

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA 1



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme en Master académique

Filière : Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Système de production Agro-écologique

Thème :

Etude de la réponse aux stress hydrique et salin de plantes
d'*Atriplex halimus* (cas de la région de Tamanrasset)

Présenté par :

M^{lle}BOUACHA Ilhem

M^{lle}MAHMOUDI Meriem

Devant les membres de jury composé de :

Mr : BOUTAHRAOUI S.A.	M.C.A	U. Blida 1	Président
Mme : CHAOUIA C.	Professeur	U. Blida 1	Promotrice
M ^{lle} : CASASNI L.	Doctorante	U. Blida 1	Co-promotrice
Mme: MOUAS A.	M.C.B	U. Blida 1	Examinatrice

Année universitaire

2019-2020



REMERCIEMENTS

Nous remercions Dieu Allah le miséricordieux tout puissant de nous avoir donné la volonté, la force et le courage d'achever ce modeste travail.

Nos vifs sincères remerciements à notre promotrice Mme : CHAOUIA pour tout qu'elle a aimablement fourni, pour ses remarques pertinentes et ses conseils judicieux, surtout pour sa modestie et qui est plus qu'une maîtresse, un idéal pour nos jeunes biologistes.

Nos remerciements vont également à M^{elle} Casasni Lydia de nous avoir accueilli au sein de son laboratoire, et pour les conseils stimulants que nous avons eus l'honneur de recevoir de sa part.

Nos remerciements aussi spécialement Mr Rabhi Elarbi pour leur encouragement pendant toute la période de mon travail.

Nos gratitude envers tous les membres de jury qui m'ont fait honneur de lire ce travail et de l'enrichir à travers leurs remarques et critiques scientifiques académiques.

Mais également à l'ensemble du corps d'enseignement de l'institut qui forme une bonne équipe et s'est montré dévoué tout au long de notre cursus.

A nos deux familles qui nous ont soutenus et encouragés pendant toute cette formation.

A nos amis étudiants qui nous ont aidés dans l'accomplissement de notre recherche.

Nous tenons remercions toute personne ayant contribué de près comme de loin, à l'élaboration et à l'aboutissement de ce travail, que ce soit par leur participation ou leur encouragement.



DEDICACE

Je dédie ce modeste travail, avec une énorme joie et un infini plaisir, aux deux merveilleuses personnes qui m'ont aidé et guidé vers la voie de réussite.

A ma mère, Océan de tendresse et fleuve de gentillesse. la fleur de ma vie qui a œuvré pour ma réussite, par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie. Reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude. puisse Dieu tout puissant te protéger du mal, te procurer longue vie, santé et bonheur afin que je puisse te rendre un minimum de ce que je te dois.

A mon père, Pour son attention et son sacrifice. Que Dieu m'aide à les honorer et exprimer ma profonde reconnaissance pour tout ce qu'il me va offrir d'amour, de soutien et des encouragements.

Je le dédie aussi à :

Mon grand père: El hadj Mohamed.

Mes très chères grandes mère Hdjila et Fatima Zohra.

Mon frère: Abderrahmane.

Mes très chères sœurs : Ferial et Meriem.

Mon cousin : Mohamed.

Mon neveu : Abdallah.

Mes tentes :Khadidja,Karima,Mahdia,Fadhila ,Farida,Nacira ,Dalila,et Karima.

Spécialement à la famille BOUACHA.

Mes amis intimes : Khadija, Noura, Meriem, Abla, Akila, Mahdia, et Imen ,et ma tente Akila et Oussama ,et Rania.

Mes collègues de faculté des sciences de la nature et de la vie.

Toute la promo 2019-2020.

Tous que j'aime et qui m'aiment

ILHEM



DEDICACES:

Je dédie ce modeste travail en signe de respect, de connaissance et de gratitude à :

Mes chères parents pour ses prières, ses encouragements et soutient tout le long de mes études

Mon mari Abderrahmane qui ne cesse de m'encourager pour achever ce travail

Mes frères : Abdelkader, Khaled, Hamza, Abdelhake

Mes sœurs : Yamina, Houria, Amira, Ikram

A mes deux familles : MAHMOUDI et MENASRI

Ma belle mère : Dalila

Ma belle sœur : Chaima

Mes beaux frères : Rafik et Mustapha

Mes amis intimes Ilhem, Fatima, Khadidja

Toute la famille : BOUACHA

En fin toute la promo de master 2019/2020

MERIEM

Liste des tableaux

Tableau 1 :Liste approximative des halophytes méditerranéennes.

Tableau 2 :Répartition numérique des espèces d'Atriplex dans le monde.

Tableau 3 :Les Atriplex en Afrique du nord.

Tableau 4 :Répartitions des différentes espèces d'Atriplex l'Algérie.

Tableau 5 :Classification botanique d'*Atriplex halimus* L.

Tableau 6 :Les superficies affectées par la salinité dans le monde.

Tableau 7 :Données climatiques de la région de Tamanrasset.

Tableau 8 :Composition de la solution nutritive.

Liste des figures

Figure 1 : Arbuste d'Atriplex halimus L.

Figure 2 : Air de répartition des espèces d'Atriplex dans le monde

Figure 3 : Rameau feuillu avec inflorescence et fruit

Figure 4 : Inflorescences(a)male ;(b) femelle

Figure 5 : Carte représentant le site de récolte des graines d'Atriplex halimus L.

Figure 6 : Solution nutritive(à gauche),dispositif hydroponique(à droite)

Figure 7 : Teneur en proline au niveau des feuilles d'Atriplex halimus L.

Figure 8 : Teneur en proline au niveau des racines d'Atriplex halimus L.

Figure 9 : Teneur en sucres solubles au niveau des feuilles d'Atriplex halimus L.

Figure 10 : Teneur en sucres solubles au niveau des racines d'Atriplex halimus L.

Figure 11 : Teneur en proline au niveau des feuilles d'Atriplex halimus L.

Figure 12 : Teneur en proline au niveau des racines d'Atriplex halimus L.

Figure 13 : Teneur en sucres solubles au niveau des feuilles d'Atriplex halimus L.

Figure 14 : Teneur en sucres solubles au niveau des racines d'Atriplex halimus L.

Figure 15 : Teneur en sucres solubles au niveau des feuilles d'Atriplex halimus L.

Figure 16 : Teneur en sucres solubles au niveau des racines d'Atriplex halimus L.

Figure 17 : Teneur en proline au niveau des feuilles d'Atriplex halimus L.

Figure 18 : Teneur en proline au niveau des racines d'Atriplex halimus L.

Liste des abréviations

Na Cl : Chlorure de sodium

PEG : Polyéthylène glycol

meq/l : milliéquivalent /litre

g/l : Gramme /litre

ABA : Hormone de croissance

AFNOR : Association Française de NORmalisation

NH₄⁺ : Ammonium

SO₄²⁻ : Sulfate

Na⁺ : Sodium

Mg²⁺ : Magnésium

Ca²⁺ : Calcium

K⁺ : Potassium

Cl : Chlorure

Résumé

Dans les régions arides et semi-arides, notamment au tour du bassin méditerranéen, la salinité des sols et la sécheresse sont des facteurs abiotiques majeurs qui réduisent et modifient la nature de la croissance et le développement des végétaux. Les *Atriplex* appartenant à la famille des Chénopodiacées constituent un genre très important d'halophytes. Pour mettre en évidence les potentialités d'adaptation aux sels solubles et au manque d'eau aux niveaux des régions arides et semi-arides, l'effet des contraintes hydrique et saline sur le comportement biochimique de plantes juvéniles d'*Atriplex halimus* L. a été étudié.

Les plantules faisant l'objet de notre étude ont été obtenues à partir de graines récoltées dans la région de Tamanrasset. Durant 10 jours, les plantules ont été stressées par divers doses de NaCl (100 et 300 mmoles) et de Polyéthylène glycol 6000 (50 et 100 g/L) dans des conditions semi-contrôlés en système hydroponique. Les plantules ont été soumises à des analyses biochimiques ayant porté sur le dosage de la proline et des sucres solubles des feuilles et des racines.

L'analyse du comportement des plantules face au stress salin et hydrique a montré que la réponse d'*Atriplex halimus* L. varie en fonction de la nature et de l'intensité du stress appliqué. La présente étude indique une variation des teneurs en proline et en sucres solubles des principaux organes végétatifs (feuilles, racines) de l'*Atriplex halimus*. Au niveau des feuilles, le stress hydrique provoque une accumulation importante de sucres solubles. Au niveau racinaire, l'accumulation de la proline est importante à des doses modérées de NaCl et de PEG6000 (100 mmoles et 50 g/l, respectivement).

Mots clés : *Atriplex halimus* L. NaCl, PEG6000, Tamanrasset, Proline, Sucres solubles

Abstract

In arid and semi-arid regions, particularly around the Mediterranean basin, soil salinity and aridity are major abiotic factors that reduce and modify the nature of growth and development of *Atriplex* plants of the Chenopodiaceae family, which are also a very important genus of Halophytic plants. To highlight the potential for adaptation to soluble salts and water deficiency in arid and semi-arid regions, we study the effect of water and salt restrictions on the biochemical behaviour of young plants, *Atriplex halimus* L.

In our study, seedlings were obtained from seeds collected in Tamanrasset. During 10 days, seedlings were strained with different doses of NaCl (100 and 300 mmol) and PEG6000 (50 and 100 g / L) under semi-controlled conditions in the hydroponic system. The seedlings were subjected to biochemical analyses related to the determination of proline and dissolved sugars in leaves and roots.

The results showed that the response of *Atriplex halimus* L. varies according to the nature and intensity of the applied stress, the current study indicates a variation in the levels of proline and soluble sugars in the main plant organs (leaves and roots). In leaves, the water stress causes a significant accumulation of soluble sugars. At the root level, proline accumulation is important at moderate doses of NaCl (100 mmol) and PEG (50 mmol).

Key words: *Atriplex halimus* L., NaCl, PEG6000, Tamanrasset, proline, soluble sugars

ملخص

في المناطق الجافة وشبه الجافة، لا سيما حول حوض البحر الأبيض المتوسط، تعتبر ملوحة التربة والجفاف من التي تنتمي إلى عائلة *Atriplex* العوامل غير الحيوية الرئيسية التي تقلل وتعطل طبيعة نمو وتطور نباتات و هي كذلك جنس مهم جدا من النباتات الملحية لتسليط الضوء على إمكانية التكيف مع *Chenopodiaceae* الأملاح القابلة للذوبان ونقص المياه في المناطق الجافة وشبه الجافة، تمت دراسة تأثير قيود الماء والملح على « *Atriplex halimus* L. » السلوك الكيميائي الحيوي للنباتات الياقعة، القطف

تم الحصول على الشتلات في دراستنا من البذور التي تم جمعها في منطقة تمنراست. لمدة 10 أيام، تم إجهاد الشتلات بجرعات مختلفة من كلوريد الصوديوم (100 و 300 ملمول) والبولي إيثيلين جلايكول (50 و 100 جم / لتر) تحت ظروف شبه خاضعة للرقابة في نظام الزراعة المائية، خضعت الشتلات لتحليلات كيميائية حيوية تتعلق بتقدير نسبة البرولين والسكريات الذائبة في الأوراق والجذور.

تختلف باختلاف طبيعة *Atriplex halimus* L. أظهر تحليل سلوك الشتلات للإجهاد الملحي والمائي أن استجابة وشدة الإجهاد المطبق، تشير الدراسة الحالية إلى تباين في مستويات البرولين والسكريات القابلة للذوبان في الأعضاء النباتية الرئيسية (الأوراق والجذور) حيث يتسبب الإجهاد المائي في الأوراق في تراكم كبير للسكريات القابلة للذوبان على مستوى الجذر، يكون تراكم البرولين مهماً عند الجرعات المعتدلة من كلوريد (الصوديوم) (100 ملمول) و البولي إيثيلين جلايكول (50 ملمول).

الكلمات المفتاحية: القطف، كلوريد الصوديوم، البولي إيثيلين جلايكول، تمنراست، برولين، السكريات

Sommaire

Introduction

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Les halophytes.....(1)
2. La famille des chénopodiacées.....(4)
3. Présentation du genre Atriplex.....(5)

Chapitre II : Les stress abiotiques

1. Définition.....(14)
2. Types de stress.....(15)
3. Stress hydrique.....(17)
4. Stress salin.....(19)
5. Mécanismes d'adaptation des plantes.....(24)
6. La réponse biochimique des plantes aux stress abiotiques.....(25)

Chapitre III : Matériel et méthode

1. Objectif du travail.....(27)
2. Site expérimental..... (27)
3. Matériel végétal.....(27)
4. Mise en place de l'essai.....(28)
5. Analyse biochimique.....(30)
6. Analyse statistique..... (32)

Chapitre VI : Résultats et discussion

1. Effet du stress salin sur les plantules d'Atriplex halimus L..... (33)
2. Effet du stress hydrique sur les plantes d'Atriplex halimus L.....(35)
3. Comparaison entre les deux stress..... (38)

Conclusion et perspectives

Références bibliographiques

Introduction

Introduction

Les écosystèmes arides et semi arides constituent environ 2/3 de la surface du globe terrestre (Ait Belaid, 1994). Dans ces écosystèmes, marqués par des sécheresses rigoureuses et fréquentes, la salinisation des sols se manifeste comme l'un des principaux facteurs limitant le développement des plantes. Au Maghreb et au Moyen –Orient, 15 millions d'hectares de terres agricoles sont sujet à une salinisation croissante (Kinet et *al.*, 1998).

La sécheresse constitue un traumatisme majeur limitant la croissance et le développement des végétaux dans le monde et en particulier en Algérie. Cette contrainte oriente la plante vers sa disparition ou à déclencher des mécanismes lui permettant de tolérer ou de résister à ce type de stress. La recherche de plantes plus adaptées à la sécheresse est un enjeu fondamental dans les prochaines décennies. Les halophytes constituent une richesse renouvelable qui présentent une grande souplesse vis-à-vis des stress abiotiques, elles sont évaluées pour leur usage écologique et alimentaire potentiel.

L'introduction d'arbustes fourragers et ou l'utilisation de ceux autochtones résistants à l'aridité est adoptée depuis 1920, comme l'un des moyens utilisés pour la valorisation des sols dégradés dans l'Ouest d'Asie et le Nord d'Afrique (Le Houérou, 1996). Le genre *Atriplex* de la famille des Chénopodiacées, appartient aux halophytes de grande importance écologique et économique, sa tolérance aux sels, son adaptation aux conditions d'aridité et son intérêt pastoral, a particulièrement retenu l'attention des services de mise en valeur agricole. Les espèces d'*Atriplex* sont géographiquement omniprésentes dans le monde et se développent naturellement dans des habitats salins (Abou El Nasr, 1996 ; Zidan Ouiza, 2010).

Depuis 1970, une douzaine d'espèces du genre *Atriplex* ont été introduites au Maroc pour les exploiter en tant qu'espèces fourragères et pour les utiliser dans la réhabilitation des zones endommagées par la désertification et la dégradation des forêts et des sols (Mamva, 1995 ; Le Houérou, 2000). Ces arbustes fourragers présentent un fourrage vert et de bonne qualité durant toute l'année, constituant ainsi des réserves fourragères sur pieds. Les espèces d'*Atriplex*, se développent naturellement dans des sols salins, néanmoins au cours de leur développement divers graines d'*Atriplex halimus* L. expriment des niveaux différents de tolérance à la salinité (Ungan, 1991).

Introduction

Le présent travail a pour objectif d'étudier l'impact des stress hydrique et salin sur les paramètres biochimiques d'un arbuste fourrager *Atriplex halimus*L. Pour se faire, une succession de tests et d'analyses a été effectuée, l'extraction et le dosage de certains osmoprotecteurs tel que la proline et les sucres solubles a été réalisé.

Notre travail s'articule autour de trois principales parties, à savoir :

- Une première partie abordant un aperçu bibliographique sur les halophytes sur l'espèce étudiée et les aspects des deux stress hydrique et salin.
- Une seconde partie exposant la méthodologie de travail
- Une troisième et dernière partie présentant les résultats obtenus, appuyés et confirmés par des analyses statistiques et une discussion. Le travail est achevé par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I:Caractéristiques de l'espèce

1. Les halophytes

1.1. Définition

Les halophytes, terme venant du grec halo (sel) et phyton (plante) sont aussi appelées plantes halophiles. Ce sont des plantes qui croissent sur des sols très salins (Hopkins, 2003 ; Marouf et Reynaud, 2007).D'après Hamdy et *al.* (1999), une halophyte est une espèce pouvant se reproduire uniquement dans des conditions naturellement salines. Elles sont identifiées comme plantes qui en conditions naturelles, sont exclusivement trouvées sur des sols salés (Ouf et Belkhoja, 2012). Cette définition ne signifie pas que les plantes halophiles ont nécessairement besoin de salinité pour leur croissance et leur développement, au contraire, de nombreuse halophytes se développement avec succès et produisent des biomasses en absence de salinité (Tableau 1).

Tableau 1 : Liste approximative des halophytes méditerranéennes.

Familles	Genres	Nombre de genres	Nombre
Plumbaginacées		7	301
	<i>Limonium</i>		280
	<i>Limoniastrum</i>		5
	<i>Armiria</i>		5
	<i>Acantholimon</i>		4
	<i>Goniolimon</i>		3
	<i>phillioistachys</i>		3
	<i>Limonopsis</i>		1
Chénopodiacées		45	262
	<i>Salsola</i>		75
	Atriplex (incl, H alimione)		50
	<i>Suaeda</i>		25

Synthèse bibliographique

<i>Bassia</i> (incl , Chenoled)	16
<i>Salicomia</i>	11
<i>Anabasis</i> (incl, Fredolia)	9
<i>Hammada</i>	6
<i>Agathophora</i>	5
<i>Chmacoptera</i>	5
<i>Corispermum</i>	5
<i>Comulaca</i>	4
<i>Comphorosoma</i>	3
<i>Haloitis</i>	3
<i>Halothamnus</i> (incl, Aellent)	3
<i>Sarconnoa</i>	3
<i>Gamanthus</i>	2
<i>Halocharis</i>	2
<i>Halogeton</i>	2
<i>Halopeptes</i>	2
<i>Haloxylon</i>	2
<i>Kochia</i>	2
<i>Perrosimonia</i>	2
<i>Polycnenum</i>	2
<i>Iragamm</i>	2
<i>Arthonemum</i>	1
<i>Beta</i>	1
<i>Cyathobaris</i>	1
<i>Cyclocoma</i>	1
<i>Girgensohnia</i>	1
<i>Halanthium</i>	1
<i>Halimocnemis</i>	1
<i>Halocnenum</i>	1
<i>Halostachis</i>	1
<i>Halotis</i>	1
<i>Kahdium</i>	1
<i>Kraschnintikovia</i>	1

Synthèse bibliographique

	<i>Maireana</i>		1
	<i>Nucularia</i>		1
	<i>Ophaiston</i>		1

(Le Houérou,1993)

1.2. Classification des halophytes

Les halophytes sont classées en quatre groupes selon le mécanisme d'adaptation à la salinité des sols (Bordonneau et al.,2005).

1.2.1. Halophytes extractives (facultatifs)

Les halophytes extractives sont des plantes qui possèdent des glandes spécifiques au niveau des feuilles et des tiges tels que *Tamarix sp*,*Cressasp*,(Munns ,2002).Elles peuvent se développer en milieu salin, mais le font encore mieux en milieu imprégné d'eau douce, leur absence dans les milieux non salés pourrait s'expliquer par la concurrence avec les glycophytes, leur installation sur les sols fortement salés étant liée à la faculté de leur protoplasme à résister aux fortes concentration salines(Repp,1964 ;Hopkins ,2003).

1.2.2. Halophytes exclusives (type de filtre de racine)

L'exclusion de sels par les racines est souvent décrite en termes de substitution élémentaire ou choix préférentiel des ions. En outre, certaines halophytes sont connues pour avoir des racines avec une membrane intérieure cireuse qui filtre efficacement les sels tout en permettant à l'eau de passer à travers(*Salicorniasp*)(Langlou,1967 ; Bordonneau et al.,2005).

1.2.3. Halophytes cumulatives

Les halophytes cumulatives sont des halophytes sans mécanismes particuliers. La teneur en sels augmente constamment au cours d'une période de végétation jusqu'à une limite létale pour les plantes(Makkaoui et al.,2008).La période est toutefois assez longue, pour faire l'objet justement d'un cycle de développement complet(Bordonneau et al.,2005).

1.2.4. Halophytes succulentes(les vraies halophytes)

Les halophytes succulentes sont des plantes qui absorbent une grande quantité d'eau et de solution de sol, d'où la succulence au niveau des feuilles ou des tiges tels que chez *Halocnemunsp*. (Adrianmi, 1945 ; Binet et Brunel, 1968 ; Grigore et al.,2014).

1.3. Biologie des halophytes

Synthèse bibliographique

La plupart des halophytes sont herbacées (Salicorne... etc.) et présentent des organes aériens charnus (El-Hal, 1968). Cette succulence est due soit à une hypertrophie de certaines cellules qui, gorgées d'eau, forment un tissu aquifère, soit à la formation d'un grand nombre d'assises cellulaires, soit aux deux phénomènes à la fois (Waisly, 1972).

Sur les sables et les falaises littorales, au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la mer, la succulence disparaît et les caractères morphologiques et anatomiques les plus couramment rencontrés (racines très développées, organes aériens protégés par une cuticule épaisse, revêtement pileux abondant) sont ceux que l'on observe en général chez les espèces des milieux secs (xérophytes) (Flahault, 1937 ; Killian, 1954).

L'implantation des halophytes dans divers milieux salés se fait à partir de semences ou par bouturage naturel, ce dernier est fréquent chez diverses halophytes terrestres par fragmentation des rhizomes (Waisely, 1972 ; Agarwal et al., 1998).

2. La famille des chénopodiacées

Les chénopodiacées forment une vaste famille de 1400 espèces présentes partout dans le monde. Ce sont pour la plupart des plantes herbacées ou arbustives, principalement avec des feuilles alternes, parfois opposées. Très souvent, les feuilles et la tige sont succulentes. Beaucoup de Chénopodiacées sont des espèces halophiles et thermophiles (Stanley et al., 2003). Les fleurs des chénopodiacées sont généralement minuscules et verdâtres. Elles sont groupées en épis, en grappes ou en panicules lâches. Les principaux genres de chénopodiacées sont *Beta* (bette), *Chenopodium* (chénopodes), *Halimione* et *Atriplex* (arroches), *Salicornia* (salicornes), *Sueda* et *Salsola* (soudes) (Stanley et al., 2003).

3. Présentation du genre *Atriplex*

Le genre *Atriplex* (les arroches) appartient à la famille des Amarantacées, autrefois classé dans les chénopodiacées (classification APG 2, 2003). Il compte environ plus de 400 espèces, avec 40 et 50 espèces dans le bassin méditerranéen (Ortiz-Dorda, 2005).

Les *Atriplex* sont des plantes halophytes dotées d'une série de caractères écologiques et physiologiques, permettant la croissance et la reproduction dans un environnement salin. Elles sont dominantes dans plusieurs régions sec et semi sec du monde, en particulier dans les habitats qui combinent la salinité relativement élevée du sol avec l'aridité (Nedjimi et Daoud, 2006 ; Walkers et al., 2014)

3.1. Historique

Synthèse bibliographique

Un nombre d'espèces fourragères ligneuses ont été introduites en Algérie du nord en provenance des différentes régions du monde pendant les cent dernières années. Parmi ces espèces on peut citer *Atriplex nummularia* qui a été introduite d'Australie en Tunisie il y'a environ 80 ans comme fourrage ligneux en zones arides et semi-arides (Franclet et Le Houerou, 1971). D'autres espèces ont été introduites vers les années soixante comme *Atriplex canescens* et *Atriplex vesicaria*. En Algérie, c'est durant les années quatre-vingt que divers projets, établis par le F.A.O., ont conduit à des introductions d'Atriplex notamment *A.nummularia* et *A. canescens* en provenance de la Tunisie (Le Houerou, 1980).

3.2. Description d'*Atriplex halimus* L.

Atriplex halimus L. est une espèce spontanée vivace pouvant se développer au ras du sol ou prendre un port arbustif surtout en climat aride et semi-aride (Figure 1) (Ozenda, 1983). C'est un arbuste natif d'Afrique du nord où il est très abondant (Kinet et al., 1983), il s'étend également aux zones littorales méditerranéennes de l'Europe et aux terres intérieures gypso-salines d'Espagne.



Figure 1: Arbuste d'*Atriplex halimus* L. (AMENA, 2007)

3.3. Etymologie

- *Atriplex* vient du grec *ατραφαξις* désignant l'« arroche des jardins ». Le terme *halimus* vient du grec ancien *αλιμος* « appartenant à la mer ».
- Le nom *Atriplex* vient du grec *a*, privatif, et *trephein*, signifiant « nourrir » : cette étymologie fait référence aux vertus alimentaires minimes de la plante. De même, son nom vernaculaire d'« arroche » vient du grec ancien *atraxis*, signifiant « qui n'est pas nourrissant ».

Synthèse bibliographique

- Une autre arroche était connue dans l'antiquité. Ce que Dioscoride décrit sous le nom grec d'atraxis (atra noir, phaxis poil) comme un végétal cultivé dans les jardins, *pourrait être l'arroche des jardins (Atriplex hortensis)*. En application, elle servait à traiter les inflammations. Son nom latin était Atriplex dit-il.

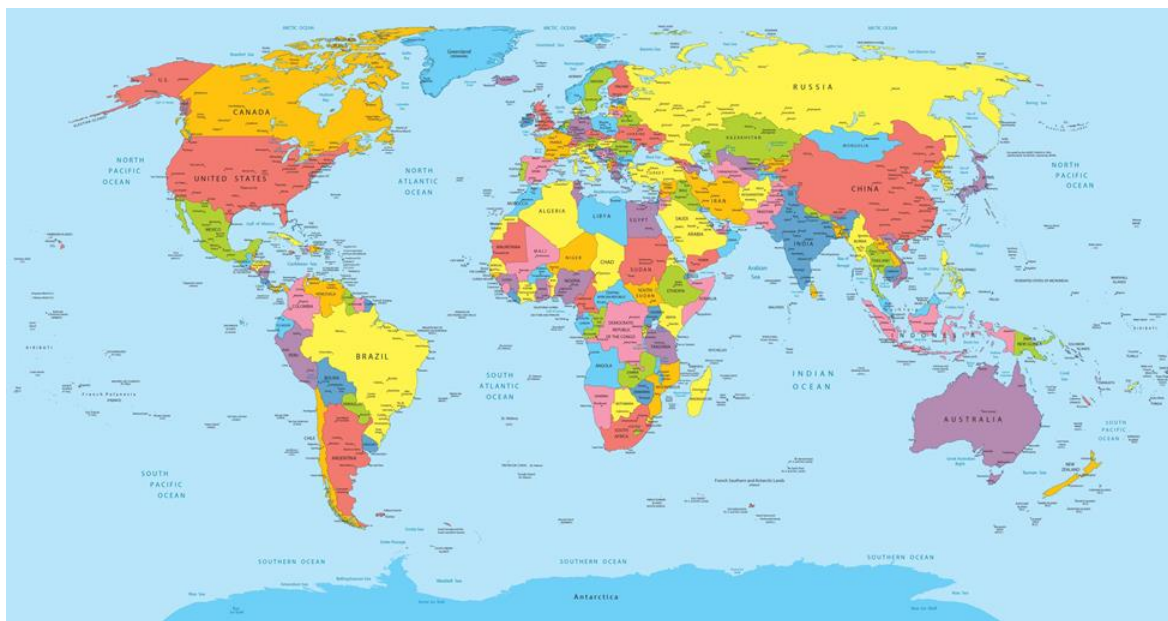
3.4. Répartition

3.4. 1. Dans le monde

Atriplex halimus L. est réparti à l'intérieur d'une aire relativement vaste englobons les îles Canaries jusqu'en Iran. D'après Franclet et Le Houerou, (1971), les Atriplex se rencontrent de l'Alaska à la Patagonie, de la Bretagne à la Sibérie et de la Norvège à l'Afrique du sud (Figure2) (Tableau 2).

Tableau 2 : Répartition numérique des espèces d'Atriplex dans le monde

Pays ou Régions	Nombre d'espèces et /ou sous espèces	Pays ou Régions	Nombre d'espèces et /ou sous espèces
Etats-Unis	110	Baja Californie(Mexique)	25
Australie	78	Afrique	22
Bassin-méditerranéen	50	Texas	20
Europe	40	Afrique du sud	20
Ex. Urss	36	Iran	20
Proche orient	36	Syrie	18
Mexique	35	Palestine et Jordanie	17
Argentine	35	Algérie et Tunisie	17
Californie	32	Bolivie et Pérou	16
Chili	30		



- Etats-Unis - ● Mexique - ● Argentine - ○ Californie - ●Chili - ○Texas -○Bolivie -
- Pérou -●Australie - ●France - ● Afrique du sud- ● Iran - ● Syrie - ○ Palestine et
- Jordanie - ●Maroc - ●Algérie - ●Tunisie- ●Libye -●Égypte - ●Kenya - ●Tanzanie - ●
- Mozambique -●Madagascar .

Figure 2 : Aire de répartition des espèces d’*Atriplex* dans le monde (Franclet, 1971)

4.3.2. En Afrique

Atriplex halimus L. est spontanée à l’intérieur d’une aire relativement vaste englobons les pays de l’Afrique du nord (Floch, 1989). Elle est originaire d’Afrique(Maroc, Algérie, Tunisie, Libye, Égypte, Kenia, Tanzanie, Mozambique, Namibie,A frique du Sud, Madagascar).Elle a été acclimaté autour du bassin méditerranéen, puis introduit avec succès sur le littoral atlantique, elle est actuellement répartir sur le littoral de la Méditerranée, de l’Atlantique, de la Manche(Berri, 2009) Cette espèce croît à proximité de la mer, sur les dunes fixées et les fourrés. Il est souvent planté pour former des haies et parfois subspontané.

En Afrique du nord le genre *Atriplex* comprend 15 espèces spontanées, 2 espèce naturalisées 2 espèces introduits. Ces espèces se répartissent en 9 espèces vivaces, une espèce bisannuelle et 9 espèces annuelles (Tableau 3).

Synthèse bibliographique

Tableau 3 : Les Atriplex en Afrique du nord

Espèces spontanées		Espèces naturalistes		Espèces introduites
Annuelle	Vivaces	Annuelles	Bisannuelles	Vivaces
<i>A.chenopodioides</i>	<i>A.colord</i>	<i>A.inflata</i>	<i>A.semibaccata</i>	<i>A.nummufaria</i>
<i>A.hastata</i>	<i>A.coriacca</i>			<i>A.lentiforms</i>
<i>A.littoralis</i>	<i>A.glauca</i>			
<i>A.patula</i>	<i>A.halimus</i>			
<i>A.rosea</i>	<i>A.malvana</i>			
<i>A.tatarica</i>	<i>A. mollis</i>			
<i>A.tomabeni</i>	<i>A.portulacoid</i>			
<i>A.dimorphostegia</i>				

(F.A.O, 1971)

3.4. 3. En Algérie

Atriplex halimus L. est très commune dans le Sahara septentrional et les montagnes du Sahara central, dans les sols rocailloux, talus argileux et les zones un peu salées (Tableau 4) (Ortiz-Dorda et al., 2005). L'Atriplex est spontanée dans les étages bioclimatiques Semi-aride et arides, les plus grandes superficies correspondent aux zones dites steppiques (Batna, Biskra, Djelfa, Saida, Tebessa et Tiaret) (Pouget, 1980) (Tableau 4).

Synthèse bibliographique

Tableau 4 : Répartitions des différentes espèces d'*Atriplex* en l'Algérie.

Espèce	Nom	Localisation
Annuelles (Différent généralement par la forme des feuilles, du port et des valves fructifères)	<i>A. Chénopodiales Batt</i>	Bouhanifia (Mascara) (très rare).
	<i>A. Littoralis L.</i>	Environ d'Alger (rare).
	<i>A. Hastata L.</i>	Assez commune dans le Tell et très
	<i>A. Patula L.</i>	Assez commune dans le Tell et très
	<i>A. Tatarica.L.</i>	Annaba et Sétif (très rare)
	<i>A. Rosea L.</i>	Biskra et sur le littoral d'Alger
	<i>A. Dimorphostegia</i> <i>B. Kar et kir</i>	Sahara septentrional (assez commune dans sahara centrale)(rare)
	<i>A. Tomabeni tineo.</i>	Sahel d'Alger, Golf Arzew (très)
Vivaces (Différent généralement par la forme des feuilles, la taille)	<i>A. Portulacoides L.</i>	Assez commune dans le Tell
	<i>A.Halimus L.</i>	Commune dans toutes l'Algérie
	<i>A. Cariacca forsk.</i>	Biskra et Oued – el – khir (très rare)
	<i>A.Glaucal L.</i>	Biskra et Oued – el – khir (très rare)
		Commune en Algérie

(Quezel et Santa, 1962)

3.5. Taxonomie

*Atriplex halimus*L. est classée selon la classification d'A.P.G. « Angiosperm Phylogeny Groupe » dans le taxon suivant (Guignard et Dupaont, 2004) (Tableau 5).

Tableau 5 : classification botanique d'*Atriplex halimus* L.

Règne	Plantae (plantes vertes)
Groupe	Embryophytes (plantes terrestres)
Sous règne	Tracheobionta (plantes vasculaires)
Embranchement	Spermaphyta (plantes à graine)
Classe	Magnoliopsida(Dicotyledones)

Synthèse bibliographique

Sous classe	Caryphyllidae
Ordre	Amaranthaceae (chénopodiaceae)
Genre	Atriplex
Espèce	<i>Atriplex halimus</i> L.

(Guignard et Dupaont, 2004)

3.6. Caractéristiques morphologiques

L'Atriplex est une espèce dont les valves fructifères ont des ailes entières et le port à feuillages dense (Douin, 1996).

3.6.1. Rameaux

Les rameaux sont de couleur blanchâtre et sont étalés ascendants ou arqués retombant vers l'extrémité (Figure 3) (Ighilhariz, 2008).



Figure 3 : Rameau feuillu avec inflorescence et fruit (BOU ABDELLAH, 1992)

3.6.2. Feuilles

Les feuilles courtement pétiolées sont alternées. Le limbe est linéaire de couleur vert-grisâtre. Il mesure de 3 à 5 cm de longueur et de 0.3 à 0.5 cm de largeur (Castroviejo et al., 1990).

3.6.3. Fleurs

Les fleurs sont monoïques à inflorescence en panicules d'épis terminales, nues. Les inflorescences portent souvent des fleurs mâles à cinq étamines au sommet et des fleurs femelles à la base dépourvue de périanthe (Figure 4) (Kinet et al., 1998).

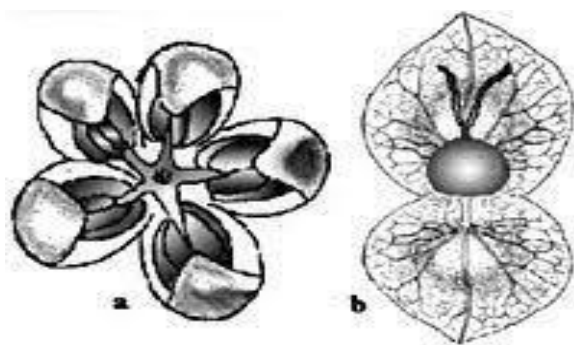


Figure 4 : Inflorescences (a) mâle ; (b) femelle (BOU ABDELLAH, 1992)

3.6.4. Fruits

Les fruits sont composés de deux bractéoles, arrondis en rênne, dentées ou entières, lisses ou tuberculeuse, droites ou recouvertes (Negre, 1961).

3.6.5. Graines

La graine est verticale lenticulaire de couleur brune foncée, de 2 mm de diamètre environ. Elle est terne et entourée d'un péricarpe membraneux (Negre, 1961).

3.7. Techniques de propagation et de plantation de l'espèce

Les *Atriplex* peuvent se multiplier par diverses méthodes de multiplication : par graine, par bouture ou éclats de souches (Piotto et *al.*, 2003). La propagation d'*Atriplex halimus* L. par la voie sexuée donne une descendance très hétérogène. La maîtrise de différentes techniques de multiplication végétative s'impose, multiplication qui permet d'obtenir rapidement et en grande quantité des clones homogènes et performants.

- **Par graine :** C'est la méthode de multiplication la plus simple, les graines devront être préalablement traitées en raison de la présence de chlorure de sodium et d'autres substances hydrosolubles. Dans les valves fructifiées de la germination (Koller et *al.*, 1957). Il est préférable de faire les semis en chambre de culture que de réaliser un semis direct, après 3 à 6 mois les plantes ayant 20 à 30 cm de longueur doivent être transplantés ailleurs (Anonyme, 2000).
- **Par bouturage :** Cette méthode de multiplication est utilisée en rareté de graines. Pour une bonne réussite les boutures doivent porter des feuilles, des bourgeons apicaux et des bourgeons latéraux. Les meilleures boutures sont celles prélevées sur les plantes âgées d'un an, les petites jeunes se bouturent mieux que les vieilles (Piotto et *al.*,

2003), l'enracinement de boutures fournit, d'après de bons moyens à bons prix de propagation d'un matériel de plantation amélioré (Ellern, 1970).

- **Par éclat de souche :** C'est une technique lente qui doit être appliquée en pleine saison des pluies pour réussir (Godet et al., 1998), donnant des résultats aléatoires, la qualité est assez réduite, il peut être soit préparé en pépinière et transplanté en automne en motte, soit installé directement au champs (Piotto et al., 2003); la difficulté réside dans les prélèvements (Bouhraoua, 1989).

3.8. Intérêt d'*Atriplex halimus* L.

3.8.1. Intérêt écologique

Atriplex halimus L. possède un système racinaire très développé qui lui permet d'utiliser les réserves d'eau du sol de façon exhaustive et de former un réseau dense susceptible d'agrèger le sol et de le rendre résistant à l'érosion (Chalbi, 1991). Selon F.A.O les *Atriplex* présentent la base d'une nouvelle agronomie pour les régions arides : la production et la lutte contre la désertification. Elles se sont également révélées efficace pour la fixation des dunes (Benrebaha, 1987).

3.8.2. Intérêt fourrager

Au vu de leur grande résistance à la sécheresse, à la salinité et à l'ensoleillement, les *Atriplex* constituent une réserve fourragère importante, utilisable par les ovins, les caprins et les bovins (Castroviejo et al., 1990).

3.8.3. Intérêt médicinal

D'après Francllet et Le Houerou (1971), l'*Atriplex* est une plante nutritive, riche en protéine, en vitamines C, A, et D et en sels minéraux (Benrebaha, 1987). Elle est aussi utilisée comme plante médicinale dans la pharmacopée traditionnelle, notamment pour le traitement du diabète sucré (Dutuit et al., 1994).

3.8.4. Intérêt Alimentaire

Les feuilles de l'arroche marine sont consommées crues dans les salades, dans certains pays d'Europe. Elles peuvent aussi être cuites à la vapeur ou à la poêle. Dans la région de Gafsa en Tunisie, elles servent à la préparation d'un couscous spécial, le bethboutha. Elle peut être également cultivée comme des épinards, et peut fournir un appoint à l'alimentation en période de disette (Korso, 1999).

3.8.5. Intérêt Horticole

L'arroche marine est souvent plantée pour constituer des haies brise-vent sur le littoral. Elle est aussi cultivée comme arbuste d'ornement aussi bien en bord de mer qu'à l'intérieur des terres. C'est une plante très résistante à la sécheresse et aux embruns. Elle supporte bien la taille (Chalbi, 1991).

Chapitre II : Les stress abiotiques

1. Définition

Le terme stress a été inventé par Hans Selye en 1935. Ce dernier a défini le stress comme une « réponse non spécifique de l'organisme à toute sollicitation ». D'origine anglaise, le mot « stress » était employé en mécanique et en physique et voulait dire « Force, poids, tension, charge ou effort ».

2. Types de stress

2. 1. Stress biotique

Le stress biotique vient du mot grec bio « vie », qui est un stress résultant de l'action néfaste d'un organisme vivant sur un autre organisme vivant telle qu'une attaque d'un pathogène. Il est différencié du stress abiotique exercé par un changement d'environnement comme une pénurie alimentaire, les rayons UV, la pression osmotique. Ce type de stress est causé par des organismes vivants (champignons, bactéries, virus, nématodes, insectes ... etc.).

2. 2. Stress abiotique

Les stress environnementaux ou abiotiques, comme la sécheresse, la salinité et les basses températures sont des conditions de stress qui affectent la croissance et le rendement des plantes. Contrairement aux animaux qui peuvent se déplacer lorsque les conditions de vie ne sont plus favorables. Les plantes ont développé des stratégies d'adaptation pour répondre aux changements environnementaux en contrôlant et en ajustant leurs systèmes métaboliques (Achour, 2005). Dans la nature se trouve 4 types de stress abiotiques : hydrique, salin, thermique et ionique.

3. Stress hydrique

3.1. Définition

Le stress hydrique est provoqué par un déficit en eau constituant une menace permanente pour la survie des plantes, néanmoins, beaucoup d'entre elles produisent des modifications morphologiques et physiologiques qui leur permettent de survivre dans les régions à faible pluviosité (Hopkins, 2003).

3.2. La sécheresse

La sécheresse n'est pas à confondre avec l'aridité qui est une caractéristique permanente du climat. C'est est une anomalie temporaire qui se caractérise par un manque d'eau relatif. Une région peut être sèche ou humide mais la sécheresse a lieu à un endroit donné au cours d'une période donnée.

3.3. Les origines du manque d'eau en Algérie

L'Algérie est classée parmi les pays les plus déficitaires en eau. De par son appartenance à la zone géographique du « Middle-west and North Africa(MENA) », la quasi-totalité de son territoire classé en zone désertique, et sa pluviométrie variant de 12 à 1600 mm/an à Adrar et dans les zones d'altitude de l'extrême Nord-est du pays, respectivement. Néanmoins, sa moyenne annuelle est estimée à 89 mm toutes zones confondues (FAO, 2005).

En 2003, sur 180 pays étudiés par la FAO, l'Algérie a été classée parmi les 17 pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques. En effet, avec 478 m³/hab/an d'eau renouvelable, elle dispose de moins de 50% du seuil de rareté fixé par la banque mondiale à 1000 m³/hab/an, et moins de 33% du seuil de confort hydrique fixé entre 1000 et 1700 m³/hab/an ou encore 7% de la moyenne mondiale estimée à 6700 m³(FAO,2003). A l'horizon 2020, cette disponibilité ne sera que de 430 m³ (CNES, 2000). Selon Anonyme(1999), « L'eau en région Méditerranéenne dispose de moins de 500 m³/an par habitant ».

3.4. L'eau, le sol et les plantes

3.4.1. Importance de l'eau pour la croissance et le développement des végétaux

L'importance écologique de l'eau résulte de son importance physiologique (Martre, 1999). L'eau est le constituant pondéralement le plus important des végétaux (50 à 90%de leur masse de matière fraîche). Elle est le milieu dans lequel a lieu la quasi-totalité des réactions biochimiques vitales ; elle joue le rôle de solvant, d'agent de réactions chimiques, de substrat et de catalyseur. Par la pression qu'elle exerce sur les parois, l'eau permet la turgescence cellulaire qui est indispensable au port érigé des plantes herbacées et à l'expansion cellulaire dans les tissus en croissance. La turgescence est également à la base des mouvements d'organes (feuilles, étamines) et de cellule (stomates).A l'échelle de l'organisme, l'eau permet de véhiculer les substances nutritives, les déchets du catabolisme et les phytohormones (Guignard, 1979 ; Kirkham, 2005).

Synthèse bibliographique

La perte de l'eau par transpiration permet aux plantes de faiblir une partie importante de l'énergie qu'elles reçoivent du soleil et de supporter ainsi son rayonnement de façon continue sans pour autant subir un échauffement excessif ;ses propriétés thermique aident les plantes de ne pas se refroidir ou se réchauffer rapidement(Mazliak,1995 ;Heller et *al.*,1998 ;Martre,1999 ;Hopkins,2003). Une diminution de la teneur en eau de la plante se traduit immédiatement par une réduction de la croissance en dimension, avant même que la photosynthèse ne soit affectée (Boyer, 1970 ; Acevedo et *al.*,1971).

3.4.2. L'eau dans le sol

Le sol est la couche superficielle soumise aux conditions météorologiques, c'est le support et le réservoir de la plante dont elle puise de l'eau et les éléments indispensables à son alimentation(Gauthier,1991).Pour caractériser les qualités hydriques d'un sol ,le pourcentage d'eau présent n'est pas suffisant car elle ne prend pas en compte la réalité physique de l'eau dans le sol, il faut donc aussi prendre en compte, les forces osmotiques ;les forces matricielles ;et enfin, l'eau de constitution présente dans certains complexes chimiques, et inaccessible aux plantes(Danielle et Mazliak,1995 ;Heller et *al.*,1998 ;Hallaire,1999).

3.4.3. Caractéristiques hydriques du sol

Dans le sol, l'eau est en perpétuel mouvement très lent la plupart du temps sous l'effet de différentes forces ; la pesanteur, l'absorption et la tension capillaire. L'eau est liée aux constituants du sol par deux catégories de forces : Les forces osmotiques et les forces matricielles (les forces d'imbibition, les forces capillaires) (Gauthier, 1991 ; Danielle et Mazliak,1995 ;Heller et *al.*,1998).

3.4.4. Les humidités caractéristiques du sol

Gauthier(1991), Heller et *al.*,(1998) et Hallaire(1999),signalent plusieurs valeurs d'humidités pondérales ou volumiques qui permettent de caractériser un sol par exemple la capacité de rétention maximale, la capacité au champ, le point de flétrissement(pf).

3.4.5. Les humidités utiles aux plantes

Gauthier(1991), définit l'humidité utile aux plantes comme étant la réserve utilisable. Cette quantité d'eau est fonction de la profondeur et de la nature de sol prospecté par les racines. La réserve facilement utilisable(RFU) est la quantité d'eau qu'il faut apporter aux plantes pour faire passer l'humidité du sol du point de flétrissement temporaire à la à capacité de rétention. On n'admet généralement que la RFU représente2/3 de la réserve utilisable (Gate,

1995). La réserve utilisable(RU) représente la quantité maximale d'eau prélevée par les racines des plantes, elle se situe entre la capacité au champ et le point de flétrissement.

3.5.Le déficit hydrique et ses conséquences sur les plantes

Le manque d'eau pour la plante peut avoir des incidences plus ou moins néfastes, il peut s'agir d'un simple flétrissement limitant la photosynthèse et se traduisant par un arrêt de croissance ou un manque d'accumulation de réserves. Bien qu'utilisée pour la mise à fleur de certaines plantes, un manque d'eau peut aussi provoquer l'avortement des organes sexuels, la chute des fleurs, des fruits et même des feuilles en commençant par les plus âgées(Turner,1979 ;Turner et *al.*,1986 ;Venora et Calcagno,1991 ;Upadhayaya et Furnes,1994).

Le déficit hydrique a un grand impact sur la croissance et la productivité des plantes en réduisant la turgescence des feuilles, l'expansion cellulaire, la conductance stomatique et la photosynthèse, il provoque également l'augmentation de la synthèse d'ABA et des concentration des solutés dans les tissus(Lauer et Boyer,1992 ; Enixon,2004).

3.5.1.Action sur le métabolisme glucidique

Le déficit hydrique affecte le métabolisme des hydrates de carbones avec une accumulation des sucres et d'autres composés organiques. Les changements dans le contenu en carbohydrates sont particulièrement important vue leur relation directe avec plusieurs processus physiologiques tel que :la photosynthèse, la translocation et la respiration(Wang et Sruttle, 1992 ; Kiniry, 1993 ; Al Hakimi et *al.*,1995 ;Dubos,2001).

3.5.2.Action sur le métabolisme protidique

Le contenu en protéine dans les feuilles diminue suite au manque d'eau. Cette diminution est causée par l'inhibition de la synthèse et l'augmentation du catabolisme suite à l'activité hydrolytique accrue(Thompson, 1980 ;Ksaka et *al.*,2005).L'enzyme principale,ribulose bis phosphate carboxylase-oxygénase représente 50% des protéines des feuilles, sa déshydratation cause une diminution dramatique(environ deux fois)de la protéine la plus abondante sur terre(rubisco)(Lorimer,1981 ;Chernyad'ev,2005).

3.5.3. Action sur le métabolisme lipidique

De nombreux travaux ont montré que la teneur en lipides des membranes chloroplastiques diminue et que leur composition est modifiée(Millar et *al.*,1996 ;Priault et *al.*,2007).La dégradation des lipides membranaires, tout comme celle des protéines, perturbe fortement le

fonctionnement cellulaire et provoque une réduction de la perméabilité sélective, ce qui influence les échanges moléculaires intra et intercellulaire et le transport d'électrons (Taiz and Zeiger, 2002 ; Priault, 2006).

3.5.4. Action sur l'intégrité membranaire

De nombreuses études ont montré le rôle des membranes cellulaires dans la résistance des végétaux à la sécheresse. Dans le cas de certaines espèces sensibles à la déshydratation, l'organisation générale de la cellule peut être affectée, dans la mesure où la sécheresse conduit à une perte de la compartimentation et à une destruction de certains organites cellulaires. Ces altérations résultent des réactions chimiques, enzymatiques et des destructions mécaniques par plasmolyse. En condition de stress hydrique, l'activité de plusieurs enzymes s'intensifie.

3.5.5. Action sur les feuilles

Chez la majorité des espèces végétales, le déficit hydrique diminue la taille des feuilles, d'autres changements incluent l'épaississement des parois cellulaires. Les feuilles des plantes steppiques deviennent plus épaisses ; l'épaississement se manifeste comme une augmentation du rapport entre la feuille à sa surface, ce paramètre est la densité spécifique foliaire (LSD) (Cherny'd'ev, 2005). En réduisant la taille des feuilles et leur surface verte, le stress hydrique diminue la durée de vie des feuilles par voie de conséquence, la capacité photosynthétique (Turner et al., 1987 ; Martre, 1999 ; Eniscon, 2004).

3.5.6. Action sur la transpiration

Les modifications qui affectent la feuille ont des répercussions directes sur la transpiration, la plante ferme ses stomates pour réduire ses pertes en eau. Cette fermeture va entraîner des modifications physiologiques, morphologiques et phénologiques. L'entrée du CO₂ est également verrouillée lors de cette fermeture, entraînant une perturbation de l'activité photosynthétique. La fermeture emprisonne une bonne part de l'énergie destinée par transpiration, ce qui a pour conséquence l'augmentation de la température foliaire (Kotchi, 2004).

3.5.7. Action sur la photosynthèse

Il existe une relation linéaire entre la teneur en eau de la feuille et la réponse photosynthétique. La réduction de l'activité photosynthétique peut être causée par des facteurs stomatiques (fermeture des stomates), des facteurs non stomatiques (diffusion du CO₂ vers de réduction, inactivation des enzymes de l'incorporation du CO₂.....) et des facteurs liés

à la redistribution des néo-assimilés (Matthews et Boyer, 1984 ; Seeman *et al.*, 1987 ; Vassey *et al.*, 1991). Le déficit hydrique provoque une diminution de la teneur en pigments photosynthétiques (chlorophylles et caroténoïdes), des changements du rapport chlorophylle, des altérations des feuilles et des structures des chloroplastes, inhibe les créations claires et sombres de la photosynthèse, et empêche la biosynthèse des protéines cellulaires. Il affecte également l'enzyme principale de la photosynthèse, Rubisco, qui diminue l'intensité de l'assimilation photosynthétique du dioxyde de carbone et accélère le vieillissement des feuilles (Chernydyev, 2005).

3.5.8. Action sur la température interne

Le stress hydrique a un effet direct sur la température de la végétation. Cette température foliaire dépend de son intensité et son apparition dans le développement de la plante. La contrainte hydrique peut entraîner ou non une perte de qualité et de rendement dans la production agricole par la modification de la mise en place des capteurs photosynthétiques, la répartition des assimilés entre les différents organes (tiges, feuilles et graines), la quantité de graines récoltées et aussi l'accumulation des composés majeurs (lipides, protéines, glucides) (Kotchi, 2004).

3.5.9. Action sur la croissance et le développement

La croissance de la plante implique des facteurs génétiques, physiologiques, écologiques et morphologiques ainsi que leur interaction. Le déficit hydrique réduit ce phénomène à travers l'inhibition des différents processus physiologique et biochimiques dont, la photosynthèse, la respiration, la translocation des substances, la nutrition minérale, la synthèse et la migration des phytohormones (Kramer, 1980 ; Chaves, 1991).

4. Stress salin

4.1. Définition

D'après Parida et Das (2005), le terme de stress salin s'applique surtout à un excès d'ions en particulier, mais pas exclusivement, aux ions Na^+ et Cl^- présents dans la rhizosphère et dans l'eau.

4.2. La salinité

La salinité est un facteur abiotique, c'est la présence de concentrations excessives en sels solubles ou lorsque les concentrations en Na, Ca, Mg sous forme de chlorures, carbonates ou

Synthèse bibliographique

sulfates sont présentent en concentration anormalement élevées .Un sol salé indique la prédominance de NaCl(Aslum, 1990).

4.2.1. La Salinité dans le monde

En moyenne, le monde perd 10 hectares de terres cultivables par minute, dont 3 hectares à cause de la salinisation.10à15% des surfaces irriguées (20à30 millions d’hectares)souffrent, à des degrés divers, de problèmes de salinisation(Mermoud, 2006).Environ 800 millions d’hectares de terres sont affectées par la salinité, ce qui représente environ 6% de la superficie totale des terres de la planète et 20% de la superficie cultivée dans le monde(Jia et al.,2011 ;Jyothi-Prakash,2015) (Tableau N 6) .

Dans les zones arides et semi-arides du monde, des ressources hydrauliques importantes sont disponibles mais elles sont de qualité médiocre(saumâtre).La salinisation des sols dans ces régions est non seulement liée aux conditions climatiques (fort ensoleillement et faible pluviométrie) mais également au recours souvent mal contrôlé à l’irrigation, ce qui entraine une accumulation des sels dissous en surface (Ben Naceur et al.,2001).En Afrique, 39 millions d’hectares, sont des sols salins et parmi eux 34 millions d’hectares sont des sols sodiques (FAO,2008)(Tableau 6).

Tableau6 : Les superficies affectées par la salinité dans le monde.

Région	Millions d’hectares	Région	Millions d’hectares
Afrique	80.5	Australie	357.3
Europe	50.8	Mexique et Amérique centrale	2.0
Amérique du nord	15.7	Asie centrale et du nord, Asie du sud Est	211.7
Amérique du sud	129.2		
Asie du sud	87.6		

(Fradj Zarhoun, 2006)

4.2.2. La salinité en Algérie

La zone aride en Algérie couvre près de 95% de territoire national(Halitim,2011).Dans ces écosystème, marqués par des sécheresses rigoureuses et fréquentes, la salinisation des sols se manifeste comme l’un des principaux facteurs limitant le développement des plantes(Jebara et

al.,2000 ; M'barek et *al.*,2001 ;Bouda,2010).En Algérie plus de 20% des sols irrigués sont concernés par les problèmes de salinité (Rouabhia et Djarbi, 2010).Les sols salins 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, 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(Aubert, 1982).

4.3. L'origine de la salinité

La salinité a plusieurs origines, nous citons les suivantes :

- **La roche mère :** Le sel peut s'être formé pendant la désagrégation de la roche mère (Haj Nadjib, 2007), l'altération de celle-ci peut libérer les éléments nécessaires à la formation des sels solubles (altération de minéraux primaires riches en sodium, de roches volcaniques et de produits de l'hydrothermalisme riche en soufre et en chlore) (Boualla et *al.*,2012).
- **La nappe phréatique :** D'après Slama(2004), la nappe phréatique salée est peu profonde et provoque une salinisation de l'horizon de surface du sol par la remontée capillaire. L'aptitude du sol à transmettre l'eau et les solutés vers la surface dépend de la texture, l'homogénéité verticale du profile et de l'horizon de surface s'il est travaillé ou non. Le fort pouvoir évaporant du climat semi-arides été influence sensiblement l'ampleur de la remontée capillaire
- **La minéralisation de la matière organique :** Comme tout amendement organique, le fumier, lors de son application, peut augmenter la salinité du sol. La quantité de fumier et son pouvoir salinisant varient avec l'espèce animale (Slama, 2004).
- **Les engrais minéraux :** L'utilisation d'engrais minéraux, en particulier quand les terres soumises à une agriculture intensive ont une faible perméabilité et des possibilités limitées de lessivage influencent la salinité des sols par l'action spécifique de chacun de leurs ions, ainsi que par les quantités solubilisées (Slama, 2004 ; Anonyme, 2009).
- **Le sel apporté par l'eau d'irrigation :**L'eau d'irrigation contient toujours une certaine quantité de sel et des méthodes incorrectes d'irrigation peuvent mener à l'accumulation de ce sel pendant l'envahissement par l'eau qui s'évapore encore en profondeur alors que le sel transporté se précipite (Haj Najib, 2007).

4.4. Les principaux sels solubles

Nous distinguons trois grands groupes de sels solubles : les chlorures, les carbonates et les sulfates (Aubert, 1982, Hulin, 1983 *in* : Boutelli, 2012).

-Chlorures : Le chlorure est un sel principal responsable de la formation des sols salés. Il a une solubilité très élevée et une forte toxicité pour les végétaux.

Parmi ces sels nous avons :

*Chlorure de sodium(NaCl) : le sel plus répandu très soluble et hautement toxique.

*Chlorure de potassium(KCl) : un sel voisin du NaCl . Mais peu trouvé dans la nature.

*Chlorure de calcium(CaCl_2) : un sel relativement rare dans les sols.

-Carbonates : D'après FAO et UNESCO, 1967 *in* : Boutell, (2012). Les Sels carbonatés sont très répandus dans les sols. Parmi ces sels nous avons :

*Carbonate de magnésium(MgCO_3) : Sa solubilité est très élevée.

*Carbonate de sodium(NaCO_3) : Un sel très toxique par sa solubilité et son pouvoir alcalisant.

*Carbonate de potassium(K_2CO_3) : extrêmement rare dans les sols.

-Sulfates : Les sulfates se trouvent en quantités variables dans les sols. Parmi ces sels nous avons :

*Les sulfates de calcium(CaSO_4) : peu dangereux du fait de leur faible solubilité.

*Le sulfate de magnésium(MgSO_4) : très toxique avec une solubilité très élevée.

*Le sulfate de sodium(Na_2SO_4) : hautement toxique avec une solubilité de 300g/l.

*Le sulfate de potassium(K_2SO_4) : en faible quantité au niveau du sol.

4.5. La mesure de la teneur en sels solubles

Il existe plusieurs grandeurs permettant de caractériser la teneur en sels solubles dans une eau d'irrigation ou une solution du sol. La plus complète repose sur la mesure de la quantité des ions majeurs(Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} et carbonates). Les espèces azotés, ammonium(NH_4^+) et nitrate(NO_3^-), peuvent aussi être considérées localement en fonction de leur abondance. Les résultats sont alors exprimés en nombre de charges(Ci , en eq/l ou mole/l) ou en masse(TDS, Total Dissolved Solid, en g/l) que ce soit pour chacun des sels ou leur quantité globale(Marletet Job, 2006).

4.6. Effet de la salinité sur les végétaux

La salinité est l'un des facteurs limitant pour la croissance des plantes. Les effets de la salinité sont multiples : l'arrêt de croissance, le dépérissement des tissus sous forme de nécroses marginales, suivi par une perte de turgescence, et une chute des feuilles et finalement par la mort de la plante (Zid, 1982).La salinité provoque aussi le plus souvent un retard dans le développement (El Makkaoui, 1990 et Boukachabia, 1993).La croissance foliaire est généralement plus affectée par le sel que la croissance racinaire comme chez l'orge (El Makkaoui, 1990). D'une façon générale la tolérance au sel n'est pas constante pour une même espèce ou variété. Elle peut changer en fonction de l'âge physiologique ou du stade de développement de la plante (Maas et Hoffman, 1977).

4.6.1. Effet de la salinité la germination

La germination est considérée comme une étape critique dans le cycle de développement de la plante. En effet, elle conditionne l'installation de la plantule, son branchement sur le milieu, et probablement sa productivité ultérieure. La salinité diminue la vitesse de germination et réduit le pouvoir germinatif. La réduction du pouvoir germinatif est due à l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol, qui ralentit l'imbibition et limite l'absorption de l'eau nécessaire au déclenchement des processus métaboliques impliqués dans la germination (Hajlaoui et *al.*,2007).

La réaction des plantes à la salinité est très différente selon que l'on s'intéresse à la phase de la germination ou à celle du développement. La germination devient un facteur déterminant pour la réussite de la croissance des plantes dans les milieux salés. Bien que les halophytes possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade germinatif (Belkhodja et Bidai, 2004).

4.6.2.Effet de la salinité sur la croissance et le développement

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes(Bouaouina et *al.*,2000).Le sel diminue de la croissance de l'appareil végétatif par la réduction du nombre des feuilles et la diminution de la surface foliaire (Ben Khaled et *al.*, 2007).La contrainte saline diminue la croissance des glycophytes en modifiant l'équilibre hydrique et ionique des tissus, au niveau des feuilles, ce phénomène est associé à une baisse de la turgescence, suite à une diminution du gradient de potentiel hydrique entre la plante et le milieu. La compartimentation des ions entre les organes (racines, parties aériennes),les

Synthèse bibliographique

tissus(épiderme,mésophylle),ou encore entre les compartiments cellulaires (vacuole, cytoplasme)est l'un des mécanismes d'adaptation à la contrainte saline(Ouerghi et *al.*,2000).

La salinité accrue est accompagnée par une réduction dans la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, la longueur des racines et la surface racinaire (Mohammad et *al.*, 1998).

4.6.3. Effet des sels sur les principales fonctions chez les plantes

- **Effet sur la photosynthèse** : Le stress salin cause des effets à long et à court terme sur la photosynthèse. Les effets à court terme se manifestent après quelques heures jusqu'à un à deux jours de l'exposition au stress, et la réponse est importante, il ya arrêt complet de l'assimilation du carbone. L'effet à long terme s'exprime après plusieurs jours de l'exposition au sel et la diminution de l'assimilation du carbone est due à l'accumulation du sel dans les feuilles en développement (Parida et Das, 2005).
- **Effet sur la nutrition minérale** : Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes : la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions. Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes (Haouala et *al.* 2007).
- **Effet sur l'absorption de l'eau** : La présence de quantités importantes de sels dans la solution du sol abaisse le potentiel hydrique et réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes qui ne peuvent se développer (Tromblin, 2000).

5. Mécanismes d'adaptation des plantes

La façon dont les plantes répondent aux stress hydrique et salin permet de comprendre leur répartition géographique et leur comportement en fonction de l'établissement de gradients des facteurs environnementaux. Comprendre les réponses aux stress est essentiel dans les essais entrepris pour sélectionner des cultivars capables de résister à la sécheresse, à la salinité ainsi qu'aux autres conditions susceptibles de réduire les rendements biologiques.

- **La résistance** : C'est un facteur adverse du milieu, par sa faculté de pouvoir se développer ou à demeurer vivante dans des conditions défavorables engendrées par ce facteur (Nemmar, 1983).
- **La tolérance** : Différents mécanismes peuvent interagir afin d'établir une capacité à maintenir une activité cellulaire optimale dans un milieu à potentiel hydrique très faible (Jones et *al.*,1980 ; Levitt,1980).

- **L'adaptation** : Elle se traduit, en réponse à la contrainte, par une succession de modification aux niveaux cellulaires, sub-cellulaire et moléculaire qui sont dépendantes des potentialités génétiques de l'espèce(Demarly, 1984).

6. La réponse biochimique des plantes aux stress abiotiques

Au cours d'un stress hydrique et salin la plante secrète des substances (proline et sucres solubles) pour assurer leur résistance et leur adaptation à ces contraintes. Le processus d'accumulation de proline et des sucres solubles a mis en évidence le caractère halophile, leur capacité à synthétiser et accumuler de la proline et des sucres solubles, l'accumulation des ces composés organiques au niveau des organes est un phénomène lié aux régimes salin et hydrique et à l'espèce.

6.1. La proline

La proline (pro ou p) est un acide aminé qui entre dans la composition des protéines. La structure de la proline est un peu particulière puisqu'il s'agit du seul acide aminé cyclique. En effet sa chaîne latérale constituée de deux CH₂ rejoint le NH impliqué dans la liaison peptidique. Sa structure particulière insère un coude dans les chaînes protéiques et brise les hélices α et les feuillets β . Elle peut toutefois créer des hélices particulières, les hélices à proline comme celles retrouvées dans le collagène.

La proline est un acide aminé non essentiel synthétisé par l'organisme. L'accumulation de cette molécule dans le cytosol est accompagnée d'une diminution de la concentration des solutés moins compatibles comme les sels solubles, et d'une augmentation du volume d'eau de cytosol(Yazici et *al.*,2007).La proline, de teneur habituellement faible dans les tissus des plantes cultivées sur milieu dépourvu de stress salin s'accumule de façon spectaculaire en réponse au stress salin. Cette accumulation résulte d'une synthèse du précurseur principal de la proline, le glutamate, qui provient des voies primaire d'assimilation de l'ammoniac ou du catabolisme des protéines (Jiménez-Bremont et *al.*,2006).

6.2. Les sucres solubles

Les sucres solubles sont des signaux pour l'insecte et la plante. Les sucres solubles stockés chez les plants sous forme d'amidon, jouent un rôle structurel sous forme de cellulose. Les halophytes sont capables de lutter contre la sécheresse et la salinité en produisant des composés dits osmoprotecteurs(ou solutés compatibles ou osmorégulateurs).Ces composés,

Synthèse bibliographique

par leur concentration, assure l'ajustement osmotique entre le cytosol et la vacuole (Ashraf et Foolad,2007).

Comme de nombreux autres constituants, les sucres peuvent servir de composés solubles compatibles pour l'ajustement osmotique(Rejiskvà et *al.*,2007).Ainsi les enzymes liées aux métabolisme des sucres semblent avoir une importance majeure dans la tolérance au stress salin(Noiraud et *al.*,2001).L'implication des sucres dans la tolérance aux stress a été mise en évidence par les corrélations observées entre le contenu en certains sucres et l'acquisition de la tolérance aux sels solubles.

Chapitre III : Matériel et Méthode

1. Objectif du travail :

L'objectif recherché à travers cette étude est l'analyse de la réponse aux stress hydrique et salin de plantules d'*Atriplex halimus* L. obtenue à partir de graines provenant de la région de Tamanrasset.

2. Site expérimental :

Nous avons réalisé notre travail au sein du laboratoire de Biotechnologie végétale du département de biotechnologies de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Blida 1. L'expérimentation s'est déroulée dans une serre en polycarbonate dont l'orientation est nord sud et dont la superficie est de 382 ,5m².

L'aération est assurée par des fenêtres placées latéralement de part et d'autres de la serre. le chauffage en période froide est réalisé à l'aide de radiateurs à eau chaude.

3. Matériel végétal :

Au cours de notre expérimentation, nous avons utilisé des graines d'*Atriplex halimus* L. les semences ont été récoltées en septembre 2018 à partir d'arbustes se trouvant à l'état naturel dans la région de Tamanrasset. La figure 5 et le tableau 7 renseignent sur la localisation géographique et les caractéristiques climatiques de la région de Tamanrasset.

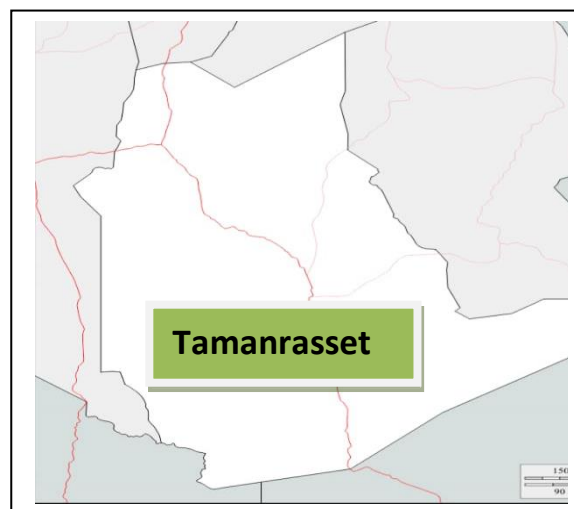


Figure 5: Carte représentant le site de récolte des graines d'*Atriplex halimus* (*Google Mapp*)

Tableau 7 : Données climatiques de la région de Tamanrasset

Station	Etage bioclimatique	Localisation	T° MAX	P (mm)
Tamanrasset	Aride	1900 au sud d'Alger	35	400

T° Max : Température maximale du mois le plus chaud, **P** : Moyenne des précipitations annuelles.

4. Mise en place de l'essai :

4.1. Mise en germination :

Les fruits d'*Atriplex halimus* ont été décortiquées manuellement, les graines obtenues sont mise à germer dans un récipient remplis d'un mélange de sable et tourbe (2V/1V) Notant que le semis était suivi immédiatement par une irrigation à l'eau de robinet.

4.2. Transplantation :

Lorsque les plantules ont atteint le stade de 2feuilles, soit 6 semaines après la mise en germination. Les jeunes plantules ont été transplantées dans des gobelets remplis du mélange tourbe /sable . Au bout de 3mois, les plantules atteignent le stade 10à12 feuilles. Les racines des plantules sont déterrées et immergées dans une solution nutritive modifiée(Figure 6) (Tableau8) (Ben Hassine et Lutts,2010),recouvert de polystyrène et conduits en système hydroponique .Après 5jours en solution nutritive sans solution stressante, les deux stress salin et hydrique sont appliqués.



Figure 6 : Solution nutritive (à gauche), dispositif hydroponique utilisé (à droite)

Tableau 8:Composition de la solution nutritive

Produit	Formule chimique	Masse molaire(g/l)
Nitrate de potassium	KNO	101.1
Phosphate d'hydrogène ammonical	(NH ₄) PO ₄	115.08
Sulfate de magnésium heptahydrate	MgSO ₄ 7H ₂ O	246.49
Nitrate de calcium	Ca(NO ₃) 4H ₂ O	236.16
Chlorure de potassium	KCL	74.55
Acide borique	H ₃ BO ₃	61.84
Sulfate de manganèse (II)monohydrate	MnSO ₄ H ₂ O 4	169.01
Sulfate de zinc heptahydrate	ZnSO ₄ 7H ₂ O	289.55
Sulfate de cuivre pentahydrate	CuSO ₂ 5H ₂ O	249.71
Molybdate de sodium	Na ₂ M ₀ O ₄	205.92.
Fer chélate	Fe EDTA	346.08

(Ben Hassine et Lutts,2010)

4.3. Application des stress :

Les stress sont appliqués pendant 10 jours. Les solutions de stress sont préparées par la dissolution de chlorure de sodium (NaCl) et de polyéthylène glycol (PEG6000) dans la solution nutritive.

Solution de PEG6000 :

- T0 : la solution nutritive uniquement
- T1 : SN+50g /l de PEG6000
- T2 : SN+ 100g/l de PEG6000

Solution de NaCl :

- T0 : la solution nutritive uniquement
- T1 : SN+ 100 mmole de NaCl
- T2 : SN+300 mmole de NaCl

SN= solution nutritive

Les doses de NaCl (100 et 300 mmole) utilisées ont été choisies à partir des travaux de **Bouchenak (2014)**.

Les solutions PEG-6000 diffèrent de celles de la plupart des sels et des sucres et sont apparemment liées à des changements structuraux dans le polymère PEG, les quantités de PEG6000 (50 et 100g/l) utilisés dans notre travail ont été calculées à l'aide de la formule de **Michel et Kaufmann (1973)**.

4.4. Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental adopté est un bloc aléatoire complet sans contrôle d'hétérogénéité à randomisation totale, avec 6 répétitions.

5. Analyses biochimiques :

5.1. Dosage de la proline :

La proline est dosée à partir des feuilles et des racines des plantules d'*Atriplex halimus* selon la technique utilisée par Roll et Lindsey (1955) simplifiée et mise au point par Dreier et

Goring (1974). Le principe est la quantification de la création proline –ninhydrine par mesure spectrophotométrique. Les étapes de dosage de la proline sont les suivantes :

- Mettre 100mg de matière fraîche végétale foliaire dans des tubes à essai couverts(pour éviter la volatilisation de l'alcool)
- Ajouter 2ml de Méthanol à 40%.
- Porter les tubes couverts à l'ébullition au bain-marie à 85c° pendant 60min.
- Après refroidissement, prélevé 1ml de la solution de chaque tube et la mis dans de nouveau tubes auxquels,
- Ajouter 1ml d'acide acétique
- Ajouter 300ml d'acide acétique, 80ml d'acide orthophosphorique et 25mg de ninhydrine dans des tubes contenant 120 ml d'eau distillée . L'ensemble est porté à l'ébullition au bain marie durant 30min (100°C). La solution vire vers le rouge.
- Après refroidissement des solutions, ajouter 5ml de toluène dans chaque tube.
- Après agitation au vortex. La phase supérieure contenant le chromatophore est prélevée auquel est ajouter à l'aide d'une spatule pour éliminer l'eau quelle contient 5mg de sulfate de sodium oxydé. Après 48h, on procède à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 528nm.

La teneur en proline est calculée selon l'équation :

$$\text{Proline } (\mu\text{g /g MF}) = D.O528 * 0.62$$

5.2 .Dosage des sucres solubles totaux :

- Le dosage des sucres solubles totaux a été fait au niveau des feuilles et des racines des plantes selon la méthode Dubois, (1956). L'extraction des sucres solubles consiste à
- Mettre 100mg de matière fraîche dans des tubes à essai
- Ajouter 2ml d'éthanol à 80%. Le tout est laissé 48H à l'obscurité
- Mettre les tubes à essai dans un bain marie à 70.
- Après refroidissement, ajouter à chaque tube à essai à 20ml de l'eau distillée.
- Prélever 1ml de la solution et ajouter 1ml de phénol à 5% en prenant soin de bain agiter .
- Ajouter 5ml d'acide sulfurique concentré dans des tubes .
- La solution est passé au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution. En fin le tout est laissé se reposer pendant 10 min, puis placer au bain marie pendant 10 à 20

min à 30°C puis on procède à la lecture au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 490 nm.

- La teneur en sucres solubles est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Sucres solubles } (\mu\text{g /g MF}) = D.O490 * 1.657$$

6. Analyses statistiques :

Les paramètres statistiques obtenus par traitements des données, moyenne et écart-type, ont été calculés à l'aide du logiciel Excel, ainsi que pour la réalisation des graphes.

Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel R Studio considérant les résultats significatifs quand $P < 0.01$. Les différences pour les divers paramètres ont été analysées en utilisant une ANOVA (analyse de variance) et le test de Tukey HSD (Honest Significant Différence) pour la comparaison des moyennes.

Chapitre VI : Résultats et discussion

1. Effet du stress salin sur les plantules d'*Atriplex halimus* L.

1.1 Teneur en proline au niveau des feuilles

La figure 07 indique la teneur en proline au niveau des feuilles d'*Atriplex halimus* L. On remarque une diminution de la teneur en proline avec l'augmentation des concentrations en NaCl.

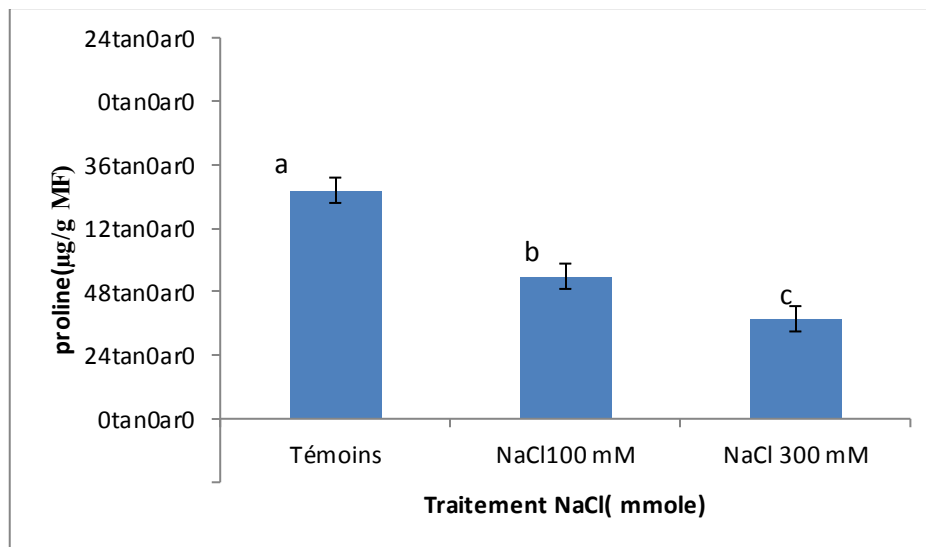


Figure 7 : Teneur en proline au niveau des feuilles d'*Atriplex halimus*.

L'analyse de variance indique qu'il y a une différence significative entre T0 et T1 et une différence hautement significative entre T0 et T2 ($P < 0.001$). Les plantules stressées par le traitement T1 (100 mmole) accumulent une quantité de proline avoisinant 0,022 µg/g comparé aux plantules témoins qui présentent une teneur en proline de 0,035 µg/g. Les plantules stressées par le traitement T2 (300 mmole de NaCl) accumulent la plus faible quantité en proline, qui est de 0,015 µg/g.

1.2. Teneur en proline au niveau des racines

La figure 8 montre la teneur en proline au niveau de la partie racinaire des plantules d'*Atriplex halimus*, stressées avec différentes solutions de sel. La teneur en proline augmente chez les plantules stressées par le premier traitement T1 (100 mmole) et marque une quantité de 0,039 µg/g. En revanche, les plantules stressées par le deuxième traitement T2 (300 mmole

de NaCl) accumule une très faible quantité de proline (0,010 μ g/g) et ne présente aucune différence significative avec les plantules témoins (P=0.98) (figure 07).

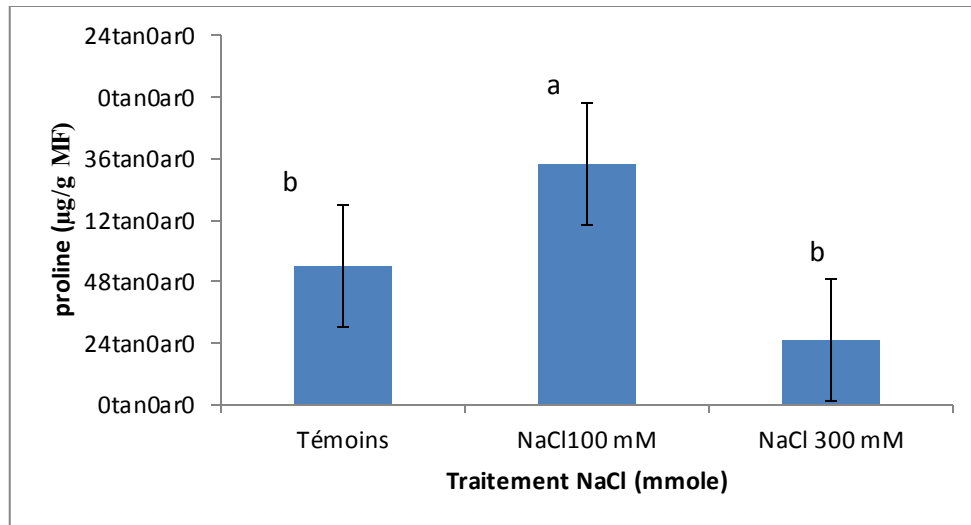


Figure 8: Teneur en proline au niveau des racines d'*Atriplex halimus* L.

1.3. Teneur en sucres solubles au niveau des feuilles

La figure 09 indique la teneur en sucres solubles au niveau des feuilles des plantules d'*Atriplex halimus* L stressées avec des solutions de NaCl. L'analyse de variance ANOVA confirme l'absence d'une différence significative entre les différents traitements (probabilité est supérieure à 0.01).

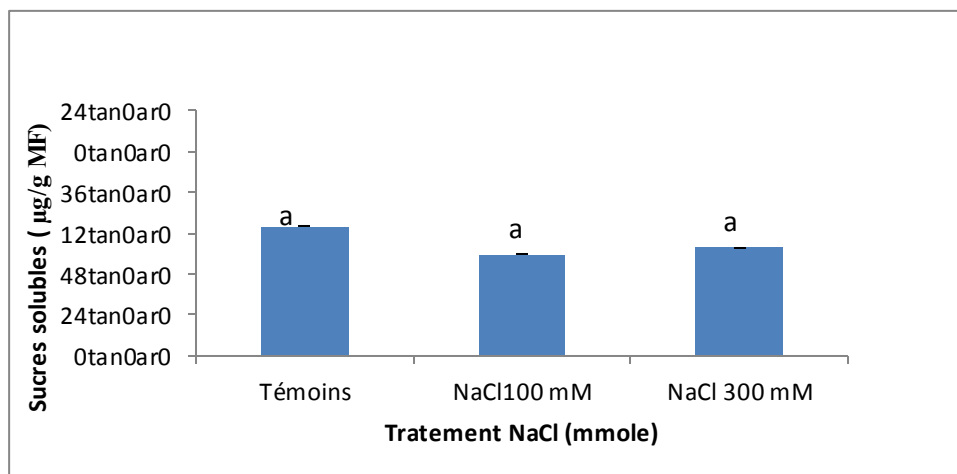


Figure 9 : Teneur en sucres solubles au niveau des feuilles d'*Atriplex halimus* L.

1.4. Teneur en sucres solubles au niveau des racines

La figure 10 indique la teneur en sucres solubles au niveau des racines des plantules d'*Atriplex halimus* L stressées avec des solutions de NaCl. Les résultats de la partie racinaire sont similaires à celles de la partie aérienne (figure 9), l'analyse de variance ANOVA indique l'absence d'une différence significative entre les différents traitements.

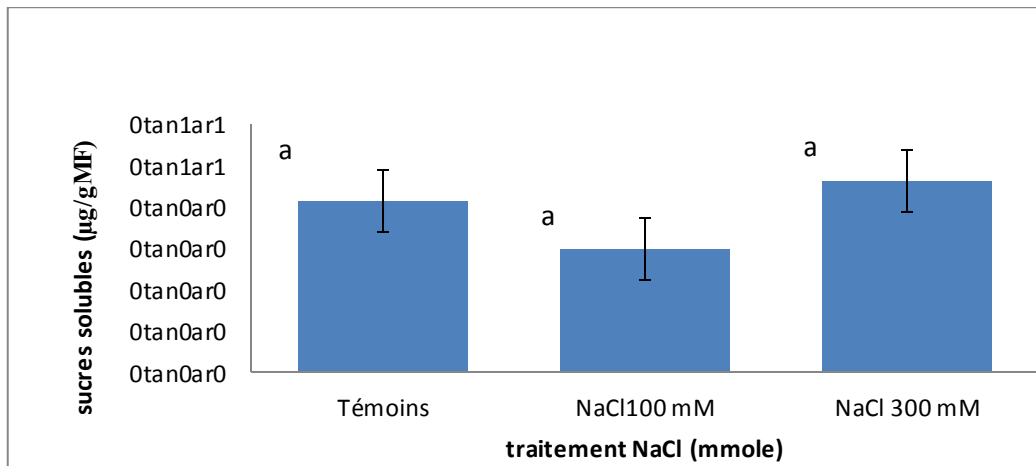


Figure 10: Teneur en sucres solubles au niveau des racines d'*Atriplex halimus* L.

2. Effet du stress hydrique sur les plantules d'*Atriplex halimus* L.

2.1. Teneur en proline au niveau des feuilles

Les résultats présentés dans la figure 11 montrent une augmentation de la teneur en proline au niveau des feuilles des plantules d'*Atriplex halimus* L. stressées par le deuxième traitement T₂ (PEG=100 g/l), qui présentent une teneur de 0,046µg/g, comparées aux plantules témoins avec 0,035µg/g de proline.

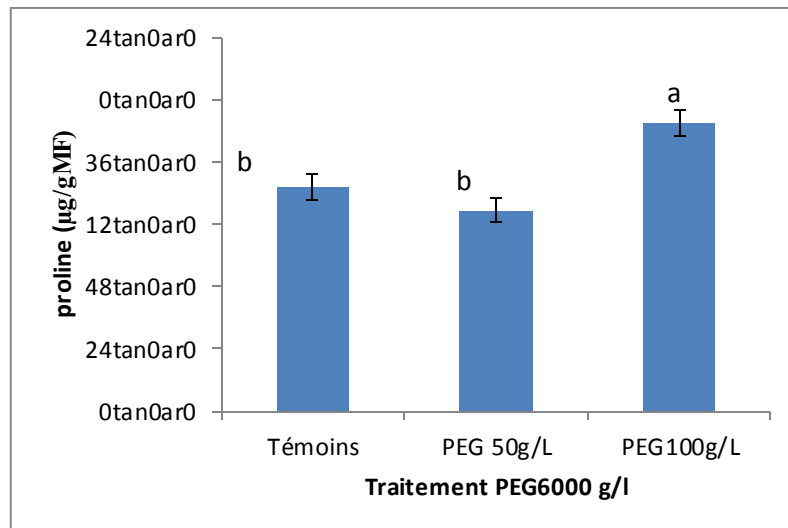


Figure 11 : Teneur en proline au niveau des feuilles d'*Atriplex halimus*

L'analyse de variance ANOVA montre qu'il ya :

- ✓ Un groupe homogène (b, b) : T₀ et T₁, aucune différence significative entre ces deux traitements
- ✓ Un groupe (a) : comprenant le traitement T₂

2.2. Teneur en proline au niveau des racines

Les plantules stressées avec le traitement T₁ exprime une teneur en proline de 0,032 µg/g et ne présentent aucune différence significative avec les plantules témoins (T₀=0,035µg/g.) Les plantules stressées par le traitement T₂ accumulent une plus grande quantité en proline, avec une moyenne de 0,046 µg/g (Figure 12).

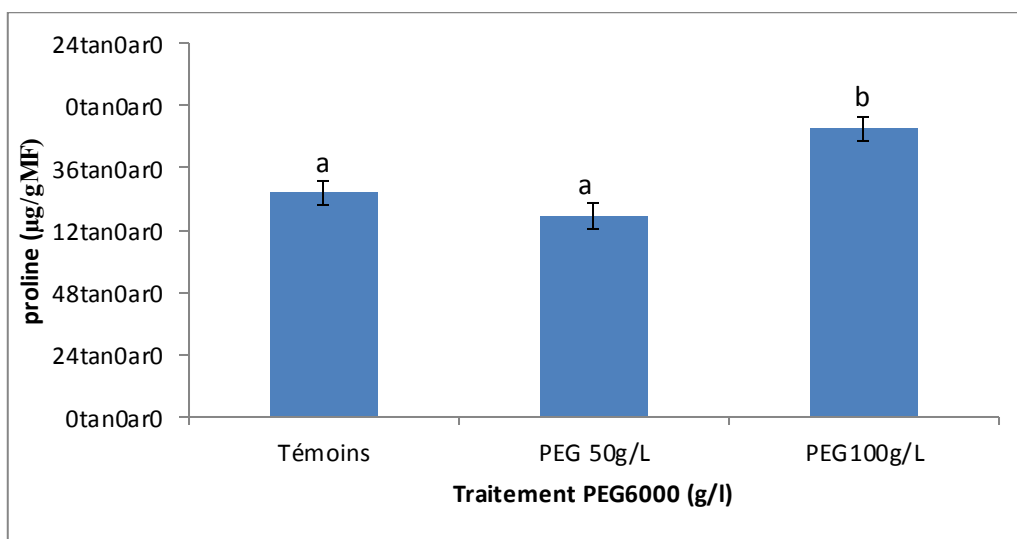


Figure 12: Teneur en proline au niveau des racines d'*Atriplex halimus*

2.3. Teneur en sucres solubles au niveau des feuilles

On observe une augmentation de la teneur en sucres solubles chez les *Atriplex halimus* stressées par les deux traitements de PEG6000 (figure 13).

- Les plantules stressées avec 50 g/l de PEG6000 (T₁) marquent une teneur de 0,38 µg/g par rapport aux témoins (T₀=0,031 µg/g)
- Les plantules stressées par 100 g/l de PEG6000 (T₂) présentent une teneur en sucres solubles de 0,28 µg/g.

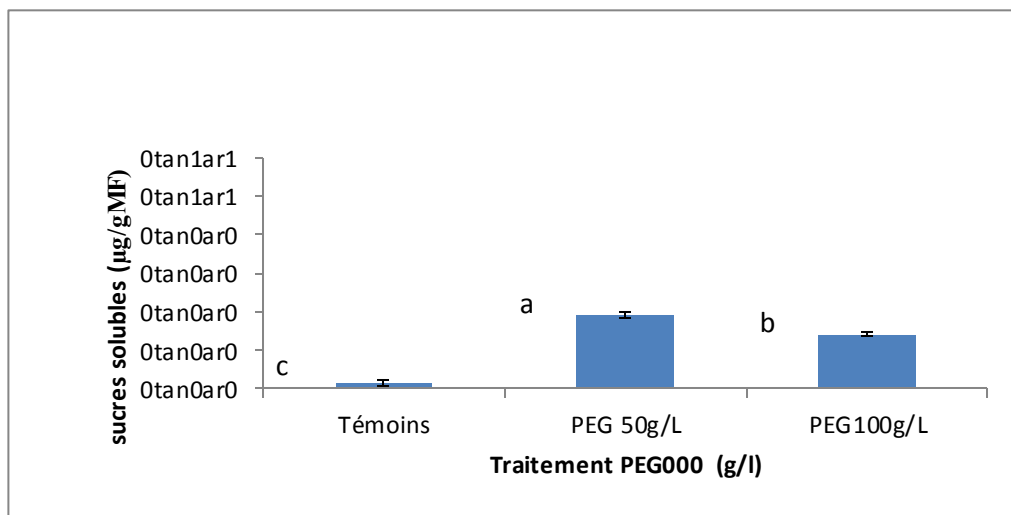


Figure 13: Teneur en sucres solubles au niveau des feuilles d'*Atriplex halimus* L.

L'analyse de variance montre qu'il ya une différence hautement significative entre T₀ et T₁ et entre T₀ et T₂ (p<0.001)

2.4. Teneur en sucre soluble au niveau des racines

On remarque que la teneur en sucres solubles au niveau des racines diminue chez les plantules stressées par les deux concentrations en PEG60000 T₁=50g/l et T₂=100g/l par rapport aux plantules témoins (figure 14).

- La teneur en sucres solubles chez les plantules stressées par T₁ est de 0,61 µg/g
- La teneur en sucres solubles chez les plantules stressées par T₂ est de 0,44 µg/g

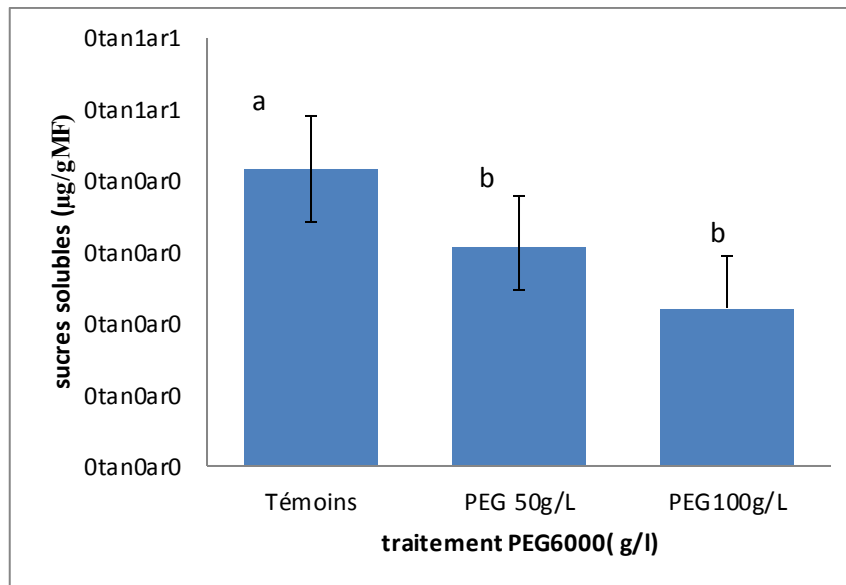


Figure 14 : Teneur en sucres solubles au niveau des racines d'*Atriplex halimus* L.

L'analyse de variance révèle une différence significative entre T₀, T₁ (P=0,017) et T₀, T₂ (P=0,001)

3. Comparaison entre les deux stress

3.1. Teneur en sucres solubles au niveau des feuilles

On observe une accumulation très faible de sucres solubles chez les plantules stressées par différentes doses de NaCl comparées aux plantules stressées par des solutions de PEG6000 (figure15).

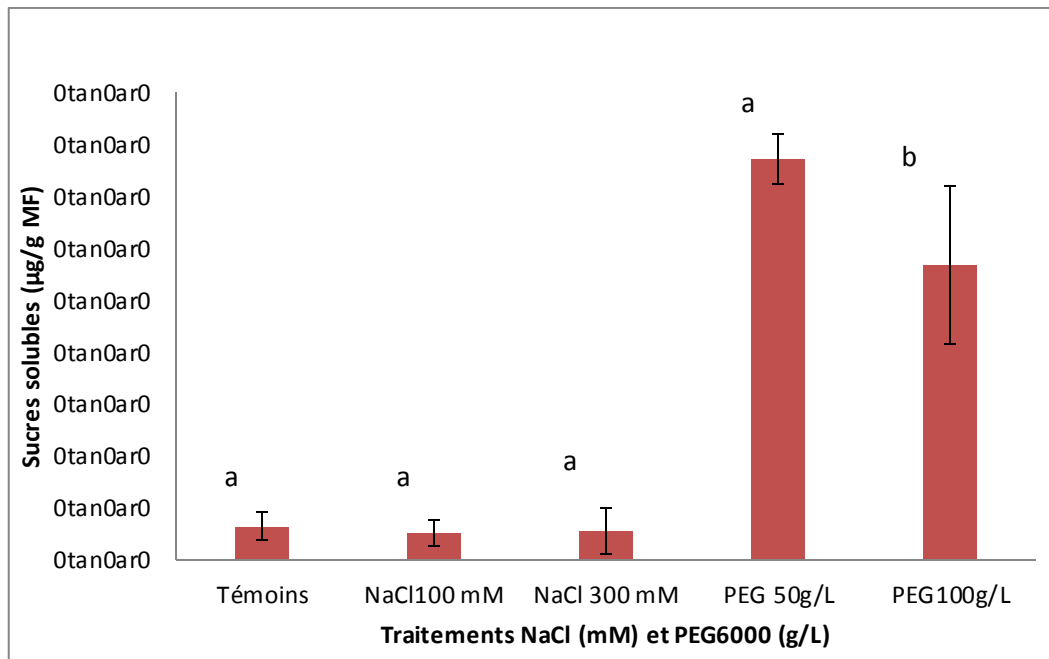


Figure 15 : Teneur en sucres solubles au niveau des feuilles d'*Atriplex halimus* L.

3.2. Teneur en sucres solubles au niveau des racines

Les résultats montrent que les quantités des sucres solubles sont plus élevées au niveau des racines des plantules d'*Atriplex halimus* L. stressées par les solutions en NaCl comparés aux plantules stressées par les solutions en PEG6000 (figure 16).

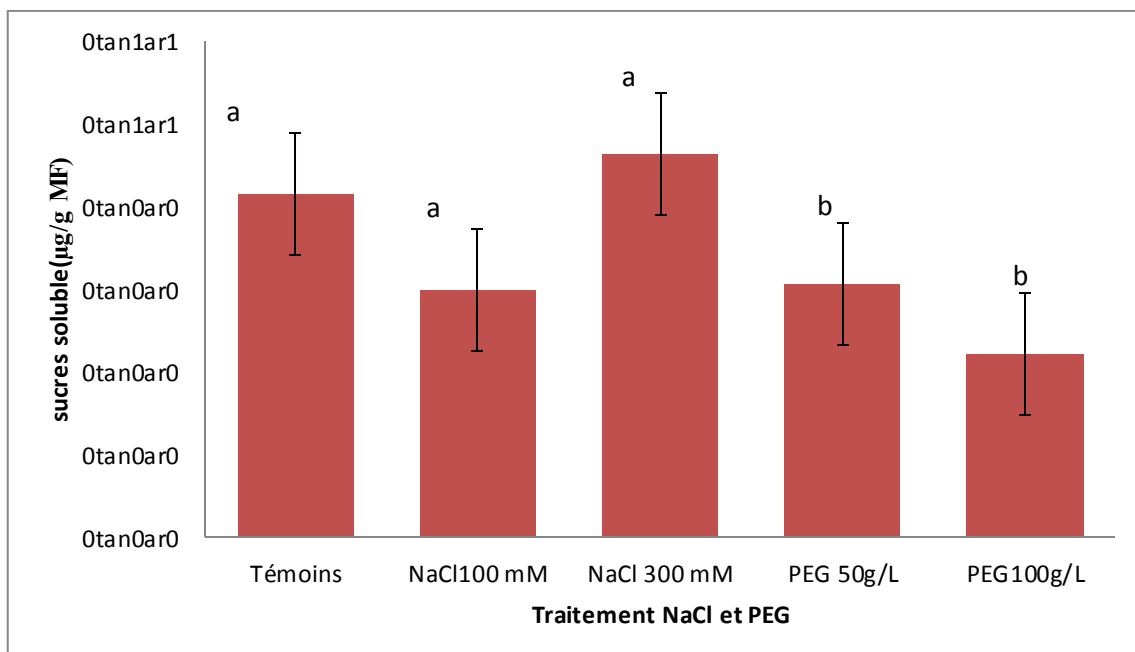


Figure 16: Teneur en sucres solubles au niveau des racines d'*Atriplex halimus* L.

3.3. Teneur en proline au niveau des feuilles

Les résultats indiquent une diminution de la quantité de proline au niveau des feuilles des plantules stressées par 100 et 300 mmole de NaCl (0,022 et 0,015 $\mu\text{g/g}$, respectivement) ainsi que chez celles stressées par 100 g/l de PEG6000 (0,032 $\mu\text{g/g}$) (figure 17).

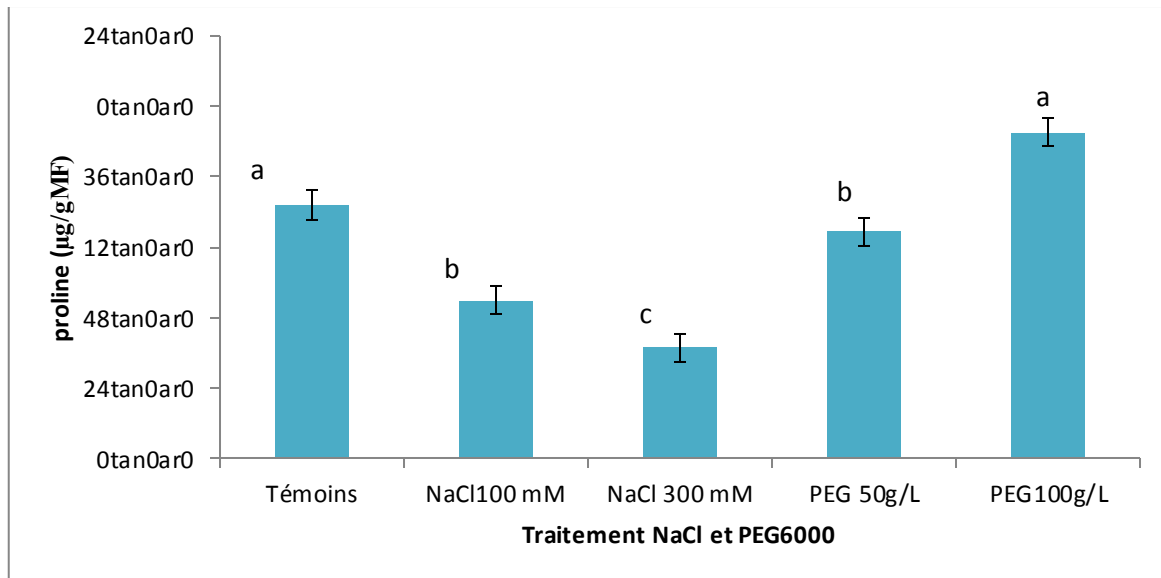


Figure 17: Teneur en proline au niveau des feuilles d'*Atriplex halimus* L.

3.4. Teneur en proline au niveau des racines

A partir des résultats la figure 18, on remarque une augmentation de la teneur en proline dans les racines des plantules stressées à faibles doses de NaCl et de PEG6000. En revanche, les plantules soumises à de fortes doses de NaCl et de PEG présentent une quantité de proline plus faibles mais qui ne présentent aucune différence significative avec les plantules témoins.

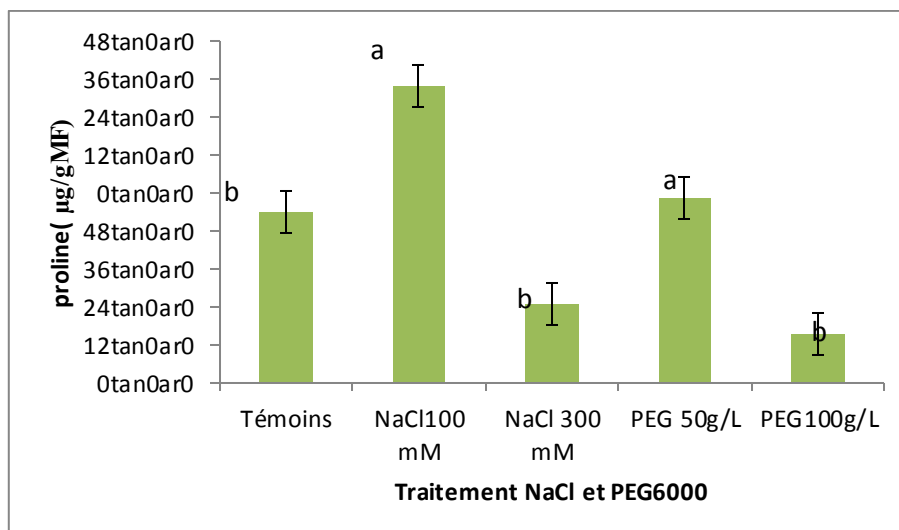


Figure 18 : Teneur en proline au niveau des racines d'*Atriplex halimus* L.

Discussion :

La salinité est une contrainte écologique pour des sols dans le monde entier, particulièrement le bassin méditerranéen (**khan et panda, 2008**). En Afrique du nord ce phénomène est considéré comme le facteur abiotique le plus important qui limitant la croissance et la productivité des plantes (**khan et panda 2008 ; Louffy et al., 2014**). Les fortes concentrations en sels ont des effets toxiques sur la croissance des plante, le niveau élevé de salinité diminue la disponibilité d'éléments nutritifs et crée une forte pression osmotique (**Endris et Mohammed, 2007 ; Sonon et al., 2012**).

L'une des principales réponses physiologiques au stress salin consiste en l'ajustement osmotique. En effet, pour maintenir les cellules turgescents, il faut que leur potentiel hydrique interne soit inférieur au potentiel hydrique externe. L'augmentation de la concentration en sels dans le milieu extérieur entraîne une diminution du potentiel hydrique externe. Les cellules doivent donc réagir en diminuant leur potentiel interne. Ce phénomène nommé épiclèse, permet à la plante d'assurer une hypertonie constante. Les plantes halophytes présentent ainsi un haut pouvoir d'épiclèse, renforcé par l'absorption de sel et sa conduite vers les feuilles (**Heller et al., 2004**). La proline, observée chez de nombreuses monocotylédones ou dicotylédones, s'accumule aussi bien chez les glycophytes que chez les halophytes sur des cellules en suspension, ou des plantes entières pour restaurer l'équilibre osmotique entre cytoplasme et la vacuole. La synthèse de la proline est une mesure adaptative prise par les plantes et sa teneur est corrélée à la tolérance au NaCl (**Dendenet al., 2005**). L'accumulation de la proline n'est pas une réaction d'adaptation au stress, mais plutôt le signe d'une perturbation métabolique (**Hanson et al., 1977 ; Dix et Pearce, 1981**), celle ci diminue avec l'augmentation de concentration NaCl.

Concernant les résultats obtenus sur l'effet du stress salin sur la teneur en sucres solubles, on remarque que la teneur en sucres augmente avec l'augmentation des concentrations en NaCl. Ce résultat indique la capacité des plantules d'*Atriplex halimus* à synthétiser les sucres et à les accumuler dans les feuilles comme moyen d'adaptation à la contrainte saline. Les sucres solubles sont des voies des métabolismes végétaux présents aussi à la surface des plantes (**Arnault et al., 2011**). Ils sont stimulés par un stress salin (**Levigneron et al., 1995**) et produits par blocage de glycose ou de saccharose (provenant de l'hydrolyse de l'amidon). Ces sucres sont abondants dans le cas de concentrations fortement salines et déshydratantes

(Hubac, 1972 ; Binet, 1980 in : Bouhaddi ,2009). Les sucres pourraient contribuer à plus de 50% à l'ajustement osmotique des glycophytes soumises aux conditions de salinité (Farissi et al., 2014).

Le stress hydrique a été défini comme une baisse de la disponibilité de l'eau. Il se traduit par une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa reproduction par rapport au potentiel du génotype. La contrainte hydrique est le facteur ou l'ensemble des facteurs ayant pour conséquence un stress (Lamaze et al., 1994). Laberche,(2004) note que le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible par son système racinaire. Le stress hydrique est donc une restriction d'eau qui se traduit par une baisse de potentiel de la plante suite à une perturbation de son activité physiologique provoquée par un déficit de consommation en eau (Mouhouche et Boulassel, 1997).

A partir des résultats obtenus, nous remarquons que la teneur en proline augmente au niveau des feuilles et des racines d'*Atriplex halimus* L.avec l'augmentation des concentrations de PEG6000, l'augmentation de la teneur en proline est donc en relation avec l'intensité du stress. Ces résultats suggèrent que la plantule stressée a utilisé cet acide aminé comme moyen de tolérance, Cechine et al (2006) a déclaré que l'augmentation de la teneur en proline est reliée directement à l'application du stress hydrique, elle agit comme soluté permettant l'ajustement osmotique et sert aussi de réservoir de composés azotés et de carbone pour une utilisation ultérieure dans la croissance.

Les résultats montrent une diminution des teneurs en sucres solubles avec l'augmentation des concentrations en PEG6000. En revanche, une très faible quantité de sucres est accumulée au niveau des plantules stressées par les solutions de NaCl. Ce résultat traduit la capacité des plantules d'*Atriplex halimus* à synthétiser les sucres solubles et les accumuler dans les feuilles et les racines et les utiliser lorsqu'elle est exposée au stress hydrique. Nos résultats indiquent également une diminution des teneurs en proline chez les plantules stressées par les solutions salines et une augmentation des quantités chez les *Atriplex* stressés par les solutions de PEG6000.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Le stress salin est le résultat d'un déficit hydrique dans la plante sous forme de sécheresse physiologique, ce stress osmotique se traduit essentiellement par l'accumulation toxique des ions dans les cellules et/ou d'un déséquilibre nutritionnel dû à un excès de certains ions. La toxicité des ions, le stress osmotique et le déséquilibre nutritif associés ont un impact néfaste sur la croissance des plantes et leur productivité. En effet, selon le degré du stress dans le milieu, les plantes sont exposées à des modifications de leur comportement morpho-physiologique, anatomique et biochimique. Dans ces conditions, les plantes se trouvent en situation stressante et développent des mécanismes de défense.

La salinisation des sols, est l'un des principaux facteurs abiotiques qui limitent la productivité végétale, et le rendement agricole. La présence du sel dans le sol affecte les mécanismes physiologiques de la plante et limite la productivité agricole. Dans les écosystèmes arides et semi arides, la salinité résulte des fortes évaporations d'eau à partir du sol et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie. La salinité reste la plus grande contrainte, qui affranchi les sols agricoles et les parcours parce qu'elle diminue gravement le taux de la fertilité de ses sols, jusqu'à devenir stérile et non adapté à la culture ou pour le développement d'une végétation multi- espèces.

Les halophytes sont des plantes naturellement tolérantes au sel et poussent aussi bien, voir mieux dans un environnement salin qu'en conditions normales. Elles représentent la limite supérieure des capacités adaptatives des organismes végétaux à la salinité. Les halophytes, plantes dotées de caractéristiques requises pour tolérer le sel, semblent constituer un outil précieux pour valoriser les zones marginales fortement salées et menacées par la désertification.

Lors de ce travail les plantules d'*Atriplex halimus*L. obtenues à partir de graines de la région de Tamanrasset ont révélé une bonne aptitude d'adaptation à des traitements à fortes concentrations en sel. Ce qui confirme probablement l'existence d'un mécanisme efficace de tolérance à la salinité du milieu chez le pourpier de mer ainsi que sa tendance halophile. Ceci est appuyé par l'accumulation de la proline et des sucres solubles stockés au niveau des feuilles et des racines à des concentrations plus ou moins élevées.

Conclusion et perspectives

La réponse d'*Atriplex halimus*L. Varie en fonction de la nature et de l'intensité du stress appliqué. La présente étude indique une variation des teneurs en proline et en sucres solubles des principaux organes végétatifs (feuilles, racines) de l'*Atriplex halimus*. Au niveau des feuilles, le stress hydrique provoque une accumulation importante de sucres solubles. Au niveau racinaire, l'accumulation de la proline est importante à des doses modérées de NaCl et de PEG6000 (100 mmoles et 50 g/l, respectivement).

Perspectives

Il est important de valoriser et d'améliorer l'espèce autochtone *Atriplex halimus*. Sa réhabilitation et sa conservation sont nécessaires pour contribuer au développement durable des zones arides. Pour cela, il est important de mieux comprendre les mécanismes qui lui permettent de s'adapter aux environnements abiotiques.

Dans ce but nous proposons :

- ✓ L'étude des mécanismes d'adaptation et de tolérance aux stress hydrique et salin tel que la glycine betaine et le contenu en éléments minéraux.
- ✓ L'utilisation des techniques basées sur la description du comportement et la recherche des marqueurs moléculaires pour une amélioration de la tolérance aux stress abiotiques.
- ✓ L'identification des mécanismes de résistance comme le système antioxydant.

Conclusion et perspectives

Références bibliographiques

Acevedo E, Hsiao T.C.Henderson, D.W.1971 :Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to changes in water status.plant physiology 48 :631-163.

Achour A.2005 :L'effet du traitement salin sur l'évolution des Na⁺et K⁺chez l'Atriplex halimus L.Mémoire de Magister,Univ d'Oran Es-SENIA.85 p.

Adrianmi J.1945 :Sur la phytosociologie, la synécologie et le bilan d'eau des halophytes de la région néerlandaise méridionale, ainsi que la Méditerranée française.Ed.J.B.Wolters,Groningen.217 p.

Alem C,Amri A.2005 :Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge.Reviews in Biology and Biotech.

Anonyme.1994 :La steppe Algérienne. Revue statistique agricoles 14,321 p. Ministère de l'agriculture et de la révolution Agraire-Algérie.

Anonyme.1999 :Conférence Ministérielle Euro-méditerranéenne sur la gestion Locale de l'Eau. Turin 18-19 Octobre 1999.

Anonyme.2009 :Salinisation et sodification l'Agriculture durable et la conservation des sols. Fiche technique N°4.4 p.

Ashraf Met 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 maraichère(Tomate,Lycopersicum 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.

Ben Khaled L,Ouarragi E.M,Ezzedine Zid.2007 :Impact du NaCl sur la croissance et la nutrition de la variété de blé dur Massa cultivée en milieu hydroponie.Act Botanica Gallica.pp 101-116.

Belkhodja M,Bidai Y.2004 :Réponse des graines d'Atriplex halimus L.à la salinité au stade de la germination. Sécheresse.vol 15.N°4.PP 331-335.

Ben Naceur M,Rahmoune C,Sdiri H,Meddahi M.L, Selmi M.2001 :Effet du stress salin sur la germination,la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. Science et changement planétaire, sécheresse.vol.12,N°3,pp.74-167.

Benrebaha F.1987 : Contribution à l'étude de la germination de quelques espèces d'Atriplex locales et introduites. Thèse Magister.Inst.Nat.Agron,Alger,118 p.

Bouhraoua A.1989 :Contribution à l'étude d'un halophyte Atriplex halimus, cas du périmètre d'expérimentation d'El-Mesrane(W.de Djelfa).Thèse Ing.Ina,El Harrach,87 p.

Bordonneau I, Hanry M, Tourte C, Tourte Y. 2005 :Le monde des végétaux. Ed. Dunod, paris. 405.

Bouaouina S, Zid E, Hajji M. 2000 :Tolérance à la salinité, transports ionique et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.) CIHEAM-options Méditerranéennes. Pp 239-243.

Bouda S, Haddioui A. 2011 :Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. Revue » Nature Technologie ». N°05 :72-79.

Boualla N, Benziane A, Derrich Z. 2012 :Origine de la salinisation des sols de la plaine de M'léta (bordure sud du bassin sebkha Oran). Journal of Applied Biosciences-53 p 3787-3796.

Boyer J.S. 1970 :Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sun flower at various leaf water potentials. plant physiology 36 p.473-516.

Chalbi N, Bezzaouia M.A, El Gazzali M. 1997 :Résultats Préliminaires sur polymorphisme morphogénétique et la répartition des populations naturelles de l'espèce *Atriplex* en Tunisie. Rapport annuel de projet STD 3 no TS3CT 94064, paris, 497.

Cherny'ev I. 2005 :Effect of water stress on the photosynthetic apparatus of plants and the protective Role of Cytokinins :A Review. Bach Institute of Biochemistry, Russian Academy of sciences. Moscow, 119071 Russia E-mail.

CNES. 2000 : »L'eau en Algérie :le grand défi de demain ».

Danielle M.L, Paul M. 1995 :Physiologie végétale Tome I. Nutrition et Métabolisme. Ed. Hermann. France, p 540.

Demarly Y. 1984 : »Mécanismes génétiques de l'adaptation chez les végétaux ». Bull. soc. bot. fr, Actual Bot, 131 p 125-137.

Dutuit P. 1998 :Le polymorphisme chez l'*Atriplex halimus*, étude de la diversité biologique de l'*Atriplex halimus* pour le repérage in vivo d'individus résistants à des conditions extrêmes du milieu et constitution de clones, rapport final (1994-1998), projet STD.3. N°53. CT940264. paris sud XI.

El Haih M. 1968 :Biogéographie. Ed. Dunod, paris. 1165 p.

Emberger L. 1930 :La végétation de la région de la méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. Rev. Gen. Bot. Vol. 42 :641-662 et 705-721.

FAO. 2008 :Terrestrial Database (www.fao.org/ag/L/terrastat).

Flahault G. 1937 :La description géographique des végétaux dans la région méditerranéenne Française. Encyclopédie biologique 18. vol.6 :112-135.

Francllet A, Le Houerou H. N. 1971 :Les *Atriplex* en Tunisie et en Afrique du nord. Doc. Tech. N°7. FAO. Rome, 249 p.

Gate P.1995 :Ecophysiologie du Blé de la plante à la culture. Ed Tech et Doc.Lavoisier,paris,France,p.223-226.

Gauthier J.1991 :Notion d'agriculture, le sol, les cultures, les élevages, l'économie et la gestion. Ed.Tech et Doc.p 575.

Guignard J. L . Dupaont F.2004 :Botanique systématique moléculaire,13^{ème}édition. Masson Editeur.284 p.

Hajlaoui H,Denden M,Bousslama M.2007 :Etude de la variabilité intra spécifique de tolérance au stress salin du pois chiche(*Cicer arietinum* L.)au stade germination.Tropicultura pp 168-173.

Hallaire M.1999 :L'eau et le sol in Encyclopédie de production végétale, Département de Bioclimatologie, INRA, France ,p.12.

Hamdy A,Lieth H,Mezher Z.1999 :Halophytes performances Under. High. Salinity level sianò verveux saline irrigation halophyte production and utilisation reject.vol.55 :20-58.

Haouala F,Fardjani H,Ben Elhadj S.2007 :Effet de la salinité sur la répartition des cations(Na^+ , K^+ et Ca^{++})et du chlore(Cl^-)dans les parties aériennes et les racines du ray gras anglais et de chiendent.Biotechnology, agronomy, société et environnement. vol.11.N°3.pp 235-244.

Heller R,Esnault R , Lance.1998 :Physiologie végétale, Tome Nutrition. Ed.Dunod,France,p 323.

Hopkin W. G.2003 :Physiologie végétale, traduction de la 2^{ème}édition par serge Rambour, révision Scientifique de charale-Marie Evrard. Ed.Deboek.Université,Bruxelles.p.514.

Jia J,Cui X,Wang G.2011 :Physiological and biochemical responses of halophyte *halimolobos* foliatum to salt stress.Afr.Jour.Biotechnol.10 :11468,11476.

Jiménez Bremont J. F .2006 :Proline accumulation in two bean cultivars under salt stress and the effect of polyamines and ornithine.Biol.Plant.50(4),763-766.

Jones M. M,Osmonde B,Turner N. C.1980 :Accumulation of solutes in leaves of sorghum and sun flower in reponse to water deficite on photosynthetic capacity.plantphysiol.71,pp.142-149.

Kirkham M.B.2005 principales of soil and plant water relations. Ed.Elsevier Growth.Agron.J.85 :844-849.

Koller D,Tadmor N. H, Hillel D.,1958 :Experiments in the propagation of *Atriplex halimus* for desert pasture avid soil conservation.Agricultural research station vol.9 N°2.

Korso D.1999 :Contribution à une étude écophysiologique d'*Atriplex halimus* dans le Nord-Ouest Algérien.Mém.DES.Univ. Telemcen.102 p.

Kotchi S. O.2004 :Détection du stress hydrique par thermographie infrarouge application à la culture de la pomme de terre.Université Laval Canada, Faculté de foresterie et géomatique,Maitrise en sciences géomatique 130.

Kramer P. J.1980 :Drought, stress and origine of adaptation. In adaptation of plants to water(Turner N. C.and kramer P.J.eds)Wiley.New York pp.7-29.

Langloij S.1967 :Cultures sans sol de sulicortzicr stricto Dumort.Rev.Gkn.Bot.vol.74 :176-196.

Lauer M.J, Boyer J.S.1992 :Internal CO₂measured directly in leaves.abscisic acid and low leaf water potential cause opposing effects.plant physiol.98 :1310-1316.

Le Houerou H.N.1980 :Salt tolérant plants of economic value in the mediterranean bassin.Reclamation and revegetation research.Elsevier science publishers.5 :319-340.

Lieth H .2008 :Mangroves and halophytes :Restoration and Utilisation. Ed.Springer,London.220 p.

Lorimer G.H.1981 :The carboxylation and oxygenationof ribulose 1,5-bisphosphate.The primary events in photosynthesis and photorespiration.Annu.Rev.Plant Physiol.32 :349-383.

Maalem S.2002 :Etude écophysiological de trois espèces halophytes du genre Atriplex(A.canescens,A.halimus et A.nummularia)soumises à l'engraisement phosphaté. Thèse de Magistère en physiologie végétale et applications biotechnologiques.

Mallek-Maaly E,Boulas nem F,Ben Salam M .1998 :Effet de la salinité sur la germination de graines des céréales cultivées en Tunisie. Cahier Agriculture(7).pp 153-156.

Martre P,Durand J.I. 1999 :Measurement of a growth-induced water potential gradient in tall fescue leaves.New Phytologist 142 :435-439.

Maziak P.1995 :Physiologie végétale, nutrition et métabolisme. Ed.Herman paris, France, p.539.

Mermoud A.2006 :Cours de physique du sol. Maitrise de la salinité des sols. Ecole po technique fédérale de Lausanne.23 p.

Millar A.H.1996 :Specity of the organic acid activation of alternative oxydase in plant metochondria.plant Physiol. 111 :613-618.

Mohammad M.Nimr L.1998 :Tomato root and shoot responses to selt stress under different levels of phosphorus nutrition.journal of plant nutrition.pp.1667-1680.

Munns R.2002 :Comparative physiology of salt and water stress plant.cell and environment.vol.25 :239-250.

Negrre R.1961 :Petite flore des régions arides au Maroc Occidentale T₁.CNRS.Paris VII.257 p.

Nemmar M.1980 :Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez les variétés de blé dur(*Triticum durum* desf)et de blé tendre(*Triticum aestivuum*).Etude de l'accumulation de proline sous l'effet de stress hydrique, Thèse DUAMontp,France p.65.

Noiraud N. L.2001 :Transport of polyos in higher plants.Plant Physiol.Bioch 39 :717-728.

Ortiz,Dordaj,Martinez,Morac, Courreal E,Simon B,Cenis L.2005 :Genetic structure of *Atriplex halimus* population on the Mediterranean Basin.Amals of Botany,95 :827-834.

Ouerghi Z,Zid E,Hajji M,Soltani A.200 :Comportement physiologique du blé dur(*Triticum durnum* L.)en milieu salé.CIHEAM.Options Méditerranéennes.pp 209-313.

Ozanda A.1983 :Flora du sahara. Ed. CNRS paris,298 p.

Parida A.K,Das A.B.2005 :Salt tolerance and salinity effects on plants :a review.Ecototoxicology and Environnemental Saféty.vol 60.pp 324-349.

Piotto B,Bartolini G.2003 :Fact sheets on the progational Mediterranean and shrubs from seed propagation of Mediterranean trees and surbs apart agency for the protection of the environment and for technical services via Italiano Brancati,Roma,Italy.

Rejisikouva A.L,Patkova E, Eva stodulkova H,Lipavska.2007 : The effect abiotic stresses on carbohydrate status of olive shoots(*olea auropaea* L.)under in vito conditions.plant effect of physiol.164 :174-184.

Rouabhi A.E,K djabri L.2010 :L'irrigation et le risque de pollution saline. Exemple des eaux souterraines de l'aquifère miocène de la plaine d'El Malabiod.Larhyss.Journ.N°8 ,55-67.

Sané D,Aberlenc-Bertossi F,Primorse Twayman.Old.2004 :Principe de génie génétique.Deboeck.400 p 221-223.

Shadia A.E.A.2003 :Evaluation of particl films for controlling melon ladybird,*Henosepilachna elaterii* Ross(coleoptera,cocciinilidae)on cantaloupe plants.pests and plant protection.Depart.National Research Center.Dokk,Cairo,Egypt,In bulletin of the entomological Society of Egypt.pp :21-34.

Taiz, Zeiger.2002 :Plant physiology.3 rd ed.sinauer associates publishers,sunderland,427 p.

Tromblin G.2000:Comportement auto-écologiques de *Haloepelis amplexicaulis* :plante pionniere des Sebkh de l'Ouest Algérien Science et changement planetaire sécheresse.vol 11,N°2.pp 109-116.

Turner N.C.1986 :Adaptation to water deficits a changing perspective.Aust.J.Plant Physiol.13 p.175-190.

Waisely M.1972 :Biology of Halophytes.Academic press.vol.12 :395-412.

Yazici I, Turkan A.H.2007 :Salinity tolerance of purslanced(*Portulaca oleracea* L.)is achieved by enhanced antioxidative system,lower level of lipid peroxidation and proline accumulation. *Environ. Exp. Bot.*,61.4957.