), la salinité réduit la croissance des plantes de *Phaseolus vulgaris*, cependant Benmahiou et *al.*,(2009) ajoutent que, les feuilles sont les tissus les plus sensibles de la plante à la salinité.

II.5.2. Biomasse fraîche des tiges :

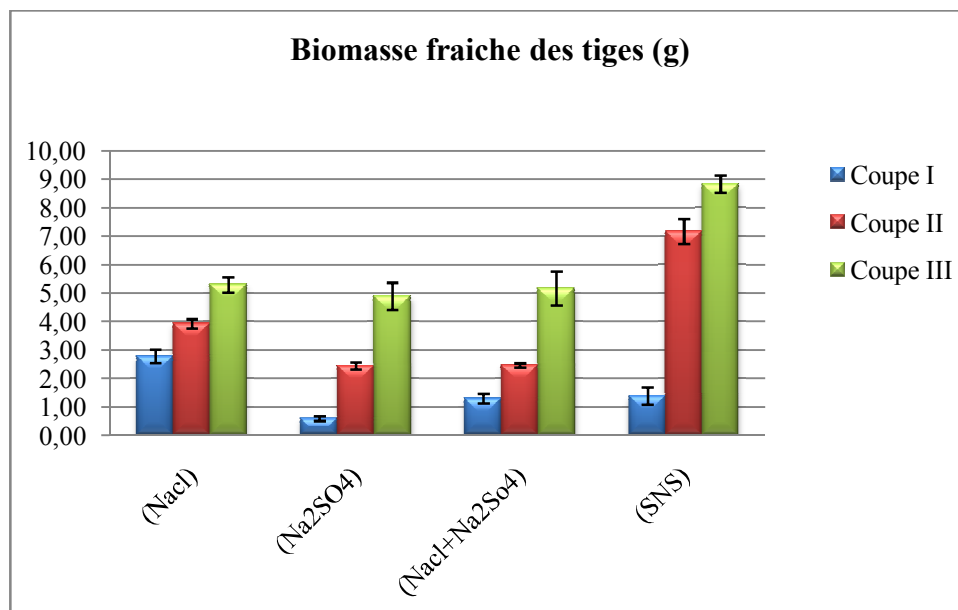


Figure 25 : Biomasse fraîche des tiges (g)

La biomasse fraîche des tiges a été pesée au moment des trois coupes à l'aide d'une balance, et nous a permis d'avoir les résultats enregistrés dans la figure 24.

Nous remarquons que les plantules de haricot irriguées avec la solution nutritive standard (T4) ont enregistré une croissance périodique de la biomasse fraîche des tiges. Elle passe de 1,39g à 7,16g jusqu'à obtenir 8,83g.

A une durée de stress faible, nous distinguons que l'irrigation avec le traitement T1 a révélée une biomasse fraîche des tiges de l'ordre de 2,78g. Cependant les plants irrigués avec les traitements T2 et T3 ont présenté des biomasses fraîches des feuilles égales à 0,59g et 1,30g respectivement.

A une durée de stress modérée, nous remarquons que les plantules de haricot irriguées avec le traitement T1 révèlent une biomasse fraîche des tiges de l'ordre de 3,92g. Alors que les plants irrigués avec les traitements T2 et T3 ont enregistré des biomasses fraîches quasiment similaires de l'ordre de 2,44g et 2,46g respectivement.

A une durée de stress sévère, nous constatons que les plantules irriguées avec les trois traitements salins T1, T2, T3 révèlent des valeurs de biomasse fraîche des tiges approximativement semblables de l'ordre de 5,29g, 4,89g et 5,17g respectivement. Les résultats obtenus montrent que, la biomasse fraîche des tiges des plantules de haricot se diffère selon le type de la solution d'irrigation. Ils présentent la biomasse fraîche des tiges la plus élevée, au niveau des plants irrigués avec la solution nutritive standard (T4). Tandis qu'ils révèlent une biomasse fraîche faible au niveau des plantules irriguées avec les traitements salins.

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

II.5.3. Biomasse fraîche des racines :

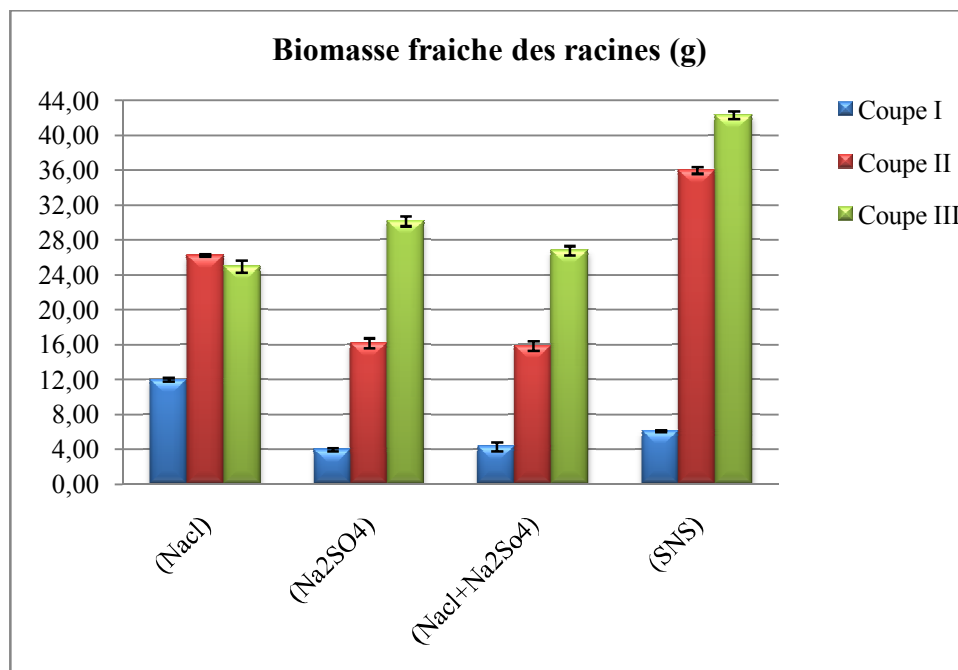


Figure 26 : Biomasse fraîche des racines (g).

La biomasse fraîche des racines a été pesé au moment des trois coupes à l'aide d'une balance, et nous a permis d'avoir les résultats enregistrés dans la figure 25.

Nous remarquons que l'irrigation des plantules de haricot avec la solution nutritive standard (T4) nous a permis d'enregistrer un accroissement périodique de la biomasse fraîche des racines. Il passe de 6,10g à 35,97g jusqu'à obtenir 42,32.

A une durée de stress faible, nous distinguons que l'irrigation avec le traitement T1 a révélé une biomasse fraîche des racines de l'ordre de 11,98g. Cependant les plants irrigués avec les traitements T2 et T3 présentent des biomasses fraîches des racines égales à 3,95g et 4,30g respectivement.

A une durée de stress modérée, nous remarquons que les plants irrigués avec le traitement T1 révèlent une biomasse fraîche des racines de l'ordre de 26,22g. Alors que les plants irrigués avec les traitements T2 et T3 ont enregistrés des biomasses fraîches quasiment similaires de l'ordre de 16,18g et 15,87g respectivement.

A une durée de stress sévère, nous constatons que les plantules irriguées avec les traitements T1 et T3 révèlent une biomasse fraîche de l'ordre de 24,95g et 26,78g respectivement. Tandis que les plants irrigués avec les traitements T2 enregistrent une biomasse fraîche égale à 39,14g.

Les résultats obtenus montrent que, la biomasse fraîche des racines des plantules de haricot se diffère selon le type de la solution d'irrigation : solution nutritive standard ou solution saline. Ils présentent la biomasse fraîche la plus élevée au niveau des plants irrigués avec la solution nutritive standard (T4). Tandis qu'ils révèlent une biomasse fraîche faible au niveau des plantules irriguées avec les traitements salins.

Benmahioul *et al.*, (2009) 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.

II.6. Biomasse sèche :

II.6.1. Biomasse sèche des feuilles (g):

Ce paramètre est réalisé après séchage des feuilles dans un étuve à 70°C jusqu'à la stabilité du poids sec de cet organe.

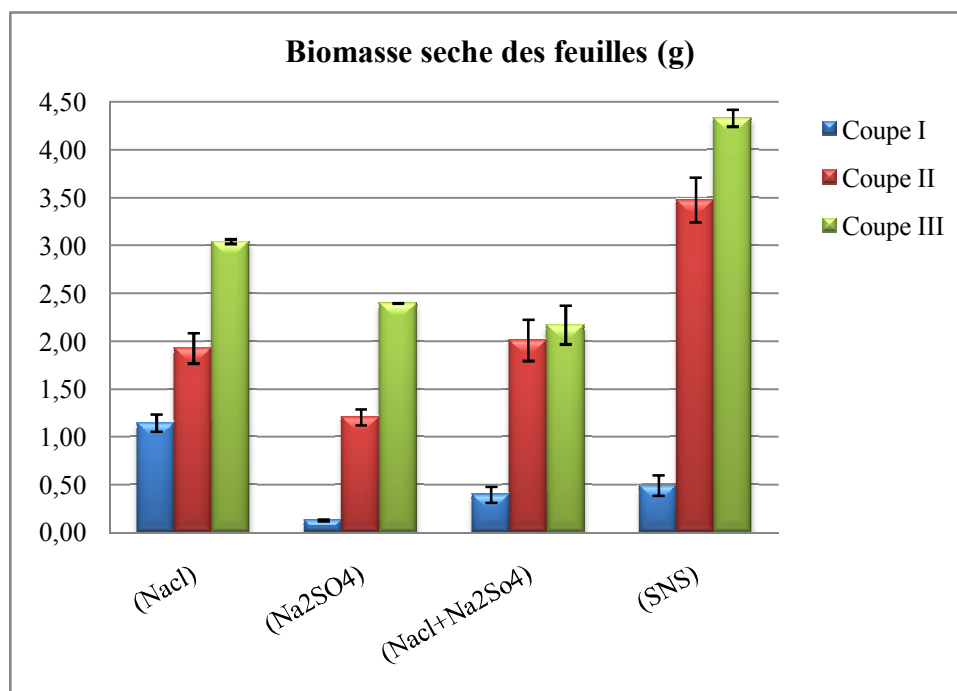


Figure 27 : Biomasse sèche des feuilles (g)

Il est à noter que la solution nutritive standard a enregistré des valeurs supérieures à celle obtenue pour les plantes stressées aux sels (NaCl), (Na₂SO₄) et (NaCl+ Na₂SO₄). Elle passe de 0.50g au 3.48g puis 4.34g.

Ces biomasses sèches très importantes produites par les plantes qui sont alimentées par la solution nutritive standard (SNS) sont due essentiellement à la richesse de cette solution en macros et micro-éléments. Ainsi, la présence d'un potentiel hydrique (pH) favorable facilitant l'absorption de ces derniers par les plantes de haricot dans ce milieu nutritif.

Les résultats révélés par les plantes alimentées par les eaux salines est en augmentation périodique en fonction de la composition de la solution d'irrigation appliquée, nous remarquons qu'en présence de chlorures de sodium les valeurs enregistrés sont supérieurs a celle qui ont été marque en présence de sulfates de sodium ou en présence des deux sels en combinaison. Ceci exprime que les plantes d'haricot semblent plus résistantes au stress.

Nous constatons que la salinité provoque la réduction de la matière sèche, conséquence d'une réduction de croissance des plantes. Selon Zhu (2001), la réduction de croissance de l'appareil végétatif aérien est une capacité adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à un stress abiotique.

A cet 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). Ainsi selon Maillard (2001), les ions de sodium et de chlorures peuvent être adsorbés par les racines et s'accumuler dans les feuilles. Dès lors, ces ions dans les milieux salins naturels (NaCl), (Na₂SO₄) et (NaCl+ Na₂SO₄) peuvent provoquer les brûlures et le jaunissement prématuré des feuilles.

II.6.2. Biomasse sèche des tiges (g) :

Ce paramètre suit le même principe que le poids sec des feuilles. Il y a eu un séchage des tiges dans un étuve à 70°C jusqu'à la stabilité du poids sec de ces organes :

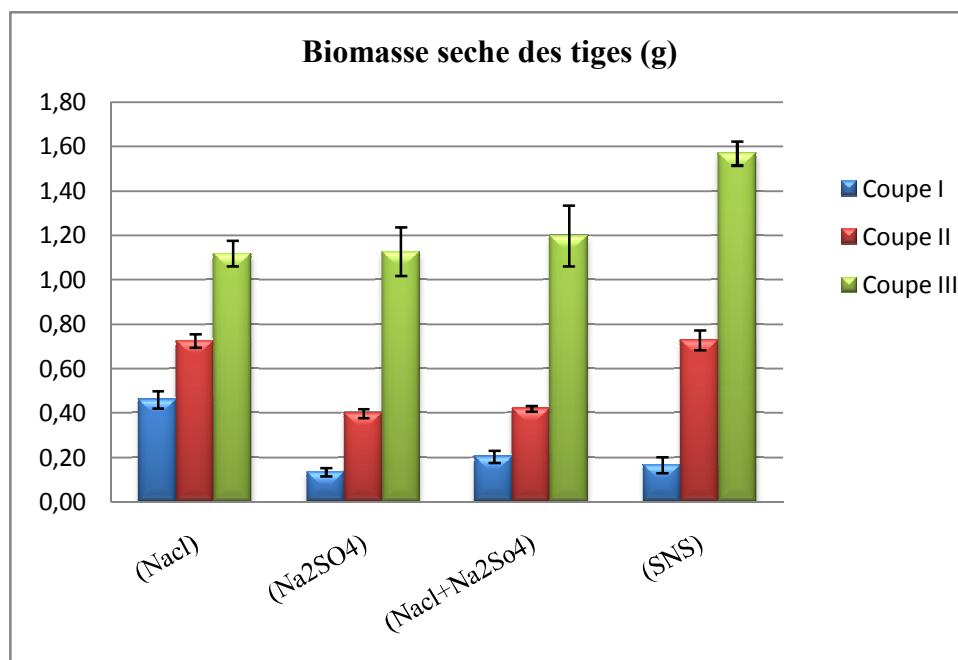


Figure 28 : Biomasse sèche des tiges (g)

Pour ce qui est du poids sec des tiges, les meilleures performances sont enregistrées par les plantes alimentées par la solution nutritive standard avec un poids qui passe de 0.17g à de 0.73g puis 1.57g. Ces résultats indiquent une bonne absorption hydrominérale.

En revanche, les solutions salines ont enregistré des biomasses sèches des tiges les plus faibles. En conditions stressante, modérée et forte, les plantes d'haricot semble plus résistante. Les taux de diminution des poids sec des tiges est de 0.73 à 1.12 g marquée par les

plantes stressé par (NaCl), et de 0.40 à 1.13 g dont l'irrigation a été avec (Na_2SO_4), et de 0.42 à 1.20g pour ($\text{NaCl}+\text{Na}_2\text{SO}_4$). Ainsi on peut noter que le traitement (T2) où le sodium est lié aux sulfates enregistre les plus faibles valeurs. Ceci peut être expliqué par le manque des éléments essentiels à la croissance et la perturbation de la nutrition hydrominérale.

La diminution du poids sec des tiges est attribuée à une diminution du nombre de ramification chez les plantes stressées, ceci a déjà été observé chez la luzerne annuelle (Siakhène, 1984). En raison de la présence des sels en différentes formes (NaCl , Na_2SO_4 , $\text{NaCl}+\text{Na}_2\text{SO}_4$) dans les solutions d'irrigation testées, la conductivité électrique et le potentiel hydrique de ces dernières sera plus élevées, ce qui manifestent un déséquilibre ionique et une mauvaise alimentation hydrominérale des plantes de haricot dans ces milieux ce qui se traduit par une production de biomasse faible.

Hela et *al.*, 2008, confirment que la présence de NaCl dans le milieu, même à faible dose entraîne, après 21 jours de culture, une baisse significative de la matière sèche des plantes, des racines comme des parties aériennes.

II.6.3. Biomasse sèche des racines (g) :

Concernent la biomasse sèche des racines, les valeurs obtenues sont présentées dans la figure suivante :

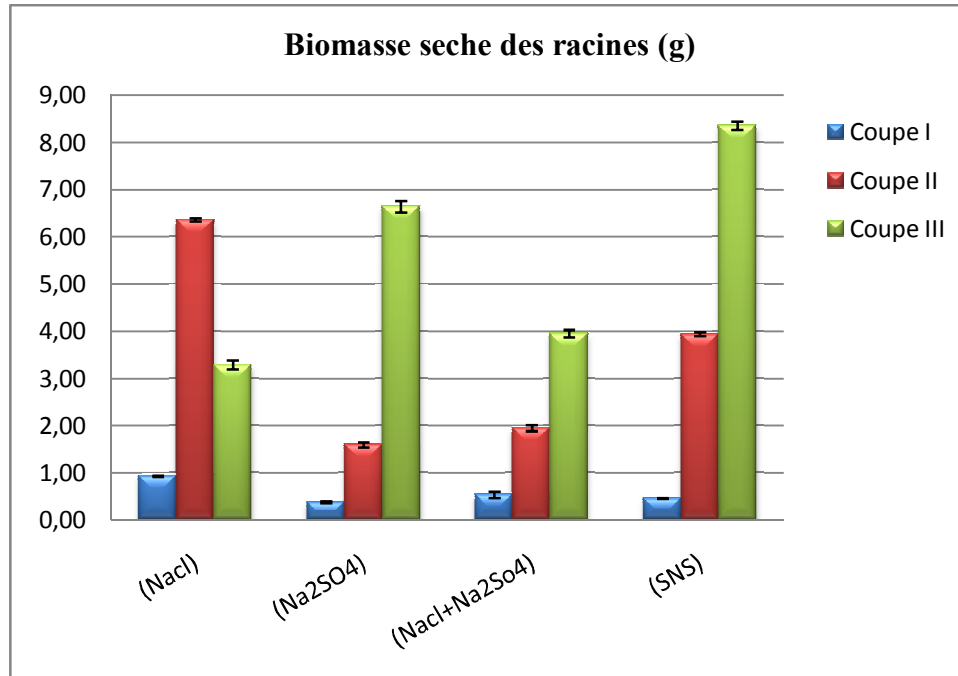


Figure 29 : Biomasse sèche des racines (g)

Les résultats de la figure n° 29 montrent qu'il y a une augmentation notable significative du poids sec des racines de haricot au fur et à mesure de la composition de milieu d'irrigation. Le poids sec se varie de 0.46 g pour les racines des plantes irriguée par la

solution nutritive standard à 3.94 g et 8.36 g respectivement. Ceci peut être expliqué par la meilleure répartition spatiale des racines suite à l'équilibre ionique des milieux et surtout leur richesse en éléments minéraux indispensables à la croissance racinaire et notamment à l'osmolarité du (SNS) la plus faibles.

Il est à noter que les plants alimentés avec des solutions salines enregistrent les valeurs les plus faibles biomasses sèches des racines. La présence de chlorures de sodium et de sulfates de sodium en combinaison ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$) révèle le plus faible poids sec des racines.

En constate que la présence de sel dans le milieu de culture conduit à une diminution de la biomasse sèche des racines, alors que Ben khaled et *al.*, (2003), montrent que le développement du système racinaire est moins sensible par rapport au système aérien.

Selon Blanc (1987), 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.

II.7. Taux de la matière sèche :

II.7.1. Taux de la matière sèche des feuilles :

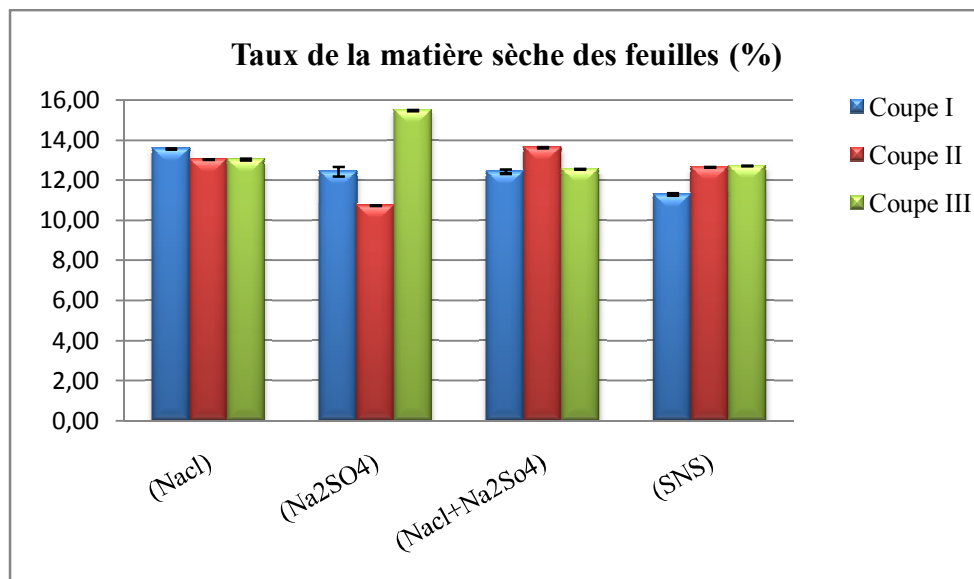


Figure 30 : Taux de la matière sèche des feuilles (%)

Le taux de la matière sèche des feuilles est représenté dans la figure ci-dessus.

Nous remarquons que l'irrigation des plantules de haricot avec la solution nutritive standard (T4) nous a permis d'enregistrer un taux de la matière sèche des feuilles qui passe de 11,29% à 12,65% jusqu'à obtenir 12,72%.

Nous remarquons que l'irrigation des plantules de haricot avec la solution nutritive standard (T4) nous a permis d'enregistrer un taux de la matière sèche des feuilles qui passe de 11,29% à 12,65% jusqu'à obtenir 12,72%.

A une durée de stress faible, nous distinguons que l'irrigation avec le traitement T1 a révélé un taux de la matière sèche des feuilles de l'ordre de 13,57%. Cependant les plants irrigués avec les traitements T2 et T3 présentent un taux identique égal à 12,44%.

A une durée de stress modérée, nous remarquons que les plants irrigués avec les traitements T1 et T3 révèlent un taux égal à 13,03% et 13,64% respectivement. Alors que les plants irrigués avec le traitement T2 ont enregistré un taux égal à 10,74%.

A une durée de stress sévère, nous constatons que les plantules irriguées avec les traitements T1 et T3 révèlent un taux quasiment similaires de l'ordre de 13,04% et 12,57% respectivement. Tandis que les plants irrigués avec les traitements T2 enregistrent un taux égal à 15,49%.

Les résultats obtenus montrent que, le taux de la matière sèche des feuilles des plantules de haricot varie selon le type de la solution d'irrigation : solution nutritive standard ou solution saline. Ils présentent un taux moyen au niveau des plants irrigués avec la solution nutritive standard (T4). Tandis qu'ils révèlent un taux plus ou moins élevé au niveau des plants irrigués avec les traitements salins.

Selon Hopkins (2003), l'eau et les éléments nutritifs sont difficilement absorbés par les plantes stressées, et ceci est causé par la sécheresse physiologique précoce qui est due aux concentrations salines élevées.

Bouزيد (2010), ajoute que la salinité inhibe la croissance des organes de la partie aérienne.

De ce fait, la présence des sels dans la solution d'irrigation provoque une réduction de la production de la matière fraîche, ce qui aboutit à une augmentation de la matière sèche. L'accumulation de fortes concentrations de Na⁺ ou Cl⁻ dans les feuilles aboutit généralement à la formation de lésions de type brûlure des feuilles.

II.7.2. Taux de la matière sèche des tiges :

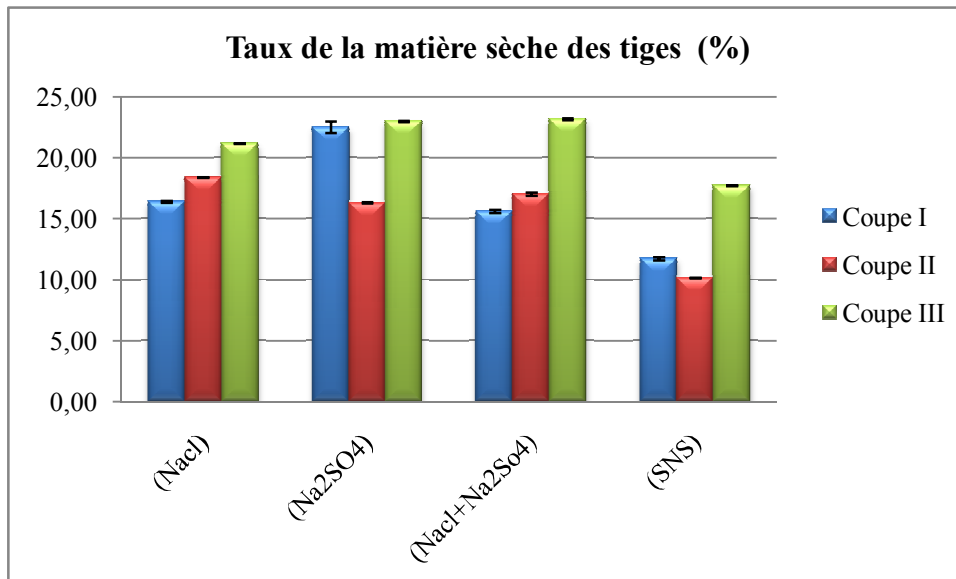


Figure 31 : Taux de la matière sèche des tiges (%).

Le taux de la matière sèche des feuilles est représenté dans la figure ci-dessus.

Nous remarquons que l'irrigation des plantules de haricot avec la solution nutritive standard (T4) nous a permis d'enregistrer un taux de la matière sèche des tiges qui passe de 11,75% à 10,19% jusqu'à obtenir 17,77%.

A une durée de stress faible, nous distinguons que l'irrigation avec les traitements T1 et T3 révèlent un taux de la matière sèche des tiges de l'ordre de 16,44% et 15,66% respectivement. Cependant les plants irrigués avec les traitements T2 présentent un taux égal à 22,55%.

A une durée de stress modérée, nous remarquons que les plants irrigués avec le traitement T1 révèlent un taux égal à 18,45%. Alors que les plants irrigués avec le traitement T2 et T3 ont enregistré des taux de l'ordre de 16,36% et 17,07% respectivement.

A une durée de stress sévère, nous constatons que les plantules irriguées avec le traitement salin T1 révèlent un taux égal à 21,23%. Tandis que les plants irrigués avec les traitements T2 et T3 enregistrent des taux voisins de l'ordre de 23,04% et 23,22%.

Les résultats obtenus montrent que, le taux de la matière sèche des tiges des plantules de haricot est différent en fonction du type de la solution d'irrigation : solution nutritive standard ou solution saline. Ils présentent un taux moyennement élevé au niveau des plants irrigués avec la solution nutritive standard (T4). Tandis qu'ils révèlent un taux élevé au niveau des plants irrigués avec les traitements salins.

II.7.3. Taux de la matière sèche des racines :

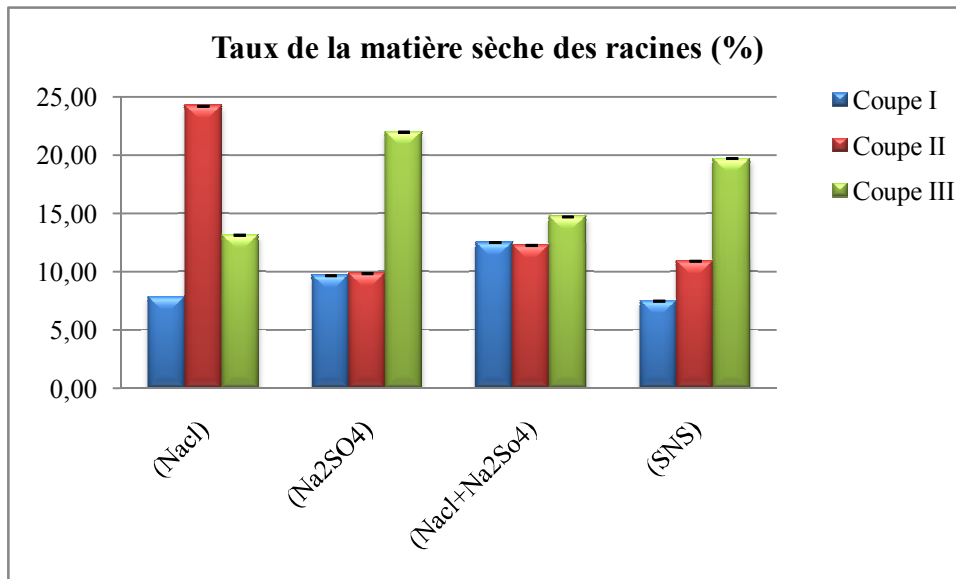


Figure 32 : Taux de la matière sèche des racines (%).

Le taux de la matière sèche des feuilles est représenté dans la figure ci-dessus.

Nous remarquons que l'irrigation des plantules de haricot avec la solution nutritive standard (T4) nous a permis d'enregistrer un taux de la matière sèche des racines qui passe de 7,53% à 10,95% jusqu'à 19,75%.

A une durée de stress faible, nous distinguons que l'irrigation avec les traitements T1 et T2 révèlent un taux de la matière sèche des tiges de l'ordre de 7,84% et 9,70% respectivement. Cependant les plants irrigués avec les traitements T3 présentent un taux égal à 12,55%.

A une durée de stress modérée, nous remarquons que les plants irrigués avec le traitement T1 révèlent un taux égal à 24,28%. Alors que les plants irrigués avec le traitement T2 et T3 ont enregistré des taux de l'ordre de 9,90% et 12,32% respectivement.

A une durée de stress sévère, nous constatons que les plantules irriguées avec les traitements T1 et T3 révèlent des taux de l'ordre de 13,19% et 14,77%. Tandis que les plants irrigués avec le traitement T2 enregistrent un tau égal à 22,04%.

Les résultats obtenus montrent que, le taux de la matière sèche des racines des plantules de haricot est différent en fonction du type de la solution d'irrigation : solution nutritive standard ou solution saline. Ils présentent une augmentation périodique du taux de matière sèche au niveau des plants irrigués avec la solution nutritive standard (T4). Tandis qu'ils révèlent un taux plus ou moins faible au niveau des plants irrigués avec les traitements salins.

Lachaal *et al.*, (1995) et Soltani *et al.*,(1990) ont montré que, la salinité réduit la production de biomasse à travers une limitation de l'absorption du potassium et du calcium et de leur transport.

La première réponse des glycophytes exposées à la salinité est un ralentissement de leur développement avec une croissance racinaire souvent moins affectée que la croissance foliaire (Guerrier, 1996). Cependant Keutgen et Pawelzik (2009) in. Hajlaoui (2015) ajoutent que, l'effet dépressif du sel sur la répartition de matière sèche entre les organes assimilateurs et les organes d'absorption est une réponse générale des glycophytes à la salinité.

La diminution de la croissance racinaire est attribuée au fait qu'une proportion élevée des éléments assimilés transférés aux racines stressées, semble être utilisée dans les processus énergétiques nécessaires à l'ajustement osmotique aux fortes salinités (Bouraoui *et al.*, 1998).

III. Paramètres physiologiques:

III.1.Teneur en chlorophylle (a) dans les feuilles :

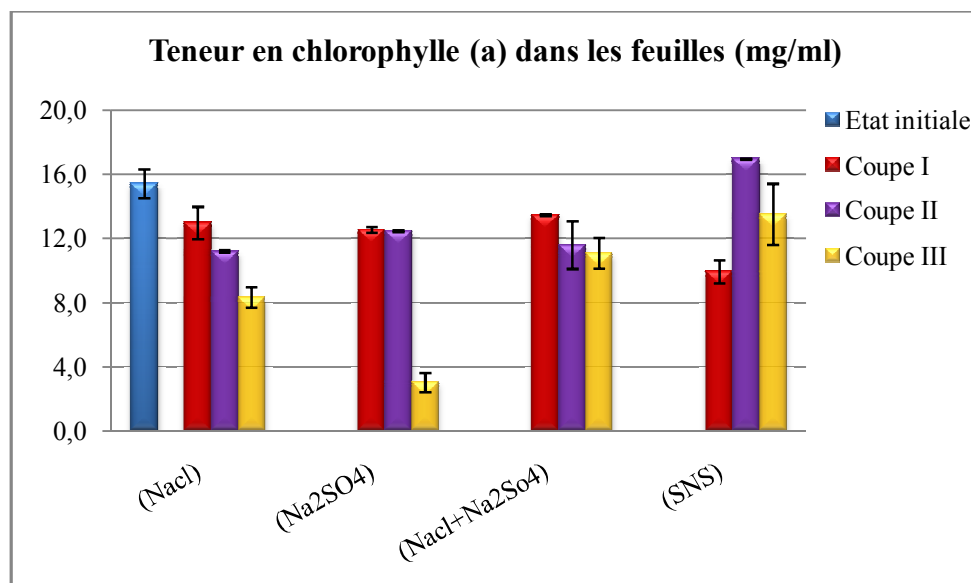


Figure 33 : Teneur en chlorophylle (a) dans les feuilles (mg/ml)

A l'état initial, la teneur en chlorophylle (a) dans les feuilles révèle une quantité de 15.4 mg/ml. Nous remarquons que la teneur en chlorophylle (a) est importante chez les plantes irriguée par la solution nutritive standard; ont des valeurs qui correspondent 9.9, 17, 13.5 (mg/ ml) respectivement, se traduisant aussi par des baisses de 36% et 12% par rapport au témoin pendant la première et la troisième période et une hausse de 10% pour la deuxième période. Les résultats précédents sont supérieurs à celle obtenue pour les plantes stressées aux sels. On constate une diminution périodique de la quantité de fluorescence chlorophyllienne (a).

A une durée de stress faible (35 jours), nous avons remarqués une réaction approximativement similaire des plantules de haricot et cela en fonction de la composition de la solution d'irrigation appliquée. En présence des chlorures de sodium et de sulfates de sodium dans la solution (T1) et (T2) et des deux sels en combinaison (T3), les teneurs en chlorophylle (a) révélés sont de l'ordre 13 et 12.5 et 13.5 mg/ml avec une réduction de 15.5% et de 18.8% et 12% respectivement.

A une durée modéré (45 jours de stress), tous les traitements subissent une diminution de leur teneur des feuille en chlorophylle (a) comparativement au teneur révélé a l'état initial, Les taux de réductions sont de 27% et 27.9% respectivement en présence des chlorures dans les traitements riche en NaCl et NaCl + Na₂SO₄ respectivement.

Lorsque le stress est sévère (60 jours), la teneur en chlorophylle (a) est encore plus affectée. Il est respectivement plus fréquent chez les plantes ayant été développées sur le milieu de culture contenant concentration de Na₂SO₄, elle peut atteindre 3 mg/ml qui correspond a une réduction de 80%.

D'après les travaux de (Agastian et al, 2000 in Abbad, 2011), le taux de chlorophylle (a) dans les feuilles diminue en présence d'un stress salin. Cela est de même pour notre expérimentation.

Cette diminution de la quantité de fluorescence chlorophyllienne (a) est probablement due à la surface foliaire. Ainsi, sa réduction semble être une des causes de la diminution de la teneur en pigments photorécepteurs chez l'haricot. En effet, Cooper et *al.*, (1986) ont précisé que la diminution de la photosynthèse chez les plantes, est liée à la diminution du nombre de stomates mis en jeu et leur degré d'ouverture. Il semble que l'augmentation de la résistance stomatique soit surtout le fait d'une réduction du nombre de stomates sous l'effet de sel (Ownbey et Mahall, 1983 ; Boutelier, 1986)..

Nos résultats concordent avec ceux rapportés par Kingsbury et *al.*, 1984 ; Ball et al., 198., En effet, ces auteurs montrent que la diminution de l'activité photosynthétiques chez des plantes sous stress salin est l'une des causes majeures de la réduction de la croissance et de la productivité végétale.

La diminution de la teneur en chlorophylles sous l'effet d'un stress salin peut être due à une diminution de l'azote au niveau des pigments chlorophylliens. Selon Feigin et al., (1991); Grattan et Grieve, (1994), NaCl a un effet antagoniste sur l'absorption de l'azote (N) qui est une composante essentielle de la structure de la molécule de chlorophylle.

III.2. Teneur en chlorophylle (b) dans les feuilles :

Les résultats relatifs de ce paramètre sont illustrés dans la figure suivante

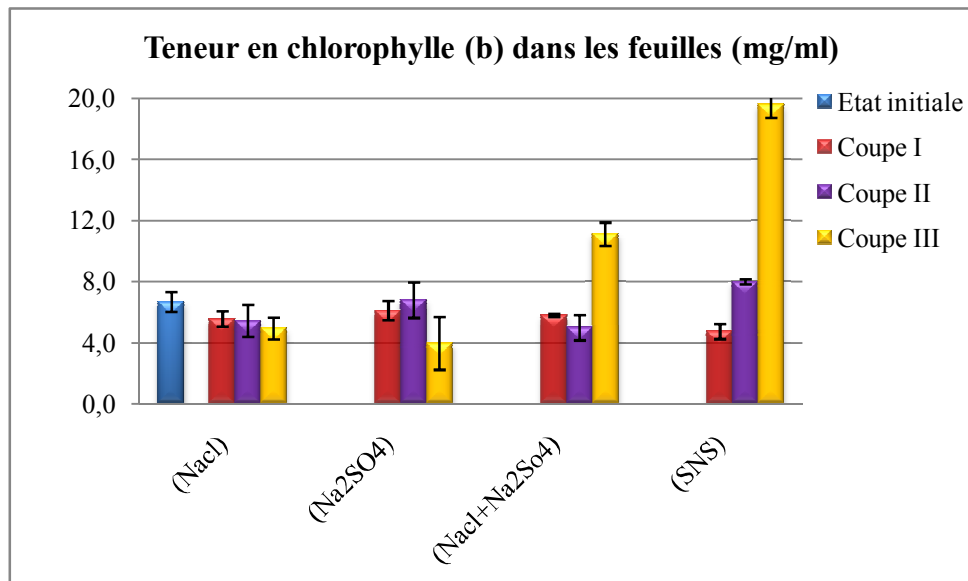


Figure 34 : Teneur en chlorophylle (b) dans les feuilles (mg/ml)

Les plantes d'haricot à l'état initial enregistrent une quantité qui correspond à 6.667 mg/ml de fluorescence chlorophyllienne (b).

Les résultats obtenus montrent que les plantes traitées par la solution nutritive standard synthétisent la quantité de la chlorophylle (b) la plus importante avec des valeurs qui correspondent à 4.721 jusqu'au 7.987 puis 19.596 mg/ml. Ceci peut être expliqué par l'équilibre ionique parfait de ce milieu nutritif, ainsi qu'une richesse en éléments minéraux et plus particulièrement l'azote qui donne au feuillage cette couleur verdâtre signe de la chlorophylle.

En revanche, le traitement salin riche en chlorure de sodium (NaCl) révèle les moyennes les plus faibles en chlorophylle (b). Ceci peut être expliqué par l'oxydation des pigments chlorophylliens en raison du taux et de déséquilibre ionique des milieux nutritifs.

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

D'une façon générale nous avons constaté que la chlorophylle (b) est moins sensible au stress salin que la chlorophylle (a) et (c) et que sa teneur diminue avec l'augmentation de l'intensité du stress salin conformément à ce que nombreux auteurs ont démontré (Kadri et al., 2008).

III.3. Teneur en chlorophylle (c) dans les feuilles :

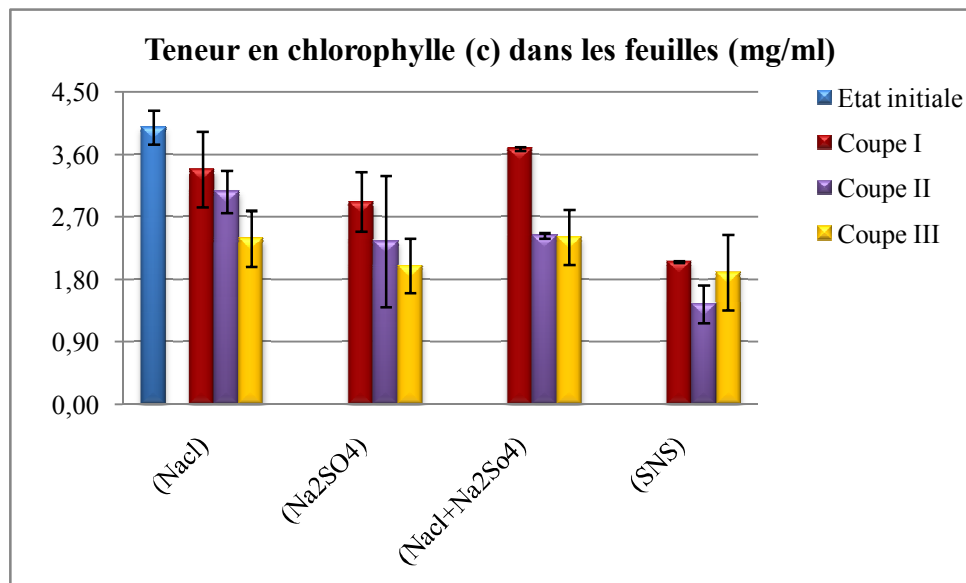


Figure 35 : Teneur en chlorophylle (c) dans les feuilles (mg/ml)

A l'état initial, la teneur des feuilles en chlorophylle (c) synthétisé correspond au 3.991mg/ml. Les résultats enregistré des plantes alimentées par le traitement nutritif standard (T4) est de l'ordre de 2.061 au 1.449 puis 1.907 mg/ml respectivement.

Les plantes alimentées par les eaux salines naturelles (T1, T2 et T3) permet de révéler une diminution périodique des quantités de caroténoïdes, notamment au niveau des plantes alimentées par le traitement (T2) avec une valeur de 2.923 jusqu'au 2.351 puis 2.002 mg/ml respectivement.

En constate que La chlorophylle (c) est la plus sensible à la salinité, les résultats de Nieves et *al.* (1991), ont montré que la forte concentration du chlorure et/ou du sodium réduit la teneur foliaire en chlorophylle. Cette réduction de la teneur des caroténoïdes est due probablement à la diminution de la surface foliaire, et de l'azote au niveau des pigments chlorophylliens.

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

Des études sur l'effet du stress salin à long terme ont montré que la croissance est affectée plus que la photosynthèse. La réduction de la photosynthèse est due en grande partie à la fermeture des stomates et éventuellement la réduction de conductance du parenchyme chlorophyllien provoquées par la perte de turgescence et les signaux racinaires (Orcutt et Nilsen, 2000).

III.4. Teneur en proline dans les feuilles :

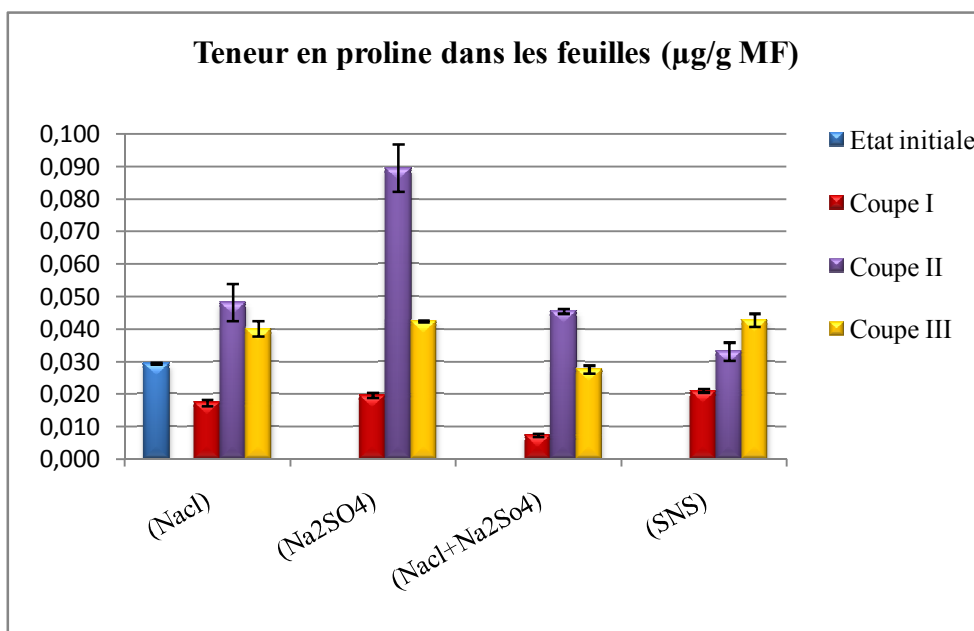


Figure 36 : Teneur en proline dans les feuilles ($\mu\text{g/g MF}$)

La teneur en proline dans les feuilles a été mesurée au moment des trois coupes (figure 35).

Nous remarquons qu'à l'état initial, les plantules de haricot enregistrent une teneur en proline de l'ordre de $0,029 \mu\text{g/g}$ et cela en absence de stress.

L'irrigation avec la solution nutritive standard T4 nous a permis de révéler une augmentation alternative de la teneur en proline dans les feuilles des plantules de haricot. Elle passe de $0,021 \mu\text{g/g}$ avec une baisse de 27,58%, ensuite $0,033 \mu\text{g/g}$ jusqu'à $0,043 \mu\text{g/g}$ avec des hausses de l'ordre de 13,79% et 48,27% respectivement par rapport à l'état initial.

A une durée de stress faible, nous avons distingué une réaction distincte des plantules de haricot par rapport à l'état initial et cela en fonction de la composition de la solution d'irrigation appliquée. Pour les plants irrigués avec les traitements T1 et T2, la teneur des feuilles en proline a été quasiment similaire, de l'ordre de $0,017 \mu\text{g/g}$ et $0,020 \mu\text{g/g}$ avec une baisse de 41,37% et 31,03% respectivement. Cependant les plants irrigués avec le traitement T3 présentent une teneur des feuilles en proline plus faible égal à $0,007 \mu\text{g/g}$ avec une baisse de 75,86%.

A une durée de stress modérée, nous avons remarqué une augmentation de la teneur des feuilles en proline. Les plantules irriguées avec les traitements T1 et T3 ont enregistré des teneurs relativement similaires de l'ordre de $0,048 \mu\text{g/g}$ et $0,046 \mu\text{g/g}$ avec des hausses de 65,51% et 58,62% respectivement. Alors que les plantes irriguées avec le traitement T2 présentent une teneur égal à $0,090 \mu\text{g/g}$ avec une hausse de 210,34%.

A une durée de stress sévère, nous avons constaté que les plantules irriguées avec les traitements T1 et T2 révèlent des teneurs en proline de l'ordre de 0,040 μ g/g et 0,042 μ g/g avec des hausses de 37,93% et 44,82% respectivement. Tandis que les plants irrigués avec le traitement T3 ont présenté une teneur égal à 0,028 μ g/g avec une baisse de 3,44%.

D'après les résultats obtenus, nous remarquons qu'on absence et en faible durée en stress, les plantules ont enregistré une teneur des feuilles en proline faible. Autre, l'irrigation avec de la solution nutritive standard révèle également des faibles taux des feuilles en proline. En revache. Nous avons enregistré une augmentation de l'accumulation des teneurs des feuilles en cet acide aminé en fonction de la durée de stress et le type de sel testé en solution.

Nos résultats sont en accord avec le travail de Denden et *al.*, (2005) qui ont montré que, l'augmentation des teneurs en sel dans la solution d'irrigation provoque une augmentation des teneurs des plants en proline. Cette augmentation des teneurs en sel 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.

IV. Répartition des gousses récoltés et rendement

Après la récolte des gousses, nous avons effectuée des mesures son longueur. Pour ce qui fait une longueur inférieur a 6cm, il est classé dans classe 1. Lorsque la longueur est inférieur a 12cm, il est classé dans la deuxième. Les gousses qui sont caractérisés par une longueur supérieure à 12 cm, sont affectées dans la troisième classe. Le tableau suivant résume la répartition de la longueur de gousses récoltées en fonction des trois classes ainsi le rendement final obtenu.

Tableau 16 : Répartition des gousses récoltés et rendement

	T1	T2	T3	T4
Classe 1 [0-6 cm]	0	0	0	0
Classe 2 [6-12 cm]	18	9,11	22,95	13,94
Classe 3 [> 12cm]	40,69	52,92	70,69	50,51
Rendement (g)	58,69	62,03	93,64	64,45

L'analyse verticale de ce paramètre révèle que les gousses récoltés son classés par ordre croissant de plus en plus on va de la petite catégorie (inférieur a 6cm) vers la catégorie la plus grande (supérieur a 12cm). Autre, l'analyse horizontal de ce tableau, permis de dire que la totalité des gousses récoltés sont supérieur a 6cm de longueur quelque soit le traitement

utilisé. En ce qui concerne la répartition des gousses récolté dans la deuxième classe, nous avons remarqué que l'irrigation par la solution riche en Na_2SO_4 permis d'obtenir des rendements les plus faibles à raison de 9.11g et 52.92g pour la classe 2 et 3 respectivement. Ceci peut expliquer par sa pression osmotique la plus élevée qui a induit à un taux d'avortement encore plus élevé ce qui explique le nombre des gousses récoltées le plus faible. Par contre, la richesse de la solution d'irrigation en NaCl exerce une pression moins importante par rapport à celle induit par le Na_2SO_4 . Ceci traduit par un rendement de 18g et 40.69g pour la classe 2 et 3 respectivement. Il est à signaler que l'irrigation par la solution nutritive standard permis de récolter des gousses qui pèsent 13g et 50.51g pour la classe 2 et 3 respectivement, alors que le rendement le plus élevé (22.95g et 70.69g)est cela enregistré lorsque nous avons pratiqué une irrigation par la solution qui présente les deux sels en fraction ($\text{NaCl}+\text{Na}_2\text{SO}_4$) pour la classe 2 et 3 respectivement.

Conclusion

Conclusion :

La salinité des sols constitue l'une des contraintes majeures qui entravent le comportement et la productivité des différentes espèces végétales, à intérêts différents dans de nombreuses aires de notre pays. L'impact de cette contrainte abiotique se perçoit intensément dans l'expression des espèces à utilisation agricole.

Nous nous sommes intéressés dans le présent travail au comportement de (*Phaseolus vulgaris* L.) au stress salin. L'exposition des plantes de haricot, cultivées en hors sol et en milieu saumâtre est traduite par des perturbations physiologiques et biochimiques très importante. Nous avons relevé à cet effet :

- Une diminution de la hauteur des tiges dans toutes les plantes stressées par les sels par rapport aux plantes qui sont arrosées avec la solution nutritive qui est une capacité adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à un stress abiotique.
- La salinité a eu un effet très marqué sur le nombre de feuilles, la diminution de la surface foliaire se présente comme étant la principale stratégie développée par les plantes pour atténuer les effets de la disponibilité de l'eau dans les conditions de stress salin, cette diminution à un effet bénéfique sur le plan de l'économie en eau mais accélèrent la sénescence et inhibe la photosynthèse.
- Une production faible de la biomasse fraîche et sèche des organes de l'appareil végétatif, dont le système racinaire est moins sensible par rapport au système aérien. Les réductions dans la biomasse de *Phaseolus vulgaris* L. sous des conditions de salinité étaient indicatives des limitations de la croissance.
- La présence des ions nocifs dans la solution d'irrigation provoque une réduction de la production de la matière fraîche et par conséquent une augmentation dans le taux de la matière sèche.
- Les teneurs en chlorophylles (a, b et c) sont des paramètres très sensibles, qui peuvent nous renseigner sur le degré de tolérance de la culture de haricot à la salinité. Les traitements salins naturels ont montré des taux de réduction considérables de la chlorophylle. Par ailleurs, il faut signaler que la teneur en chlorophylle (a et b) est plus sensible à l'effet du stress salin que celle de la chlorophylle (c).
- La présence de stress salin enregistre une forte production de la proline qui est une réponse induite de défense pour ajuster l'osmolarité interne pour éviter une déshydratation rapide des tissus végétaux suivi de la mort des plantes.

Les résultats obtenus montrent que la sensibilité des plantes est due à l'inhibition par le sel de transporter des éléments nutritifs et ou aux effets toxiques des ions accumulés en excès dans les feuilles. Les plantes de haricot arrivent à croître et à se développer en ces conditions de salinité grâce principalement aux mécanismes d'ajustement osmotique.

La résistance au sel apparaît comme un caractère polygénique contrôlé à différents niveaux d'organisation, de la cellule à la plante entière. Les mécanismes de réponse aux stress font intervenir un certain nombre de réactions au sein de ce processus physiologique. Chez les plantes, ces différentes étapes correspondent à la perception et la reconnaissance du stress, la transduction du signal qui en résulte à l'intérieur de la cellule, l'amplification de ce signal, la modification de l'expression de certains gènes et la production des molécules impliquées dans le rétablissement de l'homeostasie cellulaire. La chlorophylle, les molécules d'osmorégulation et les protéines impliquées dans cette cascade de réactions peuvent être considérées comme des marqueurs de la réponse au stress salin.

Enfin, ces résultats seront d'un apport important pour participer à une meilleure conduite de haricot dans les zones semi-arides et arides où la qualité des eaux fournies pour l'irrigation est défavorable. Pour cela, il est souhaitable d'approfondir ces recherches pour les appliquer à grande échelle.

Références Bibliographique :

- Abbad M., 2011 :** Impact des sels nocifs sur le comportement ecophysiologique de la culture de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) variété Saint_pierre cultivée dans un milieu salin naturel. Mémoire de Magister, université de Blida. 136p.
- Agastian. P, Kingsley S.J, Vivekanandan M., 2000:** Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica* 38, 287–290.
- Ahmad G.E., Schmid J., 2002:** "Feasibility study of brackish water desalination in the egyptian deserts and rural regions using PV systems". *Energy Conservation and Management*, 43:2641-2649.
- Al-Wazzan Y., Safar M., Mesri A., 2003:** "Reverse osmosis brine staging treatment of subsurface water". *Desalination*, 155:141-151.
- Amokrane M.S. 2004 :** Etude de la variabilité de la germination sous stress salin chez quelques populations d'espèce de medicago.L, Thèse Ing Agro INA El Harrach.
- Antipolis S., 2003:** Les cahiers du plan bleu 2. Les menaces sur les sols dans les pays méditerranéens Etude bibliographique. 71 P.
- Ashraf, M., et M.R. Foolad. 2007:** Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ. Exp. Bot.* **59:** 206-216.
- Asloum H., 1990 :** Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicon esculentum* L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia- Antipolis : 24- 32.
- Aydin A., Tusan M., sezen Y., 1997:** Effect of sodium salt on growth and nutrient uptake of spinach (*Spinacea oleracea*) and bean (*Phaseolus vulgaris*). Beans (*Phaseolus spp.*) - Model Food Legumes. *Plant and Soil* 252: 55-128.
- Baba Sidi Kaci S., (2010) :** Effet du stress salin sur quelques paramètres phoenologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'*Atriplex* en vue d'une valorisation agronomique. Thèse de Magister, Universite Kasdi Merbah – Ouargla. 133p.
- Badraoui M., Bellouti A., Lahlou M., Charkaoui F.Z., Chouraichi M., 2005 :** Gestion de la salinité des sols et des eaux dans le périmètre irrigué du Tadla. Actes édition, IAV, Rabat, pp 87 -100.
- Baize D., 2004:** Petit lexique de pédologie. INRA, Paris. pp 150-188.

- Balibrea M. E., Cayuela E., Artés F. and Pérez Alfocea F., 1997:** Salinity effects on some postharvest quality factors in a commercial tomato hybrid. *Journal of Horticultural Science*, **72** (6) pp 885-892.
- Ball, J.T., I.E. Woodrow and J.A. Berry. 1987:** A model predicting stomatal conductance and its contribution to the control of photosynthesis under different environmental conditions. In *Progress in Photosynthesis Research*. Vol. 4. Proceedings of the 7th International Congress on Photosynthesis. Eds. J. Biggins. Martins Nijhoff, Dordrecht, The Netherlands, pp 221–224.
- Baron R., 1993:** Primer on the metabolic bone diseases and disorders of mineral metabolism. Anatomy and ultrastructure of bone 3-9.
- Barreto M.M., 1983 :** Etude expérimentale du développement des racines adventives de la tige de *Phaseolus vulgaris* L. Mémoire de D.E.A. Université de Dakar, Sén., 67 p.
- Baudoin J.P., 2001 :** Contribution des ressources phylogénétiques à la sélection variétale de légumineuses alimentaires tropicales. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 5 : Suppl 4, 221-230.
- Bell A., 1994 :**Plantes à fleurs : la morphologie descriptive et dynamique des plantes à fleurs. Edit. Masson, Paris. 340 P.
- Belkhodja, M. et Bidai, Y. 2004 :** La réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de germination. *Sciences et changements planétaires/sécheresse*. Vol.15, n°4, pp. 331-335.
- Ben Khaled L., Morte Gomez A., Honrubia M., Oihabi A., 2003:** Effet du stress salin sur en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé par le rhizobium. *Agronomie* 23, p553-560.
- Benkhalif M., Arbaoui M., Belkhodja M., 1999:** Effets combinés de la salinité et de la bentonite sur la densité racinaire d'une culture de tomate cultivée sur un substrat sableux. Séminaire National sur la Salinisation des terres Agricoles en Algérie, Chlef: 101- 108.
- Benmahioul B., Daguin F., Et Kaid-Harche M., 2009 :** Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistachier (*Pistacia vera* L.).*C. R. Biologies*, 332 :164- 170.
- Benmazhar M., 2012:** Etude de l'effet du fumier de bovin sur les propriétés physico-chimiques, la fertilité et dans la réduction de la salinité des sols sableux irrigués avec des eaux salines. Mémoire de Master, Université Cadi Ayyad Marrakech. 108p.
- Benton Jones Jr., 2005:** Hydroponics : A practical guide for the the soilless grower.2 nd ed. Ed CRC Press New York. 349p

- Bertrand A., Francic J., Provost D., Lalande R., 2004:** Agriculture et Agroalimentaire. Canada. 23-40p.
- Bidai Y., 2001:** Le métabolisme de la praline chez l'*Atriplex halimus* L. stressée à la salinité. Mémoire de magister en physiologie végétale, Université Es-Senia, Oran : 69-71.
- Binnzel M.L., Bressan R., Hasegawa P .M., and Hess F.D., 1988:** Intracellular compartmentation of ions in salt adapted tobacco cells- plant physiol.86, pp.607-614.
- Blanc D., 1987 :** Les cultures hors sol, 2^{ème}, Ed. INRA, Paris. 409p
- Bohnert H.J. & Shen B. 1999 :** Transformation and compatible solutes. Scientia Horticulturae 78: 237-260.
- Bohnert, H.J. et R.G. Jensen 1996:** Strategies for engineering waterstress tolerance in plants. *Trends in Biotechn.*, 14: 89-97.
- Bois, G. 2005 :** Ecophysiologie de semis de conifères ectomycorhizés en milieu salin et soclique. Thèse de doctorat. 187p.
- Borel C., Frey A., Marion-Poll A., Tardieu F., Simonneau T., 2001:** Does engineering ABA synthesis in *N. plumbaginifolia* modify stomatal response to drought ? *Plant, Cell and Environment*, 24, 477-489.
- Bouaouina S., Zid E. Hadji M., 2000:** Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.). CIHEAM, Options Méditerranéennes Série A (40) : 239-243.
- Bouchikhi Tani Z., 2006 :** Bio-efficacité de la substance des feuilles de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* sur les différents états et stades de développement de la bruche du haricot. Mémoire. mag. En bio. eco ani univ. Tlemcen, 74p.
- Bouchoukh I., 2010 :** Comportement écophysiologique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin .p 16- 29- 6 -35 .
- Bouraoui N, Grignon C, Zid E. 1998:** Effet de NaCl sur la croissance et la respiration racinaire du triticales (X-Triticosecale Wittmack). *Cahiers Agricul.*, 5: 372-376.
- Boutelier E.,1986 :** Effet du NaCl sur la physiologie du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.). Son rôle dans l'acquisition de la résistance à la sécheresse.Thèse de Doc.Univ. Paris 6,142 p
- Bouزيد S., 2010 :**Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysiologique de deux variétés de plantes de l'espèce *Phaseolus vulgaris*L,
Thèse magistère Biologie Végétale. Université Mentouri Constantine. 178p.

- Bray, E. A., Bailey-Serres, J., and Weretilnyk, E. 2000:** Response to abiotic stresses. In: Biochemistry & Molecular Biology of Plants (ed Buchanan, B., Gruissem, W., and Jones, R.), pp. 1158-1203, American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD, USA.
- Bray E.A., Bailey, Serres J. and Weretilyk E., 2000:** Molecular mechanisms of potassium and sodium uptake in plants. *Plant Soil* 247: 43-54.
- Calu, G. 2006 :** Effet du stress salin sur les plantes. Comparaison entre deux plantes modèles : *Arabidopsis thaliana* et *Thellungiella halophila*. Master 1, Recherche biotechnologie : du gène à la molécule SpectroSciences, article 23, Pp 1-14.
- Calvet R., 2003:** Le sol, propriété et fonction, phénomènes physiques et chimiques. Tome 2. Ed.France. Agricole, 511 P.
- Chandrashekar K.R. and Sandhyarani, S. 1996:** Salinity induced chemical changes in *Crotalaria striata* DC. plants. *Indian J. Plant Physiol.* 1: 44-48
- Chaux C., et Foury C., 1994 :** Production légumière: Légumes fruits, Tome 3, Ed Tec et Doc, Lavoisier, Paris, P 562-563.
- Chaux C.L. et Foury C.L., 1994.** Production légumière, tome III, légumineuse potagères , légumes fruits. Edition Lavoisier, Paris. 854p.
- Cheikh M'hamed H., Abdellaoui R., Kadri K., Ben Naceur1 M., Bel Hadj S., 2008 :** Evaluation de la Tolerance au Stress Salin de Quelques Accessions D'orge (*Hordium Vulgare* L.) Cultivees En Tunisie: Approche Physiologique Sciences et Technologie ., 28. Pp.30 -37.
- Chretien D., Guillot-salomon T., Bahl J., Cantrel C et Dubacq J.-P. 1991 :** Lipid and protein changes in jojoba callus under salt stress, *Physiologia Plantarum*, vol. 86, no3, pp. 372-380.
- Coic, Y., et Lesaint, C., 1975 :**“La nutrition minérale en eau des plantes en horticulture avancée”, Document technique S.C.P.A, n°23, Versailles, 21p.
- Cooper K.E., Tang JM., Rae JL., Eisenberg R., 1986:** A cation channel in frog lens epithelial response to pressure and calcium. *J. Membr. Biol.*, 93, pp. 259–269.
- Daoud Y., Halitim A., 1994 :** Irrigation et salinisation au Sahara Algérien. *Sécheresse*, 3(5) : pp151-160.
- Davies W.J., Zhang J., 1991 :** Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology*, 42, 55-76.
- Davies WJ, Tardieu F, Trejo C., 1994 :** How do chemical signals work in plant that grow in dryng soil ? *Plant Physiol* ; 104: 309-14.

- Debez A, Chaibi W Et Bouzid S., 2001.** Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'*Atriplex halimus* L. *Agriculture.Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones/Agricultures.* 2 (10) : 8-135.-138
- Dekhinat S., Bensaid R., Bensid Z., Koreib F., Mouna Y., 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.
- Delgado M.J., Garrido J.M., Ligerio F and Lluch C., 1993:** Nitrogene fixation and carbon metabolism by nodules and bacteroids of pea plants under sodium chloride stress *Physiol. Plant:* 89 : p 824-829.
- Denden M., Bettaieb T., Sahli A., Mathlouthi M. 2005:** Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales. *Tropicultura.* Vol. 23 N°4, pp220-226.
- Dreier, W. et Goring, M.; 1974 :** Deir einfluss hoher salzkon zentratimen auf verschieden physiologische parameter von maiwuzeen. *Win .Z. derH.U. Berlin Nath. Naurrwiss R.,* 23: 641-644.
- Douaoui, A. et Hartani, T. 2008 :** Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chellif. *Scientific commons.* Vol. 2, no3, p. 9
- Duchaufour (Ph.), 1988. :** Pédologie. Masson éd., 224 p.
- Duchaufour P., 2001 :** Introduction à la science du sol. Ed Dunod Paris p 331.
- Dupont F., Guignard J.L., 1989.** Haricot nain (Bulletin des variétés). Edit. Masson. Collection : Abrégés pharma. Paris. 510P.
- Duthil D., 1973 :** Eléments d'écologie et d'agronomie, tome 3, exploitation et amélioration du milieu, emploi des facteurs de la production végétale. Ed. J. B. Baillière, Paris, 392p.
- El-Kady M., El-Shibini F., (2001)** "Desalination in Egypt and the future application in supplementary irrigation". *Desalination,* 136:63-72.
- F.A.O., 2008:** Annuaire statistique de la FAO. Service des terres et nutrition des plantes
- F.A.O., 2005:** Utilisation des [engrais](#) par culture en Algérie. FAO Rome,61 p.
- F.A.O., 2012 :** **Organisme de statistique de l'organisation des nations unies de l'alimentation et de l'agriculture** **FAO stat.**
- Feigin, A.; Ravina, I.; Shalhevet, J., 1991:** Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection. Berlin: Springer-Verlag. 224p.
- Fernandez R., 1994 :** Culture hydroponique, *Envio,* revue de l'université centraméricaine de Managua, Nicaragua. 07p.
- Fevrau J., 1987 :** Culture en containers. *Revue horticole.*33. pp17-19

- Gallas A. et Bennfort H., 1992.** Amélioration des espèces végétales cultivées, objectifs et critères de la sélection – Paris. Ed : INRA. PP 75-142.
- Gama P. B. S., Inanaga S., Tanaka K., Nakazawa R. 2007:** Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to salinity stress. African Journal of Biotechnology Vol. 6 (2), pp. 079-088.
- Gepts P., and Debouck D., 1991:** Origin, domestication and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In Common bean : Research for crop improvement. A Van Shoonhoven & O voysest p7-53 Eds. C. A. B International, Wallingford, UK and CIAT, Cali, Colombia.
- Gepts P., 1990:** Biochemical evidence bearing on the domestication of *Phaseolus* (Fabaceae) beans. Econ. Bot. 44 (suppl.): 38-38.
- Ghodbène, N. (2006)** Etude comparative de quelques paramètres morpho- physio agronomiques chez quelques variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.) cultivées en condition de salinité. Mémoire d'ingénieur en biologie végétale. 109p.
- Gibault G., 1896 :** Etude historique sur le haricot commun (*Phaseolus vulgaris*). Journal de la société nationale d'horticulture de France, PP 659-673.
- Girard P., Prost J., Bassereau P., 2005:** Passive or Active Fluctuations in Membranes Containing Proteins Phys. Rev. Lett. 94, 088102: 60-64.
- Goust J. et Seignobos F., 1998.** Le haricot. Edit. Arles : Actes Sud, Paris .92p.
- Grattan, S.R. and C.M. Grieve. 1993:** Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments . In (M. Pessarakli, editor). Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Deker, New York, Basel, Hong Kong pp. 203-226.
- Greenway H. & Munns R., 1980:** Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 31, 149-190.
- Guerrier G., 1996:** Fluxes of Na⁺, K⁺ and Cl⁻ , and osmotic adjustment in *Lycopersicon pimpinellifolium* and *L. esculentum* during short and long-term exposure to NaCl. *Plant Physiol.*, 97, 583-591.
- Guezzoun O., 2009 :** Contribution à l'étude spatiale du phénomène de la remontée de la nappe phréatique : problème posé et conséquences sur l'écosystème oasien à Touggourt. Memo. Inge. Bio. Uni. Ouargla. 108 p
- Guignard J.L., 1998:** Botanique, Ed. Masson, 159p.
- Habib, K.E., Gold, P.W. et Chrousos, G.P. 2001:** Neuroendocrinology of stress. *Endocrinol Metab Clin North Am.* Vol 30, pp. 695-728.

Halitim A., 1988: Sols des régions arides d'Algérie .office de publication universitaire. 384p

Halitim A., 1988: Sols des régions arides d'Algérie. Office de Publications Universitaires, Alger: 39- 40.

Hamdy A., 1999: Saline irrigation and management for a sustainable use. In: Advanced Short Course on Saline Irrigation Proceeding, Agadir: 152- 227.

Hamidi Y., 2013. Contribution à l'amélioration de la concentration et du potentiel hydrogène d'une eau saline sur la croissance du haricot en hydroponie. Mémoire. Master. En biotechnologie végétale. Blida

Hamza. M., (1980) : Réponses des végétaux à la salinité. Revue Pyhsio. Végétale, Ed. Gauthier villars, Vol 18 : 69-81.

Hartani T., Douaoui A., Kuper M., Hassani F., 2008 : Stratégies de gestion individuelle de la salinité dans les périmètres irrigués de bas du Chélif cas de périmètre de Ouarizane. Actes de troisième atelier du projet du sirma, Nabeul, Tunisie. 12p.

Hasegawa P.M., Bressan ., R.A., Zhu, J.-K. and Bohnert, H.J., 2000- Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 51,463-499.

Hayashi H., Murata N., 1998: Genetically engineered enhancement of salt tolerance in higher plants. In: Sato Murata N, (Ed.), Stress Response of Photosynthetic Organisms: Molecular Mechanisms and Molecular Regulation. Elsevier, Amsterdam: 133-148.

Hela B. A., Manaa A., Zid E., 2008 : Tolérance à la salinité d'une Poaceae à cycle court : la séttaire (*Setaria verticillata*L.) ; compte rendus biologies 331. Pp 164- 170.

Heller R., 1977 : Abrégé de physiologie végétale. Tome 1, nutrition et métabolisme, Ed. MASSON et CIE, Paris. 238 p

Hillel, D. 2005. Salinity, p. 435-442. *In* D. Hillel, C. Rosenzweig, D. Powlson, K. Scow, M. Singer, D. Sparks (ed.), Encyclopedia of soil in the environment.Vol03. Columbia University, USA

Hopkins G. 2003 : Physiologie végétale (Université des sciences et technologie de Lille), révision scientifique de Charle Marie Evrard (Université catholique de Louvain) p :459 - 463.

Hopkins W.G., 2003. Physiologie végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruscelles:476p.

Hopkins, W., 2003 : « Physiologie végétale », 2eme édition, Ed de boeck et Larcier s.a, Bruxelles, 514P

- Hoque MA Okuma E, Banu MNA, Nakamura Y, Shimoishi Y, Murata Y., 2007:**Exogenous proline mitigates the detrimental effects of salt stress more than the betaine by increasing antioxidant enzyme activities . J Plant Physiol 164:553- 561.
- Hubert P., 1978-**Recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar Antananarivo, BDPA.
- Igarashi, Y., Yoshiba, Y., Takeshita, T., Nomura, S., Otomo, J., Yamaguchi-Shinozaki, K. and Shinozaki, K. 2000:** "Molecular cloning and characterization of a cDNA encoding proline transporter in rice." Plant Cell Physiol. 41(6).
- INSID, 2008 :** Les sols salins en Algérie. Institut National des Sols, Irrigation et drainage. 06p.
- Institut National de Recherche Agronomique, 2000 :** [WWW.inra.fr/ actualités/ Nature/ytomate_act.htm](http://WWW.inra.fr/actualités/Nature/ytomate_act.htm)N# unites (consulté le 11 juin 2004).
- Iptrid. 2006:** Programme International pour la Technologie et la Recherche en Irrigation et Drainage, conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation et stratégie de prévention et réhabilitation.p2, 11.
- IRA 2011 :** Institut des régions arides. Revues des régions arides N°= 25 (1.2011), pp. 3-14.
- ITCMI, 2010 :** Fiches techniques valorisées des cultures maraîchères et Industrielles. La culture du HARICOT. Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles. Alger
- Iuchi S., Kobayashi M., Taji T., Naramoto M., Seki M., Kato T., Tabata S., Kakubari Y., Yamaguchi-Shinozaki K., Shinozaki K. 2001 :** Regulation of drought tolerance by gene manipulation of 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase, a key enzyme in abscisic acid biosynthesis in Arabidopsis. Plant Journal, 27, 325-33.
- Keutgen A.J., Pawelzik, E., 2009:** Impacts of NaCl stress on plant growth and mineral nutrient assimilation in two cultivars of strawberry. Env. Exp. Bot., 65, 170-176.
- Khachani, M., 1981 :** Contribution à l'étude de la réponse du haricot vert à l'inoculation. Mémoire de 3ème cycle en Agronomie, I.A. V., Rabat. Maroc.
- Khadri M., Pliego L. Soussi M., Lluch C., Ocana A. 2001 :** Ammonium assimilation and ureide metabolism in common bean (*Phaseolus vulgaris*) nodules under salt stress. Agronomy. 21, 635-643.
- Kingsbury R.W., Epstein F., and Percy R.W. 1984:** Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. Plant Physiologie. 74.417-423.
- Knight H., 2000:** Calcium signalling abiotic stress in plants..Int.Rev.Cytol.195, 269-325.
- Kolef 1974.** Culture maraichères. Fam. Légumineuses, Haricot. Alger. 71: 15p.

- Laborde H.M., Franca K.B., Neff H., Lima A.M.N., 2001:** "Optimisation strategy for a small-scale reverse osmosis water desalination system based on solar energy", *Desalination*, 133:1-12.
- Lachaal M., C. Abdelly, A. Soltani, M. Hajji & C. Grignon, 1995:** Réponse physiologique de quelques légumineuses spontanées et cultivées à la contrainte saline. *Colloques INRA*, 77, 93-109
- Lacharme M., 2001 :** La mise en place des cultures, variétés, dates de semis, mode de semis (semis direct et pépinière-repiquage). Direction de la Recherche Formation vulgarisation, 25p.
- Lachiheb K., Neffati M., Zid E., 2004:** Aptitudes germinatives de certaines graminées halophytes spontanées de la Tunisie méridionale. *Options Méditerranéennes*. 62: 89-93.
- Laumonier R., 1979 :** Cultures légumières et maraîchères, Tome III, Ed. J.B. Baillière. 1276p.
- Leclerc J.C., 1999 –** Ecophysiologie végétale – publications univ. Saint Etienne p 188-235
- Lee R.W., Glater J., Cohen Y., Martin C., Kovac K., Milobar M.N., Bartel D.W., 2003:** "Low pressure RO membrane desalination of agricultural drainage water". *Desalination*, 155:109-120.
- Le Houerou H N., 1986:** Salt-tolerant plants of economic value in the Mediterranean basin. *Reclamation and Vegetation Research*. Vol. 5: 319- 341.
- Lekama. A. A., Tomini. A., 2006 :** IPTRID : conférence électronique sur la salinisation « extension de la salinisation et stratégie de prévention et réhabilitation ». Paris. Pp 2-11.
- Lemzeri H., 2006 :** Réponses écophysiologiques de trois espèces forestières du genre *Acacia*, *Eucalyptus* et *Schinus* (*A. cyanophylla*, *E. gomphocephala* et *S. mölle*) soumises à un stress salin. Mémoire de magistère, Université de Mentouri Constantine, 180 p + annexe.
- Le Quilic, S. et al. 2002 :** Gestion des effluents des cultures maraîchères sur substrat. CTIFL. France
- Letard M., Erard P., Jeannequin B., 1995 :** Maitrise de l'irrigation fertilisante : tomate sous serre et abris en sol et hors sol. Ed. ctifl, Paris. 220p.
- Levigneron A, Lopez F, Varisuyt G, Berthomien P et Casse-Delbar T., 1995.** Les plantes face au stress salin. *Cahier d'agriculture*. (4): 263-273.

- Levitt, J. 1980:** Responses of Plant to Environmental Stress Chilling, Freezing and High Temperature Stresses, 2 nd edn. Levitt, J. (ed.). Academic Press, New York, NY.
- Lozer J., Et Mathieu C., 1990 :** Dictionnaire de science du sol. Ed Technique et Documentation – Lavoisier. 384 p.
- Luchi, S., Kobayashi, M., Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K. 2000:** A stress-inducible gene for 9-*cis*-epoxycarotenoid dioxygenase involved in abscisic acid biosynthesis under water stress in drought-tolerant cowpea. *Plant Physiol.* 123, 553–562.
- Maillard J. 2001:** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone aride : Risques et Recommandations. Handicap International. Novembre 2001. 34-35p
- Marlet, S. 2005 :** Gestion de l'eau et salinisation des sols dans les systèmes irrigués Synthèse de l'atelier du PCSI sur : Vers une maîtrise des impacts environnementaux de l'irrigation. CIRAD/AMIS, Montpellier, France, n°40, pp. 12-23.
- Marndr. 2001 :** *Guid kilti mayi.* Pp 16-19.
- Martinez S., Et Morard P., 2000 :** Recyclage des solutions nutritives en culture hors-sol h, Forum Graines de Chercheurs, ENSAT, Toulouse.
- Mermoud, A. 2006 :** Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 23 p.
- Mohouche B et Boulassel A., 1999 :** Contribution à une meilleure maîtrise des pertes en eau d'irrigation et de la salinisation des sols en zones arides. Recherche Agronomique. 15-23. I.N.R.A. Alger
- Mohsen M.S., Al-Jayyousi O.R., 1999:** "Brackish water desalination: an alternative for water supply enhancement in Jordan". *Desalination*, 124:163-174.
- Mohsen M.S., et Jaber J., 2001:** "A photovoltaic-powered system for water desalination". *Desalination*, 138:129-136.
- Monneveux, Ph. & 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.
- Monney Y., Pigeon M. et Thibault J., 1999.** Produits phytosanitaires autorisés à la vente : cultures légumières et fraisier. Edit. NRA. Paris. 330p.
- Morard P., 1995 :** Les cultures végétales en hors sol h, Pub. Agris, Paris, 301p.
- Morel Ph., Poncet L., Rivière L.M., 2000 :** Les supports de culture horticoles. INRA Editions. 87p.

- Munns R., 2002.** Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.* 25:239–250.
- Munns R., 1993 :** Physiological processes limiting plant growth in saline soils : some dogmas and hypotheses, *Plant Cell and Environnement* 16, pp15-24.
- Munns R., Husain S., Rivelli A.R., James R.A., Condon A.G.T, Lindsay M. P., Lagudah E.S., Schachtman D.P., Hare R. A. 2002:** Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. *Plant and Soil* 247: 93–105.
- Munns, R. 2009.** Strategies for Crop improvement in Saline Soils. Chapter 11. *In* M. Ashraf, M. Ozturk, H.R. Athar (ed.), *Salinity and water stress, improving crop efficiency*, Springer Science. Business Media B.V.
- Nanjo T, Fujita M, Seki M, Kato T, Tabata S, Shinozaki K., 2003:**Toxicity of free proline revealed in an Arabidopsis T-DNA tagged mutant deficient in proline dehydrogenase. *Plant Cell Physiol* 44:541–548.
- Nieves M., Riuz D., Cedra A., 1991 :** Influence of rootstock-scion combination in limon trees salt tolerance. *In Proc. Italy : Int. Soc, Acireale*, pp 387-390.
- Niu X., Bressan R.A., Hasegawa P.M. & Pardo J.M. 1995:** Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiology* 109: 735-742.
- Nyabyenda P., 2005.** Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique. Ed. Tec et Doc, les Presses Agronomique de Gembloux. P 38-42.
- Nyabyenda P., 2005.** Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique. Ed. Tec et Doc, les Presses Agronomique de Gembloux. P 38-42.
- Omrani A., 1993:** Evolution spatial de la salinité st du CaCO₃ total et actif de l'horizon de surface dans les sols sales de H'MADNA(Relizane). Thèse Ing ISA de Tiaret.
- Orcutt D.M. & Nilsen E.T. 2000:** *Physiology of plants under stress*. John Wiley & Sons Inc., New York, NY, USA.
- Ownbey R.S., and Mahall B.E., 1983:** Salinity and root conductivity: differential responses of a coastal succulent halophyte, *Salicornia virginica*, and a weedy glycophyte, *Raphanus sativus*. *Physiol Plant.* 57, 189–195.
- Parida A., Das A.B., Das P. 2002 :** NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, *Bruguiera arviflora*, in hydroponic cultures. *Jurnal Plant andBiology.* 45, 28–36.75. Agastian. P, Kingsley.
- Parida A.K., Das A.B. 2005:** Salt tolerance and salinity effect on plants: review. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* Vol.60, pp. 324-349.

- Payakapong W., Tittabutr P., Teaumroong N., Boonkerd N., Singleton PW., Borthakur D., 2006:** Identification of Two Clusters of Genes Involved in Salt Tolerance in *Sinorhizobium* sp. Strain BL3. *Symbiosis* 41: 47-51.
- Peron J.Y., 2006 :** Référence, productions légumières, 2eme édition, Ed. Lavoisier. 613 p.
- Peron J.Y., 2006 :** Production légumières. 2^{ème} édition. Lavoisier. 389p.
- Peron J.Y., 2006 :** Références productions légumières (2^o Éd.). Edit. Librairie GERMER BAILLIERE et CIE, Paris, 650p.
- Pessarakli, M. et Zhou, M. 1990:** Effect of salt stress on nitrogen fixation by different cultivars of green beans. *Journal of plant nutrition*. Vol. 13, no5, pp. 611-629.
- Pessarakli, M., J. T. Huber And T. C. Tucker, 1989:** Dry matter yield, nitrogen absorption and water uptake by sweet eorn under stress. *J. Plant Nutr.* 12, 279-290.
- Phillips R., Rix M. et Goutier J., 1994 :** Légumes. Edit. La Maison Rustique, Paris. 269p.
- Pitrat M. et Foury F., 2003 :** Histoires de légumes, des origines au XXIe siècle. Edit. INRA, Paris. Pp22-28.
- Pitrat M., et Foury C., 2003 :** Histoires des légumes, Ed INRA, Paris. 410p.
- Prevost P., 1999.** Les bases de l'agriculture moderne (2^{ème} Ed.). Edit. TEC et DOC. Paris. 254p.
- Rabhi N. E. H., 2011:** Isolement de *Pseudomonas* spp. Fluorescents d'un sol salé. Effet d'osmoprotecteurs naturels. Thèse de Magister, Université Ferhat Abbas Sétif. 121p
- Rahman M., Soomro U. A., Zahoor U.M., Gul S., 2008 :** Effect of NaCl salinity on wheat cultivars. *World Jour.of agric. Sci.* 4, (3), 398-403.
- Rahmoune C., Ben Naceur M., Cheikh M'hamed H, Maalam S., 2008 :** Les indicateurs précoces de tolérance à la salinité chez les blés durs. Les journées scientifiques du réseau « Biotechnologie végétale » Agrocampus Rennes, France. 215p.
- Ramero-Aranda R, Soria T, et al., 2001:** Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Sci.*, 160 (2): 265-272.
- Rao DLN, Giller K.E., Yeo A.R. and Flowers T.J. 2002:** The effect of salinity and sodicity upon nodulation and nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum*). *Ann. Bot.* 89: 563- 570
- Rao Ssr, Vardhini Bvv, Sujatha E, Anuradha S, 2002:** Brassinosteroids-a new class of phytohormones. *Current Sciences* 82, 1239-45.
- Rasanen L. 2002:** Biotic and abiotic factors influencing the development of N₂-fixing symbioses between rhizobia and the woody legumes *Acacia*. Thèse de doctorat de l'université de Helsinki. Finlan Oldroyd. 80-220p.

- Rejili M., Vadel M A., Neffatp M., 2006:** Comportements germinatifs de deux populations de *Lotus creticus* (L.) en présence du NaCl. Revue des Régions Arides, Vol. 17, N°.1 : 65- 78.
- Renard S., Goffart J.-P. & Frankinet M., 2007.** Optimisation de l'efficacité de l'azote dans des rotations intégrant les cultures de légumes industriels en Hesbaye. Namur : Direction Générale de l'Agriculture, Ministère de la Région Wallonne.
- Rentsch D, Hirner B, Schmelzer E, Frommer WB. 1996:** Salt stress-induced proline transporters and salt stress-repressed broad specificity amino acid permeases identified by suppression of a yeast amino acid permease-targeting mutant. *Plant Cell.* Aug;8(8):1437–1446.
- Reymond M., Muller B., Leonardi A., Charcosset A., Tardieu F. 2003 :** Combining quantitative trait loci analysis and an ecophysiological model to analyse the genetic variability of the responses of leaf growth to temperature and water deficit. *Plant Physiology*, 131, 664-675.
- Rhodes, D., et A.D. Hanson. 1993:** Quaternary ammonium and tertiary sulfonium compounds in higher plants. *Ann. Rev. Plant physiol. Plant Mol. Biol.* 44: 357-384
- Robert M., 1996:** Le sol : interface dans l'environnement ressource pour le développement. Ed. MASSON, Paris. 96 P.
- Romero-Aranda, R., T. Soria and S. Cuartero 2001:** Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Sci.*, 160, 265-272.
- Roeder V. 2006:** Recherche et étude de marqueurs moléculaires de la réponse au stress chez l'algue brune *Laminaria Digitata*. Thèse de doctorat. 1235p.
- Roy, D., N. Basu, A. Bhunia et S.K. Banerjee 1993:** Counteraction of exogenous L-proline with NaCl in salt-sensitive cultivar of rice. *Biol. Plant.*, **35**: 69-72.
- Rush D.W. and Epstein E., 1981:** Comparative studies on sodium, potassium and chloride relations of a wild halophytic and a domestic salt-sensitive tomato species. *Plant Physiol.*, 68:1308-1313.
- Rush D.W Et Epstein E., 1981 :** Breeding and selection for salt-tolerance by incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* (106): 699-704.
- Saxena N. B., 2006:** Aride zone ecology. Ed. ParagatiPrakashan, Meerut. P191.
- Schiffler M., 2004:** "Perspectives and challenges for desalination in the 21st century". *Desalination*, 165:1-9.

Schwartz, C., Muller, J.-C., Decroux, J., 2005, Guide de la fertilisation raisonnée , Éditions France Agricole, 414 p. Cet ouvrage, placé sous l'égide du Comité français d'étude et de développement de la fertilisation raisonnée (COMI-FER), développe les principes de la fertilisation. Il propose des données sur les émissions ainsi qu'une bibliographie correspondante.

Shabala S.N., Shabala A., Martynenko., Babourina., Newman IA., 1998: Salinity effect on bioelectric activity, growth, Na⁺ accumulation and chlorophyll fluorescence of maize leaves; a comparative survey and prospects for screening. Edit. J. Plant Physiol. Vol.25, PP 609-616.

Shainberg I., Sumner M.E., Miller W.P., Farina M.P.W., Pavan M.A., Fey M.V., 1989: Use of gypsum on soils: a review. Advances in Soil Science, 9, 1–111.

Sholto J. D., 1984: Advanced guide to hydroponics. Ed .Polham, London. pp1-25

Siakhène, N; 1984 : effet du stress hydrique sur quelques espèces de luzerne annuelle. Thèse Ing Agr, INA, El Harrach, 90 p.

Sibole JV., Montero E., Cabot Cn., Poschenrieder Ch. and Barcelo J. ,2000: Relationship between carbon partitioning and Na⁺, Cl⁻ and ABA allocation in fruits of salt-stressed bean. Journal of Plant Physiol.157: 637-642.

Silue S., Jacquemin J. et Baudoin J., 2010 : Utilisation des mutations induites pour l'étude de l'embryogenèse chez le haricot *P. vulgaris* L. et deux plantes modèles, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. ET *Zea mays* L. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. PP195-205.

Silini A., 2013 : Effets des molécules osmoprotectrices sur la survie et l'activité d'*Azotobacter* et sur la croissance du blé dur en milieu salin. Thèse de Doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif. 138p.

Skiredj A., 2007 : La culture de haricot filet (vert). Revue horticole Vol 12, n°5, pp36-45 sociologique. Thèse de doctorat. 187p.

Soltani A., M. Hajji & C. Grignon, 1990: Recherches des facteurs limitants la nutrition minérale de l'orge en milieu salé. Agronomie, 10, 857-866.

Soltner D., 1990 -Les bases de la reproduction végétale .Sol, climat, plante Ed.Lavoisier, 464 p.

Takagi, T., C.R. Moore, F. Diehn, and S. Buratowski. 1997: An RNA 58-triphosphatase related to the protein tyrosine phosphatases. Cell 89: 867–873

- Tal M. 1984:** physiological genetics of salt resistances in higher plants: study in the level of whole plant and isolated organs, tissue and cells. in : STAPLES, R.C.; TONNISSEN H.E.(Eds) tolerance in plants. New York : John Wiley and Sons, p 301-320.
- Tanji, K. K. 2004:** Salinity in the soil environment. Chap 2, p 21-51. In A. Läuchli, et U. Lüttig (ed.), Salinity : environment-plants-molecules. Kluwer, Dordrecht. Netherlands.
- Tardieu F., Davies W.J., 1993:** Integration of hydraulic and chemical signalling in the control of stomatal conductance and water status of droughted plants. *Plant, Cell and Environment*, 16, 341-349.
- Thiault J-F., 2004 :** Détail fruits et légumes « la maîtrise de la culture hors sol ». Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, Paris. pp 1-4.
- Tirilly Y., Bourgeois C.M., 1999 :** Technologie des légumes. Edit. La Maison Rustique, Paris 558 p.
- Tremblin G., 2000 :** Comportement auto-écologique de *Halopeplis amplexicaulis*: plante pionnière des sebkhas de l'ouest algérien. *Sécheresse*, 11 (2): 109-116.
- Troll, W., Lindsley, J. 1955.,** A photometric method for the determination of proline. *J. Boil. Chem.* 215, 655-660.
- Ueda, A., W. Shi, K. Sanmiya, M. Shono et T. Takabe 2001:** Functional analysis of salt-inducible proline transporter of barley roots. *Plant Cell Physiol.*, 42, 1282–1289.
- Ungar, I.A., 1978:** Halophytes seed germination “*Bot. Rev.*
- Urban, L., 1997 :** Introduction à la production sous serre : l’irrigation fertilisante en culture hors sol, tome 2. Techniques et documentation. 210p.
- Vincent R., 2006 :** Recherche et étude de marqueurs moléculaires de la réponse au stress chez l’algue brune *Laminaria digitata*. Thèse de doctorat en Biologie, Université de Rennes I, 237p
- Wang B., Lullge U et Ratajezak R. 2001 :** effect of salt treatment and osmotic stress on V- A T Pase, and VPPase in leaves of halophytes *Suaeda salsa*. *Journal of experimental botany*, 52, (365), p. 2355-2365.
- Wang et Nil, 2000 :** Effet du stress salin sur l'accumulation de la proline et des sucres solubles dans les feuilles de trois porte-greffes d'agrumes. *Fruits*. Vol. 57, no 5-6, pp. 335-340.
- Warne P., Guy R D., and Rollins L. & Reid D.M., 1990:** The effect of sodium sulphate and sodium chloride on growth, morphology, photosynthesis and water use efficiency of *Chenopodium rubrum*. *Can. J. Bot.* 68, 999-1006

- Wilkinson S., Davies WJ. 1997:** Xylem sap pH increase: a drought signal received at the apoplastic face of the guard cell that involves the suppression of saturable abscisic acid uptake by the epidermal symplast. *Plant Physiology*; 113:559-573.
- Winterborne, J. 2005:** Hydroponics: Indoor Horticulture. Pukka Press.
- Yazdanpanah N., Pazira E., Neshat A., Naghavi H., Moezi A.A., Mahmoodabadi M. 2011:** Effect of some amendments on leachate properties of a calcareous saline-sodic soil. Department of Soil Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Khuzestan, Iran, pp 307-310.
- Yeo A.R. 1983:** Salinity resistance: physiologies and prices. *Physiologia Plantarum* 58: 214-222 .
- Yoshihara Y., Kiyosue T, Katagiri T, Ueda H, Mizoguchi T, Yamaguchi-Shinozaki K, Wada K, Harada Y, Shinozaki K., 1995 :** Correlation between the induction of a gene for delta 1-pyrroline-5-carboxylate synthetase and the accumulation of proline in *Arabidopsis thaliana* under osmotic stress. *Plant J. May*;7(5):751–760.
- Zhang J., Nguyen H.T., Blum A., 1999:** Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. *Journal of Experimental Botany*, 50, 291-302.
- Zhu J.K., 2001:** Plant salt tolerance, *Trends Plant Sci.*6:66-71
- Zhu J-K., 2002.** Salt and drought stress signal transduction in plants. *An. Rev. Of Plant Biol.* 53: 247-73.
- Zuang H. et Musard M. 1986:** Cultures légumières sur substrats : Installation et conduite. CTIFL, 3e trimestre, Paris, 276 p.
- Zuang H., 1982 :** La fertilisation des cultures légumières, ctifl, Paris, 395 p.

Annexes :

Annexe 01 : Analyse de la variance de la hauteur finale des tiges

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	CV
Var. Factoriel	259,73	3	86,57	9,14	0,004	3,86
Var. Résiduelle	85,18	9	9,46			
Var. Total	344,9157	12				

Annexe 02 : Analyse de la variance du diamètre des tiges

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	CV
Var. Factoriel	0,00	2,00	0,00	1,91	0,2041	4,26
Var. Résiduelle	0,01	9,00	0,00			
Var. Total	0,01	11,00				

Annexe 02 : Analyse de la variance du nombre des feuilles

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	CV
Var. Factoriel	145,500	2,000	72,750	9,543	0,006	4,256
Var. Résiduelle	68,611	9,000	7,623			
Var. Total	214,111	11,000				

Annexe 03 : Analyse de la variance de surface foliaire

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	CV
Var. Factoriel	2786034,37	2,0000	1393017,19	8,07	0,0098	4,26
Var. Résiduelle	1553725,50	9,0000	172636,17			
Var. Total	4339759,87	11,0000				

Annexe 04 : Analyse de la variance de Biomasse fraîche des feuilles

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	CV
Var. Factoriel	699,88	2,00	349,94	7,23	0,01	4,26
Var. Résiduelle	435,91	9,00	48,43			

Var. Total	1135,79	11,00				
-------------------	---------	-------	--	--	--	--

Annexe 05 : Analyse de la variance de Biomasse fraiche des tiges

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	CV
Var. Factoriel	41,214	2,000	20,607	6,679	0,017	4,256
Var. Résiduelle	27,770	9,000	3,086			
Var. Total	68,983	11,000				

Annexe 06 : Analyse de la variance de Biomasse fraiche des racines

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	CV
Var. Factoriel	1257,06	2,00	628,53	11,33	0,003	4,26
Var. Résiduelle	499,40	9,00	55,49			
Var. Total	1756,46	11,00				

Annexe 07 : Analyse de la variance de Biomasse sèche des feuilles

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	CV
Var. Factoriel	12,53	2,00	6,26	9,20	0,007	4,26
Var. Résiduelle	6,13	9,00	0,68			
Var. Total	18,66	11,00				

Annexe 08 : Analyse de la variance de Biomasse sèche des tiges

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	CV
Var. Factoriel	2,14	2	1,07	31,65	0,000	4,26
Var. Résiduelle	0,30	9	0,03			
Var. Total	2,44	11				

Annexe 09 : Analyse de la variance de Biomasse sèche des racines

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	CV
-----------------------	------------------	------------------	--------------------	---	-------------	----

Var. Factoriel	50,05	2	25,02	7,19	0,01	4,26
Var. Résiduelle	31,30	9	3,48			
Var. Total	81,35	11				

Annexe 10 : Analyse de la variance de taux de matière sèche des feuilles

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	CV
Var. Factoriel	2,57	2	1,29	0,90	0,44	4,26
Var. Résiduelle	12,90	9	1,43			
Var. Total	15,47	11				

Annexe 11 : Analyse de la variance de taux de matière sèche des tiges

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	CV
Var. Factoriel	76,06	2	38,03	2,87	0,1084	4,26
Var. Résiduelle	119,15	9	13,24			
Var. Total	195,21	11				

Annexe 12 : Analyse de la variance de taux de matière sèche des racines

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	CV
Var. Factoriel	131,31	2	65,66	2,93	0,1047	4,26
Var. Résiduelle	201,64	9	22,40			
Var. Total	332,95	11				

Annexe 13 : Analyse de la variance de la teneur en chlorophylle (a) dans les feuilles

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	CV
Var. Factoriel	51,77	3	17,26	1,73	0,22	3,86
Var. Résiduelle	89,61	9	9,96			
Var. Total	141,37	12				

Annexe 14 : Analyse de la variance de la teneur en chlorophylle (b) dans les feuilles

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	CV
Var. Factoriel	88,69	3,00	29,56	1,25	0,3495	3,86
Var. Résiduelle	213,58	9,00	23,73			
Var. Total	302,27	12,00				

Annexe 15 : Analyse de la variance de la teneur en chlorophylle (c) dans les feuilles

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	CV
Var. Factoriel	3,37	3	1,12	0,95	0,456996	3,86
Var. Résiduelle	10,66	9	1,18			
Var. Total	14,02	12				

Annexe 16 : Analyse de la variance de la teneur en proline dans les feuilles

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	CV
Var. Factoriel	0,003	4	0,001	2,81	0,0995	3,84
Var. Résiduelle	0,002	8	0,000			
Var. Total	0,005	12				

TABLE DES MATIERES

Remerciement.....	2
Résumé.....	5
Abstract	6
الملخص	7
Table des Matières.....	
Liste des Figures.....	8
Liste des Tableaux.....	10
Introduction.....	11

Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Salinité des sols et des eaux

I. Généralité	13
I.1.Définition du stress	13
I.2.Catégories de stress	13
I.3.Stress salin.....	14
II. Définition de la salinisation.....	14
III. Répartition de la Salinité	15
III.1. Salinité dans le monde	15
III.2. Salinité en Algérie	16
IV. Causes de la salinisation.....	17
V.1.Salinisation primaire.....	17
V.2.Salinisation secondaire	17
V. Classification des sols salés.....	18
V.1.Sols à complexe sodique ou sols alcalins (les solonetz)	18
V.2.Sols salins à complexe calcique (Solontcheks)	19
VI. Salinité des eaux d'irrigation.....	19
VI.1. Caractéristiques des eaux salées.....	20
VII. Conséquences de la salinité.....	20
VII.1.Effet de la salinité sur la germination	20
VII.2.Effet de salinité sur la plante.....	21
VII.3.Effet de la salinité sur les halophytes et les glycophytes.....	21
VII.4.Effet de la salinité sur la croissance et le développement.....	22
VII.5.Effet de salinité sur le métabolisme azoté.....	23
VII.6.Effet de stress sur la nodulation.....	23

VII.7.Effet de la salinité sur l'eau dans la plante.....	24
VII.8.Effets de la salinité sur la photosynthèse.....	24
VII.8.1.Effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques et les protéines.....	24
VIII. Mécanismes de résistance des plantes à la salinité	25
VIII.1. Mécanismes de tolérance chez les halophytes.....	26
VIII.2.Mécanismes de tolérance chez les glycophytes.....	26
VIII.3.La proline	26
IX. Solutions pour lutter contre la salinisation des eaux d'irrigation et des sols	28
IX.1.Riziculture irriguée.....	28
IX.2.Dessalement des eaux saumâtres.....	29
IX.3.Drainage profond	29
IX.4.Lutte contre les remontées capillaires	29
IX.5.Lutte contre la concentration des sels.....	30
IX.6.Eviter les apports d'eau excessifs	30
IX.7.Réduire l'évaporation.....	30
IX.8.Utilisation de variétés tolérantes à la salinité.....	30

Chapitre II : Culture Hors Sol :

I. Historique.....	32
II. Définition	32
III. Exigences des cultures hors sol	33
IV. Les différents systèmes de culture hors sol	33
IV.1.La culture aéroponique	33
IV.2.La culture hydroponique	33
IV.3.La culture sur substrat inerte.....	34
V. Les composants de système hors sol	34
V.1.Substrat.....	34
V.1.1.Les critères de choix d'un substrat	34
V.2.Les conteneurs.....	35
V.3.La solution nutritive.....	35
V.3.1.Le potentiel hydrogène (pH)	35
V.3.2.La conductivité électrique.....	36
VI. Les avantages de la culture hors sol.....	36

VII. Les inconvénients.....	37
Chapitre III : Généralité sur la culture d'haricot	
I. Généralité sur l'haricot.....	38
II. Classification botanique.....	39
III. Classification variétale	39
IV. Description de la plante.....	40
IV.1. Racines.....	41
IV.2. Tige.....	41
IV.3. Feuille.....	42
IV.4. Fleur.....	42
IV.5. Gousses.....	42
IV.6. Grains.....	43
V. Exigence de la culture.....	43
V.1. Température.....	43
V.2. La Lumière.....	43
V.3. Exigence édaphique.....	43
V.4. Exigences hydriques.....	44
V.5. Exigence nutritionnelle.....	44
VI. Production de l'Haricot.....	44
VI.1. Production dans le monde.....	44
VI.2. Production en Algérie.....	45
VII. Valeur alimentaire.....	45
VIII. Principales maladies et ennemis du haricot.....	46
VIII.1. Ennemis du haricot	46
VIII.2. Maladies.....	48
IX. Les étapes de développement de la plante du haricot.....	50
IX.1. Phase de germination.....	50
IX.2. Phase de croissance.....	50
IX.3. Phase de floraison.....	51
IX.4. Phase de maturation.....	51
X. Les travaux d'entretien.....	51
X.1. Binage et buttage.....	51
X.2. Le désherbage.....	52
X.3. Le Palissage.....	52

X.4.

Irrigation.....	52
------------------------	-----------

X.5. La récolte.....	52
----------------------	----

Partie Expérimentale

Chapitre IV. Matériels et méthodes

I. Objectif de l'expérimentation.....	54
II. Matériel végétal testé.....	54
III. Conditions expérimentales.....	54
III.1. Lieu de l'expérience.....	54
III.2. Substrat utilisé.....	56
III.3. Conteneurs.....	56
III.4. Dispositif expérimental.....	57
III.5. Les différents traitements testés.....	58
III.5.1. Description des traitements testés.....	58
III.5.1.1. Caractéristiques de l'eau utilisée pour la synthèse du traitement.....	58
III.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 (T4).....	60
IV. Germination des graines.....	62
IV.1. Pré-germination des graines.....	62
IV.2. Repiquage des germes.....	63
V. Entretien de la culture.....	64
V.1. Irrigation.....	64
VI. Récolte.....	65
VII. Paramètres mesurés.....	65
VII.1. Paramètres morphologiques.....	65
VII.1.1. Hauteur finale des plantes.....	65
VII.1.2. Nombre des feuilles.....	65
VII.1.3. Diamètre des tiges.....	65
VII.1.4. Biomasse fraîche produite.....	65
VII.1.5. Biomasse sèche produite.....	66
VII.1.6. Taux de la matière sèche produite.....	66
VII.2. Paramètres de production.....	66
VII.2.1. Nombre des gousses.....	66
VII.2.2. Poids frais moyen des gousses.....	67

VII.3.Paramètres physiologiques.....	67
VII.3.1.Dosage de la teneur des feuilles en chlorophylle.....	67
VII.3.2.Dosage de la proline.....	67

Chapitre V : Résultats et Discussions

I. Résultats et discussions.....	70
I.1.Effet de la salinité des eaux d'irrigation sur les paramètres de croissance.....	70
I.1.1. Aspect général des plantes.....	70
II. Paramètres morphologiques	72
II.1. Hauteur finale des plants.....	72
II.2.Diamètre des tiges.....	74
II.3.Nombre des feuilles.....	75
II.4.La surface foliaire.....	76
II.5.Biomasse fraîche.....	78
II.5.1.Biomasse fraîche de feuilles	78
II.5.2.Biomasse fraîche des tiges.....	79
II.5.3.Biomasse fraîche des racines.....	80
II.6.Biomasse sèche.....	82
II.6.1.Biomasse sèche des feuilles (g)	82
II.6.2.Biomasse sèche des tiges (g)	83
II.6.3.Biomasse sèche des racines (g)	84
II.7.Taux de la matière sèche.....	85
II.7.1.Taux de la matière sèche des feuilles.....	85
II.7.2.Taux de la matière sèche des tiges.....	87
II.7.3.Taux de la matière sèche des racines.....	88
III. Paramètres physiologiques.....	89
III.1.Teneur en chlorophylle (a) dans les feuilles.....	89
III.2.Teneur en chlorophylle (b) dans les feuilles.....	91
III.1.3.Teneur en chlorophylle (c) dans les feuilles.....	92
III.2.Teneur en proline dans les feuilles.....	93
IV. Répartition des gousses récoltés et rendement	94
Conclusion.....	96
Références Bibliographiques.....	97

Annexe.....	107
--------------------	------------

