

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



UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE, DE
LA VIE, DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Supérieures en Biologie

Option : Biochimie



Présenté par :

M^{elle} . AZRI Fatima

M^{elle} . BENROUINA Halima

Promoteur : M^{me} DJERROUDI O. (M.A.C.C)

(Université K M. Ouargla)

Co-promoteur : M^{me} BISSATLS (M.C)

(Université K M. Ouargla)

ANNEE UNIVERSITAIRE :
2008 / 2009

Remerciement

Avant tout louanage à dieu le tout puissant pour nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour terminer ce travail .

Nos vifs remerciement et nos profondes reconnaissances s'adressent à toutes les personnes qu'ont contribué à l'aboutissement de ce mémoire, particulièrement| :

Nous remercions vivement notre promotrice M^{me} DJEROUJ.Ouiza, maître assistante chargée de cours à FSSJ de l'université KASDJ Merbah de Ouargla, qui a accepté de nous encadrer .nous remercions infiniment pour son aide, ses orientations, sa patience et sa correction sérieuse de ce modeste travail.

Nos profonds remerciements vont à M^{me} BESSAÏJ Samia, maître de conférence à FSSJ de l'université KASDJ Merbah de Ouargla Nous remercions M^{ex} EDOUDE OMAÏR maitre de conference à l'université KASDJ merbeh de Ouargla

Nous adressons notre sincère reconnaissance à tout le personnel de bibliothèque de la Faculté de Sciences de la nature ,la terre et de l'univers

Nous tenons a remercier M^{ex} ALAÏCHE chef de laboratoire de l'université KASDJ Merbah, Ouargla, pour.

Sans oublier tous les enseignants qui ont participé à notre formation. Tous les étudiants de la promotion 2009 Biochimie et Microbiologie.

En fin, que tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Halima et Fatima

Liste des abréviations

ABPG	: Acide bi phosphoglycérique
ABS	: Acide abscisique
ADN	: Adénosine dinucléotide
ADP	: Adénosine diphosphate
APG	: Acide phosphoglycérique
ATP	: Adénosine triphosphate
CaCl₂	: Chlorure de calcium
CAM	: Crassulacean acid metabolism
C.E	: Conductivité électrique
Chl a	: Chlorophylle a
Chl ab	: Chlorophylle ab
Chl b	: Chlorophylle b
CO₂	: Désoxyde carbone
EM	: Eau de mer
Meq	: Milliéquivalente
NaCl	: Chlorure de sodium
NADP	: Nicotinamide -Adénine- Dinucléotide- Phosphate.
PGA	: Phospho-glycer-aldehyde
PH	: Puissance d'hydrogène
PPM	: Partie par million.
Fe	: Fer
Br	: Brome
Ca	: Calcium
Mg	: Magnesium
T₀	: Témoin.
T₁	: Traitement à 400meq/l des sels combinés
T₂	: Traitement à 600meq/l des sels combinés
T₃	: Traitement à 50% de l'eau de mer
T₄	: Traitement à 100% de l'eau de mer

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
01	Caractéristiques d'absorptions des différents pigments assimilateurs (MAZLIAK ,1978)	21
02	Composition de la solution nutritive de HOAGLAND 1938	30
03	Composition de la solution saline	31
04	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle a en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>l'Atriplex halimus</i> stressées aux sels combinés.	34
05	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle b en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>l'Atriplex halimus</i> stressées aux sels combinés.	34
06	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle ab en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>l'Atriplex halimus</i> stressées aux sels combinés	35
07	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle a en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>l'Atriplex halimus</i> stressées à l'eau de mer.	36
08	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle b en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>l'Atriplex halimus</i> stressées à l'eau de mer.	36
09	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle ab en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>l'Atriplex halimus</i> stressées à l'eau de mer.	37
10	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle a en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>l'Atriplex canescens</i> stressées aux sels combinés.	38
11	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle b en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>l'Atriplex canescens</i> stressées aux sels combinés.	39
12	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle ab en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>l'Atriplex canescens</i> stressées aux sels combinés.	40
13	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle a en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>l'Atriplex canescens</i> stressées à l'eau de mer.	40
14	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle b en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>l'Atriplex canescens</i> stressées à l'eau de mer.	41
15	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle ab en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>l'Atriplex canescens</i> stressées à l'eau de mer.	42
16	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle a en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>l'Atriplex halimus</i> stressées aux sels combinés.	43
17	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle b en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>l'Atriplex halimus</i> stressées aux sels combinés.	43

18	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en caroténoïdes en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>Atriplex halimus</i> stressées aux sels combinés.	44
19	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle a en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>Atriplex halimus</i> stressées à l'eau de mer.	45
20	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle b en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>Atriplex halimus</i> stressées à l'eau de mer.	45
21	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en caroténoïdes en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>Atriplex halimus</i> stressées à l'eau de mer.	46
22	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle a en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>Atriplex canescens</i> stressées aux sels combinés.	47
23	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle b en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>Atriplex canescens</i> stressées aux sels combinés.	47
24	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en caroténoïdes en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>Atriplex canescens</i> stressées aux sels combinés.	49
25	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle a en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>Atriplex canescens</i> stressées aux sels combinés	51
26	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en chlorophylle b en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>Atriplex canescens</i> stressées aux sels combinés	51
27	Test statistiques de signification de Newman-Keuls (p=5%) teneur en caroténoïdes en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez <i>Atriplex canescens</i> stressées aux sels combinés	52

Liste des figures

Figure	Titre	
01	Structure du chloroplaste.	20
02	Structure chimique de la chlorophylle.	22
03	Plantules d' <i>Atriplex</i> en alvéoles âgées de 20 jours du semis.	28
04	Teneur en chlorophylles en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez les plantes d' <i>Atriplex halimus</i> âgées de 90 jours et stressées aux sels combinés.	30
05	Teneur en chlorophylles en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez les plantes d' <i>Atriplex halimus</i> âgées de 90 jours et stressées à l'eau de mer.	35
06	Teneur en chlorophylles en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez les plantes d' <i>Atriplex canescens</i> âgées de 90 jours et stressées aux sels combinés.	37
07	Teneur en chlorophylles en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez les plantes d' <i>Atriplex canescens</i> âgées de 90 jours et stressées à l'eau de mer.	39
08	Teneur en chlorophylles et caroténoïdes en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez les plantes d' <i>Atriplex halimus</i> âgées de 90 jours et stressées aux sels combinés.	41
09	Teneur en chlorophylles et caroténoïdes en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez les plantes d' <i>Atriplex halimus</i> âgées de 90 jours et stressées à l'eau de mer.	44
10	Teneur en chlorophylles et caroténoïdes en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez les plantes d' <i>Atriplex canescens</i> âgées de 90 jours et stressées aux sels combinés.	46
11	Teneur en chlorophylles et caroténoïdes en ($\mu\text{g} / \text{g pf}$) chez les plantes d' <i>Atriplex canescens</i> âgées de 90 jours et stressées à l'eau de mer.	50

Liste des annexes

Annexe	Titre
01	Calcul de la capacité de rétention
02	Photos des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> avant et après le stress saline
03	Photos des plantes d' <i>Atriplex canescens</i> avant et après le stress saline
04	Dosage des ions de la solution saline d'eau de mer
05	Analyse statistiques des résultats

TABLE DE MATIERES

Titres	Page
Introduction	
<i>Partie bibliographique</i>	
<i>Chapitre I</i>	<i>Stress et la plante</i>
I – 1 – Stress	01
1 – 1 – Définition	01
1 – 2 – Catégorie de stress.....	01
1 – 3 –Diférents types de stress	01
1 – 3 –1-Stress hydrique.....	01
1 – 3 – 2-Stress thermique.....	02
1 – 3 –3- Stress salin.....	02
1 – 4 – Conséquence de la salinité sur la plante.....	02
1-4-1 – Effet de la salinité sur la croissance et le développement.....	02
I – 2 – Adaptation des plantes.....	03
2 –1- Stratégies d’adaptation.....	03
2 – 1 –1-Adaptation à la sécheresse.....	03
2 – 2 –2-Adaptation à la salinité.....	03
2 – 2 –Catégories d’adaptation.....	04
2 – 2 –1-Mécanismes de tolérance aux sels chez les halophytes.....	04
2 – 2 –2- Mécanismes de tolérance aux sels chez les glycophytes.....	04
2 – 3- Mécanismes d’adaptation.....	04
2 – 3 –1- Adaptation morphologique.....	04
2 – 3 –2- Adaptations physiologiques.....	04
2 – 3 –3- Adaptations biochimiques.....	06
2 – 3 –4- Adaptations moléculaires.....	07
2 – 3 –5- Adaptations enzymatiques.....	08
2 – 3–6- Adaptations hormonaux.....	08
I- 3- Besoin des plantes en éléments nutritifs.....	09
3– 1 – Composition minérale des végétaux.....	09
3 – 2 –Rôle de quelques éléments minéraux.....	09
<i>Chapitre II</i>	<i>Les halophytes</i>
II – 1 – Généralité.....	12
1– 1– Définition.....	12
1– 2 –Différentes types des halophytes.....	12
1-2-1-Halophytes vrais ou Euhalophytes.....	12
1-2-2- Pseudo halophytes.....	12
1– 3– Ecologie des halophytes.....	12
1– 4 – Classification des halophytes.....	13
1-4-1-Les halophytes excrétoires.....	13

1-4-2-Les halophytes exclusives.....	13
1-4-3-Les halophytes cumulatives.....	13
1-4-4-Les halophytes succulentes.....	13
II – 2 – Atriplex.....	13
2– 1 -Présentation.....	14
2– 2 - Systématique et localisation.....	15
2– 3- Potentiel écologiques et économiques.....	16
2– 4 – Présentation de <i>l'Atriplex halimus</i>	17
2– 4 –1- Systématique.....	17
2– 4 –2- Origine.....	17
2– 4 –3- Description.....	17
2– 5– Présentation de <i>l'Atriplex canescens</i>	18
2– 5–1- Systématique.....	18
2– 5 –2- Origine.....	18
2 – 5– 3- Description	18
Chapitre III	La photosynthèse
III – 1 – Historique.....	19
2 – Définition	19
3 – Site de la photosynthèse.....	20
4 – Les pigments photosynthétiques.....	21
4 –1 – La chlorophylle.....	22
4 – 1 – 1– Propriétés chimiques.....	23
4 – 1 –2 – Propriétés physiques.....	23
4 – 1 – 3 – Destruction de la chlorophylle.....	23
4–2- Les pigments accessoires.....	23
4 – 2–1-Les phycobilines.....	24
4– 2 –2- Les caroténoïdes.....	24
5 – Déroulement de la photosynthèse.....	24
5 – 1 – La phase lumineuse.....	24
5 – 2 – La phase obscure.....	24
6 – Types métaboliques photosynthétiques.....	25
6 – 1 – Plantes de types C4.....	25
6 – 2 – Les plantes CAM.....	26
Partie pratique	
Chapitre I	Matériel et méthodes d'étude
I – 1 – Matériel.....	27
1 – 1 – Matériel végétal.....	27
1 – 2 – Caractéristique de la zone de prélèvement.....	27
I – 2 – Méthodes.....	27
2– 1 – Dispositif expérimental.....	27
2 – 2 – Préparation du substrat de culture.....	28
2 – 3 – Préparation de la culture.....	28
2 – 3 –1- Germination.....	28
2 – 4– Préparation des différents solutions.....	29
2 – 4 – 1 – La solution nutritive.....	29

2 – 4 – 2 – Les solutions salins.....	30
2 – 4 – 2– 1-Eau de mer.....	30
2 – 4 – 2 – 2-NaCl + CaCl ₂	31
2 – 5 – Application du stress.....	31
2 – 5 –1- Prélèvement des échantillons.....	31
2 – 5 –2- Extraction.....	32
2 – 5 –2-1- Méthode I de EKANAYAKE et ADELEKE.....	32
2 – 5 –2-2- Méthode II de LICHTENTHALER et SHABALA et <i>al.</i>	33
Chapitre II	Résultats et discussions
I-Effet du stress salin sur les pigments photorécepteurs Méthode I	33
1-Chez l’Atriplex halimus.....	33
1-1-Action des sels combinés.....	33
1-1-1 La teneur en chlorophylle a.....	33
1-1-2 La teneur en chlorophylle b.....	34
1-1-3 La teneur en chlorophylle ab.....	34
1-2-Action de l’eau de mer.....	35
1-2-1 La teneur en chlorophylle a.....	35
1-2-2 La teneur en chlorophylle b.....	36
1-2-3 La teneur en chlorophylle ab.....	36
2-Chez l’Atriplex canescens.....	37
2-1-Action des sels combinés.....	37
2-1-1 La teneur en chlorophylle a.....	38
2-1-2 La teneur en chlorophylle b.....	38
2-1-3 La teneur en chlorophylle ab.....	39
2-2-Action de l’eau de mer.....	39
2-2-1 La teneur en chlorophylle a.....	40
2-2-2 La teneur en chlorophylle b.....	40
2-2-3 La teneur en chlorophylle ab.....	41
• II-Effet du stress salin sur les pigments photorécepteurs Méthode II.....	41
II-Effet du stress salin sur les pigments photorécepteurs Méthode II.....	41
1-1-1 La teneur en chlorophylle a.....	42
1-1-2 La teneur en chlorophylle b.....	42
1-1-3 La teneur en Caroténoïdes	43
1-2-Action de l’eau de mer.....	44
1-2-1 La teneur en chlorophylle a.....	44
1-2-2 La teneur en chlorophylle b.....	45
1-2-3 La teneur en Caroténoïdes.....	45
2-Chez l’Atriplex canescens.....	46
2-1-Action des sels combinés.....	46
2-1-1 La teneur en chlorophylle a.....	47
2-1-2 La teneur en chlorophylle b.....	47
2-1-3 La teneur en Caroténoïdes.....	49
2-2-Action de l’eau de mer.....	50
2-2-1 La teneur en chlorophylle a.....	50
2-2-2 La teneur en chlorophylle b.....	51
2-2-3 La teneur en Caroténoïdes.....	52

III Discussion générale.....	
Conclusion générale	
Références bibliographiques	
Annexe	



INTRODUCTION

Introduction

Les changements climatiques deviennent de plus en plus contraignants pour la croissance et le développement des plantes notamment dans les zones semi-arides et arides (HIGAZY et al., 1995). Où la sécheresse observée depuis longtemps, a conduit manifestement au processus de salinisation des sols (OZENDA et al., 1974). Ces deux contraintes naturelles ; sécheresse et salinité, ont modifiés la stabilité des écosystèmes (LHETH et al., 1997) et sont en grande partie les causes de la désertification des sols (HAMDY, 1999). Sous ces conditions, la physiologie des plantes est perturbée (CRAMER et al. 1988, BELKHODJA, 1996). Certaines espèces spontanées ont disparu, d'autres sont menacés de disparition (GUPTA et ABRO 1999). Dans les régions arides et semi-arides, la disponibilité des eaux, leur salinité et celle des sols sont parmi les principaux facteurs limitant, la productivité végétale. Les sols salés occupent une superficie de 950 millions d'hectares et 76.7 millions d'hectares et périmètres irrigués sont effectués par le sel. (ECKHOLM, 1975 cité par Epstein 1980). La contrainte saline s'associe souvent au déficit hydrique pour limiter la production des espèces végétale (LAUTER et al., 1981). L'Algérie est l'un des pays du Maghreb le plus touché par le phénomène de la sécheresse, suivi par la salinisation des sols (OZANDA, 1954) dont la production agricole dépend pour une part très important de l'irrigation (DURAND, 1983). En outre, les changements climatiques et édaphiques observées ces dernières années ont ce cas de nombreuses espèces expriment une incapacité à poursuivre leur cycle et donc disparaissent (CHAMARRD, 1993). Par contre, d'autre espèces déclenchent des mécanismes de résistances aux contraintes environnementaux (UNGAR, 1987)

Certaines plantes peuvent subir des lésions provoquées par un stress ce qui signifie qu'elles peuvent montrer des disfonctionnement métaboliques. Si le stress est léger et de courte durée, la lésion peut être temporaire et la plante peut guérir lorsqu'il est éliminé ; S'il est par contre suffisamment important, il peut inhiber la floraison et la production de graine ou encore empêché la survie de la plante (HOPKINS, 2003).

Alors, la réponse à la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par un effet dépressif sur la croissance et le développement (ALEM et al. 2002). Cette réponse varie considérablement en fonction du genre, de l'espèce et même de l'écotype ou de la variété (KINGSBURY et al. 1984 et MASS, 1986).

La diminution de la croissance est une réponse à la déshydratation ; elle contribue à la conservation des ressources en eau, ce qui permet la survie de la plante (BINZEL et al. 1988 et HANGAWA et al, 1984 et SING ,1989). La plante du fait de la diminution de la croissance de la partie aérienne (SING, 1989) et de la productivité des plantes en déficit hydrique est du fait que ces dernières, en réduisant leur croissance, diminuent leurs surfaces foliaires, ce qui a pour conséquence une diminution de la capacité photosynthétique de la plantes entière (LU et al ,1999)

Les halophytes n'utilisent pas la diminution de croissance comme un moyen de survie dans les conditions salines, mais continuent de puiser l'eau dans le sol et les ions absorbés sont soit éliminés par excrétion, soit dilués au niveau de la plante au cours de la croissance (LEVITT, 1972).

Dans notre travail, on a étudiée l'influence de la salinité sur deux espèces de même genre qui appartiennent à la famille des Chénopodiacées qui sont considérées comme halophytes : l'*Atriplex halimus* et l'*Atriplex canescens* .Pour mettre en évidence l'effet de la salinité de l'eau de mer et de sels combinés ; Chlorure de Sodium (NaCl) et Chlorure de Calcium (CaCl₂) sur l'un des paramètre physiologiques, la photosynthèse en analysant les teneurs en chlorophylles dans les feuilles de ces plantes.



PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE



CHAPITRE I
STRESS ET LA PLANTE

I.1 Stress

I.1.1 Définition

Le stress est l'ensemble des conditions qui provoquent des changements des processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures, inhibition de la croissance ou de développement.

Le stress est fondamentalement un concept mécanique défini par les ingénieurs et les physiciens comme étant une force exercée par unité de surface d'un objet en réponse au stress, l'objet oppose une déformation ou un changement de dimensions (HOPKINS, 2003).

On peut donc considérer que la notion de stress implique d'une part, une déviation plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales de la plante et de l'animale, et d'autre part une réaction sensible de l'individu dans les différents aspects de sa physiologie laquelle change sensiblement avec soit l'adaptation à la nouvelle situation soit à la limite dégradation menant à une issue fatale (LECLERC, 1999).

I.1.2 Catégories de stress

On distingue deux grandes catégories de stress :

- Biotique : imposé par les autres organismes (insectes, herbivores.....).
- Abiotique : provoqué par un déficit ou un excès de l'environnement comme la sécheresse, la température extrême, la salinité.

Les stress abiotiques ou environnementaux affectent la croissance et le rendement des plantes contrairement aux animaux qui peuvent se déplacer lorsque les conditions de vie ne leur sont plus favorables, les plantes ont développées des stratégies d'adaptations pour répondre aux chocs chimiques ou physiques engendrés par l'environnement en contrôlant et en ajustant leur systèmes métaboliques (HAMZA, 1980).

I.1.3 Différents types de stress

I.1.3.1 Stress hydrique

Le stress hydrique est un stress qui est provoqué par un déficit en eau constituant un menace permanent pour la survie des plantes, néanmoins, beaucoup d'entres elles produisent des modifications morphologiques et physiologiques qui leurs permettent de survivre dans les régions de faible pluviosité et dont la teneur en eau des sols est peu élevée (Hopkins, 2003).

I.1.3.2 Stress thermique

La température est l'un des principaux facteurs qui conditionne la productivité des plantes. Les plantes qui poussent dans des régions désertiques et dans des régions cultivées semi-arides sont soumises à des températures élevées en même temps qu'à des niveaux de radiations élevées, à des faibles humidités du sol et à des intensités potentiellement élevées de la transpiration.

I.1.3.3 Stress salin

Le stress salin est une brusque augmentation de la concentration en sels qui conduit d'une part, à un afflux plus élevé d'ions dans la cellule suite à la chute de la concentration du milieu externe, d'autre part, à une perte d'eau par voie osmotique (NULTSH, 1998). Selon Hopkins (2003), le stress salin est considéré comme étant un excès d'ions en particulier Na^+ et Cl^- .

LECLERC (1999) montra qu'une abondance de sels dissous s'observe bien sur en milieux marins mais aussi dans beaucoup de milieux terrestres plus particulièrement dans les zones semi désertiques. Les plantes qui croissent sur des sols très salins sont nommées halophytes.

I.1.4 Conséquence de la salinité sur la plante

La salinité est l'un des facteurs limitant pour la croissance des plantes. Les effets de la salinité sont : l'arrêt de la croissance, le dépérissement des tissus sous forme de nécrose marginales suivi par une perte de turgescence, une chute des feuilles et finalement par la mort de la plante.

I.1.4.1 Effet de salinité sur la croissance et le développement

Le stress salin entraîne des modifications morphologiques, mais c'est le poids de la matière végétale sèche et la longueur des tiges qui rendent compte le mieux de la tolérance ou de sensibilité des plantes au sel (BEKKOUCHE, 1992).

La réduction de la croissance est une capacité adaptative nécessaire à la survie d'une plante exposée à un stress abiotique (ZHU, 2001). En effet, ce retard de développement permet à la plante l'accumulation de l'énergie et des ressources pour combattre le stress avant que le déséquilibre entre l'intérieur et l'extérieur de l'organisme n'augmente jusqu'à un seuil où les dommages sont irréversibles.

Parmi les modifications morphologiques des plantes au stress salin, on cite :

- une faible ramification, une diminution de la longueur, du poids frais et sec des tiges et des racines sont constatés sur la tomate.
- Un raccourcissement des entre-nœuds et une diminution du nombre de nœuds.
- Une réduction du nombre de feuilles chez l'haricot (HAMZA, 1977).

I.2 Adaptation des plantes

I.2.1 Stratégies d'adaptation

I.2.1.1 Adaptation à la sécheresse

La résistance à la sécheresse est définie de différentes manières, ce qui explique l'existence de plusieurs classifications (LEVITT, 1980) qui suggère trois grands types de résistance à la sécheresse :

1- L'évitement de la sécheresse par la plante grâce à des particules de leur cycle de développements ;

2- La tolérance à la sécheresse avec maintien du potentiel hydrique élevé : la plante doit augmenter l'absorption racinaire et/ ou réduire sa transpiration ;

3- La tolérance à la sécheresse avec une faible teneur en eau qui se fait par deux mécanismes; maintien de la turgescence cellulaire grâce à l'augmentation du potentiel osmotique et tolérance à la dessiccation. Cette tolérance dépend de la capacité de membranes à résister à la dégradation enzymatique et à la dénaturation des protéines.

I.2.1.2 Adaptation à la salinité

Il existe des stratégies d'adaptation communes au stress salin qui font appelle à des modifications plutôt d'ordre physique : réduction de l'hydratation cellulaire, réduction du volume cellulaire, modification du module d'élasticité des parois cellulaires et augmentation de la conductivité hydraulique. D'autre part, il existe des stratégies plutôt d'ordre chimique et en particulier l'ajustement osmotique (YEO ,1983). Selon CHRETIEN (1992), le métabolisme de la plante dans les milieux fortement salés est lié :

- à une résistance de la plante à la déshydratation ;
- à une adaptation de son potentiel osmotique afin de rétablir les relations hydriques ;
- à une alimentation en eau convenable ;
- à un contrôle efficace des flux ioniques intracellulaire et intra tissulaire

I.2.2- Catégories d'adaptations

Les plantes peuvent être groupées à cet égard en deux catégories principales sur la base de leurs comportements vis-à-vis des stress salins:

- 1- Les halophytes, qui tolèrent des concentrations élevées en sel ;
- 2- Les glycophytes, qui ne tolèrent que des concentrations peu élevées en Na Cl.

I.2.2.1- Mécanismes de tolérance aux sels chez les halophytes

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

I.2.2.2- Mécanismes de tolérance aux sels chez les glycophytes

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

Les espèces les plus sensibles à la salinité sont incapables de compartimenter le Na⁺ dans leurs feuilles de façon à limiter la concentration cytoplasmique de cet ion.

Au contraire, les espèces glycophytes relativement tolérantes se caractérisent par un transport de grandes quantités de Na Cl dans les feuilles rendu possible grâce à un bon compartimentage cellulaire du Na⁺ (TELLES *et al.*, 2007).

I.2.3-Mécanismes d'adaptation**I.2.3.1-Adaptations morphologiques**

La succulence qui se traduit par une accumulation d'eau dans les cellules des tissus des organes aériens, est l'un des caractères les plus communs aux halophytes. La morphologie et la structure des halophytes sont adaptés dans le sens de l'économie de l'eau (HELLER *et al.*, 1998)

I.2.3.2 -Adaptations Physiologiques

La haute salinité cause le stress hyper osmotique et le déséquilibre des ions qui produit des effets secondaires ou pathologiques (HASEGAWA *et al.* 2000b; ZHU, 2001).

Fondamentalement, les plantes répondent soit par l'évitement ou la tolérance à la salinité. Ces plantes sont soit en état de repos durant la phase de stress salin ou elles doivent ajuster le contenu cellulaire pour tolérer l'environnement salin. Les mécanismes de tolérance peuvent être catégorisés comme ceux qui fonctionnent pour minimiser le stress osmotique ou le déséquilibre ionique ou atténuer les effets secondaires causés par ces stress. Le potentiel chimique d'une solution saline initiale établit un déséquilibre du potentiel hydrique entre l'apoplaste et le symplaste qui mènent à diminuer la turgescence, qui peut être assez sévère pour causer une réduction de la croissance (BOHNET *et al.*, 1995). L'arrêt de la croissance se déclenche quand la turgescence est réduite au-dessous du seuil du rendement de la paroi cellulaire. La déshydratation cellulaire commence quand la différence de potentiel hydrique est plus grande pouvant être compensée par perte de turgescence (TAIZ et ZEIGER, 1998).

La réponse cellulaire à la réduction de la turgescence est l'ajustement osmotique. Le fonctionnement des organites du cytosol chez les glycophytes et les halophytes sont de sensibilité équivalente au Na^+ et Cl^- ; ainsi l'ajustement osmotique est accompli dans ces compartiments par accumulation d'osmolytes compatibles et d'osmoprotecteurs (BOHNET *et al.*, 1995; BOHNET et JENSEN, 1996). Cependant, Na^+ et Cl^- sont des osmolytes énergiquement efficaces pour l'ajustement osmotique et sont compartimentés dans la vacuole pour minimiser la cytotoxique (NIU *et al.*, 1995 ; BLUM WALD *et al.*, 2000).

La diversité génétique étendue pour la tolérance à la salinité qui existe dans le taxon des plantes est distribuée dans de nombreuses générations (GREENWAY et MUNNS, 1980). La plupart des plantes cultivées sont sensibles ou hypersensibles au sel (glycophytes) par rapport aux halophytes qui vivent dans les environnements salins. Quelques halophytes ont la capacité de s'accommoder à la salinité extrême à cause d'adaptations anatomiques et morphologiques spécifiques ou de mécanismes d'évitement (FLOWERS *et al.*, 1986). Cependant, ce sont des caractéristiques plutôt uniques pour lesquelles les gènes ne sont pas facilement introgressés dans les plantes cultivées. Dans ces dernières décennies, la recherche rapportent que la plupart des halophytes et glycophytes tolèrent la salinité par plutôt des stratégies semblables utilisant souvent des processus tactiques analogues (HASEGAWA *et al.*, 2000b).

Les ions cytotoxiques dans les environnements salins, typiquement le Na⁺ et le Cl⁻, sont compartimentés dans la vacuole et utilisés comme solutés osmotiques (NIU *et al.*, 1995 ; BLUMWALD *et al.*, 2000).

L'accumulation des osmoprotecteurs est seulement une voie des divers paramètres de tolérance au sel du milieu. Depuis que le stress oxydatif est un composant de la sécheresse et la salinité, les manipulations visées dans la tolérance à ce stress ont aussi résulté dans la tolérance à la salinité (ROXAS *et al.*, 1997). Quelques-uns des paramètres associés à la synthèse des osmoprotecteurs, peuvent être retenus pour déclencher la tolérance au stress de la plante entière. Cela pourrait être fait l'un et l'autre par ingénierie réitérative ou par croisement et la sélection des plantes transgéniques produites pour les différents paramètres. Par exemple, la manipulation de gènes impliqués dans le transport de l'ion avec la synthèse de l'osmoprotecteur peut être supposée augmenter la capacité d'une cellule de supporter le stress salin.

I.2.3.3- Adaptations biochimiques

Certaines plantes, algues marines, bactéries et autres organismes accumulent des composés organiques tels que les sucres et les acides aminés à la réponse au stress osmotique (YANCEY *et al.*, 1982). Ces composés sont appelés des solutés compatibles (JOHNSON *et al.*, 1968) parce que à hautes concentrations ils n'inhibent pas l'activité enzymatique. Ils protègent aussi les enzymes et les membranes contre les effets nuisibles des déséquilibres ioniques tels que le Na⁺ et le Cl⁻ (YANCEY *et al.*, 1982).

L'accumulation des solutés compatibles en réponse au stress est une adaptation métabolique trouvée dans plusieurs espèces tolérantes au stress (YANCEY *et al.*, 1982 ; RHODES et HANSON, 1993) . La biosynthèse des polyamines et l'accumulation de la proline sous stress pourraient être un mécanisme de formation de réserves azotées dans ces situations (SMITH, 1985). BROTTTO *et al.*, (1999) ont suggéré que les polyamines jouent un rôle important dans la croissance et le développement des cellules. Ils ont aussi conclu que le métabolisme des polyamines apparaît être un marqueur biochimique important de la tolérance à la salinité chez plusieurs espèces végétales. Parmi les derniers marqueurs, les polyamines ont un rôle essentiel dans le contrôle de la division et l'élongation cellulaire, la différenciation cellulaire et la morphogénèse (DAVIDONIS, 1995 ; DAVIDONIS *et al.*1999).

I.2.3.4 -Adaptations moléculaires.

Dans l'avenir, les stratégies d'améliorations des plantes cultivées sont basées sur l'utilisation des techniques des marqueurs moléculaires et des biotechnologies, et peut être utilisé conjointement avec des méthodes traditionnelles d'amélioration (RIBAUT et HOISINGTON, 1998). Les marqueurs de l'ADN devraient rehausser le taux de la récupération de génome récurrent isogonique après hybridation et faciliter l'introgession des locus quantitatifs (Quantitative trait locus) nécessaires à augmenter la tolérance au stress. Les techniques des marqueurs moléculaires ont été utilisées avec succès pour transférer les allèles d'intérêt de parents sauvages dans les cultivars commerciaux (TANKSLEY et MCCOUCH, 1997). Les ressources de base pour la biotechnologie sont des déterminants génétiques de la tolérance au sel et la stabilité du rendement. La mise en œuvre des stratégies de la biotechnologie pour accomplir ce but exige que les efforts de la recherche substantiel soient concentrés à identifier les facteurs de la tolérance du sel et les composants régulateurs qui les contrôlent pendant les phases de stress (HASEGAWA *et al.*, 2000b).

En outre la connaissance obtenue sur cette tolérance de stress déterminant serait l'addition de l'information de la ressource supplémentaire pour la recherche de la réponse de la plante à la salinité qui détermine la sensibilité de la plante, la transduction du signal pour contrecarrer la réaction de défense, définir les voies de sortie du signal ou des effecteurs qui accomplissent les processus recherchés pour la survie et l'allègement au stress, et la stabilité de la croissance dans l'environnement salin. La génétique moléculaire et les transformations avancée chez les plantes ont rendu possible d'évaluer des stratégies biotechnologiques basées sur l'activation du signal en alternance, la conception des voies biosynthétiques, de gènes ciblés ou l'expression des protéines ou la modification de la sensibilité au stress naturelle de gènes pour le développement de plantes tolérantes au sel (HASEGAWA *et al.*, 2000b; ZHU, 2001. Plus récemment, les SOS du stress salin signalant la voie qui a été déterminé pour avoir une fonction régulatrice essentielle dans la tolérance au sel, fondamentalement qui est le contrôle de l'homéostasie de l'ion (HASEGAWA *et al.* 2000b; SANDERS, 2000; ZHU, 2000) .

I.2.3.5 -Adaptations enzymatiques

La nitrate réductase est une des enzymes qui ont été montrées pour exposer les oscillations du circadien dans l'expression du gène et l'activité enzymatique. Le nitrate est la source majeure de l'azote pour la majorité des plantes. La première étape de l'assimilation du nitrate est la réduction du nitrate en nitrite, catalysée par le nitrate réductase. Le nitrite est réduit de plus en ammonium par le nitrite réductase et par suite incorporé dans les acides aminés à travers l'action de la glutamine synthétase et glutamate synthase (ZONGJIAN, 2005).

I.2.3.6 – Adaptations hormonaux

L'ABA est synthétisé dans les racines de plusieurs espèces en réponse au différents stress (BAKER et LACHNO, 1989, NEMAT ALLA *et al.*, 1994). Il a été suggéré que l'accumulation de l'ABA est une réponse naturelle qui sert médiateur de degré à que la plante peut répondre au stress de l'environnement (MOONS *et al.*, 1995).

Dans la plante, le principal rôle de l'ABA et le plus important est le contrôle d'un stress. Habituellement, les racines sont les premières affectées par le manque d'eau et elles réagissent en produisant de l'ABA qui sera transporté par le système vasculaire vers les branches et les feuilles où il provoquera une baisse de la transpiration par la fermeture des stomates (HARTUNG *et al.*, 2002).

L'assimilation du carbone est centrale à la croissance des feuilles et la productivité. Sous des conditions salines, l'assimilation du carbone photosynthétique est sévèrement restreinte par l'extension foliaire réduite. De plus, chez les espèces sensibles au sel, les composants stomatiques et non stomatiques de CO₂ sont affectés par le Na Cl. Le rôle d'ABA dans le contrôle de fermeture des stomates est bien établi, et progresse rapidement avec les approches biochimiques, électro physiologiques et moléculaires (SCHROEDER *et al.*, 2001).

I-3- Besoin des plantes en éléments nutritifs

I-3-1 La composition minérale des végétaux

Le végétal, comme tous les êtres vivants, a un besoin absolu d'éléments minéraux qui se déterminent sur le résidu sec, après incinération ou minéralisation par voie humide (mélange oxydant acide). Les trois éléments caractéristiques des substances organiques, C, H, O représentent en masse plus de 90% du résidu sec (C: de 40 à 50 %, O: de 42 à 45%, H: de 7 %).

Les autres éléments, dits «éléments minéraux » car en général tirés des minéraux du sol, sont classés, selon leur importance pondérale, en deux groupes :

- Les macroéléments, présents à des taux de l'ordre de quelque pour mille à quelque pour cent (de résidus sec). Ils comprennent : l'azote N (1 à 3 % de la matière sèche), le phosphore P (0.1 à 0.5%), le soufre S (0.1 à 0.6 %) et le magnésium Mg (0.1 à 0.7 %).
- Les oligoéléments, trouvés à l'état de traces dans le tissu, bien peu se sont révélés nécessaires, à des doses évidemment très faibles (1mg par litre au moins).

Les oligoéléments comprennent une vingtaine d'élément : Fe, Mn, de 10^{-5} à 10^{-3} de la matière sèche (10 à 1000 ppm), Al, N, Co, Mo, I, Br, à des taux variables mais toujours très faibles

I-3-2- Le rôle de quelques éléments minéraux

I-3-2-1- Potassium : reste sous forme d'ions K^+ , dissous dans les liquides intracellulaire, son abondance et sa mobilité en font le cation le plus important pour la création de la pression osmotique et donc de la turgescence vacuolaire.

De même, c'est lui pour l'essentiel qui assure l'équilibre acido-basique de la cellule, le potassium participe aussi plus ou moins directement à d'autres fonctions; c'est ainsi qu'il favorise la photosynthèse, qu'il diminue la transpiration et réduit les risques de flétrissement en cas de sécheresse. C'est donc un élément d'une extrême importance, indispensable à tout végétal. (HELLER et *al.*, 1989).

I-3-2-2 Sodium : bien que chimiquement très proche du K, le sodium ne peut le remplacer. Il pénètre d'ailleurs assez mal dans les cellules végétales qui ont tendance à le refouler. La plupart des espèces peuvent s'en passer font en le tolérant assez bien (jusque vers 10 ou 20 meq /l ou plus, et il est l'élément le plus commode pour servir d'ion d'accompagnement pour introduire un anion dans une solution nutritive. Il est nécessaire aux algues marines ne serait ce que pour maintenir leur pressions osmotique interne et à quelques halophytes (HELLER et *al*, 1989).

I-3-2-3 Calcium : il est indispensable aux végétaux supérieurs, contrairement au potassium, le calcium est peu mobile, ses deux charge (+) en font un élément aisément adsorbable par les membranes biologiques.

Généralement chargées négativement, c'est lui qui neutralise les acides pectiques de la lamelle moyenne. En l'absence de Ca (ou en présence d'ions oxaliques qui le précipitent) les tissus ont tendance à se dissocier. Le calcium diminue ainsi la perméabilité cellulaire, et freine la pénétration de l'eau et de la plupart des ions (HELLER et *al*, 1989).

I-3-2-4 Magnésium : c'est avant tout un constituant de la chlorophylle mais, c'est aussi l'élément activateur par excellence de la plupart des ATP ases qui assurent les transferts de groupement phosphoryles. Il est ainsi des kirases, qui assurent la photosynthèse des sucres dans la glycolyse. (HELLER et *al*, 1989).

I-3-2-5 Phosphore : sous forme de phosphate, c'est un catalyseur pour de nombreuses réactions du cycle de Calvin par lequel le gaz carbonique (CO₂) et l'hydrogène servent à la synthèse du glucose, point de départ de toutes les autres synthèses : Glucides, Lipides, Protides. (SOLTNER, 2001).

I-3-2-6- Fer : les besoins en fer sont si importants (en solution environ 10 mg/l) qu'il est souvent classé parmi les macroéléments, mais il a un rôle exclusivement oligodynamique, il agit au sein d'une molécule organique par le joue du changement de valence qui lui permet de passer réversiblement de l'état bivalent à l'état trivalent par la perte d'un électron.

Les carences en fer sont fréquentes, provoqués notamment par des valeurs trop élevées du pH ou des doses très fortes de calcium. (HELLER et *al*, 1989).

I-3-2-7 Chlore : les ions en chlore sont nécessaires à la photosynthèse à des doses très faibles (0.05 méq/l), vraisemblablement pour le transfert des électrons de l'eau à la chlorophylle, comme le sodium qu'il accompagne souvent, il n'est indispensable que pour certaines espèces adaptées au sel, mais la plupart des plantes le tolèrent bien.

Des espèces peuvent s'en passer font en le tolérant assez bien (jusque vers 10 ou 20 méq /l ou plus, et il est l'élément le plus commode pour servir d'ion d'accompagnent pour introduire un anion dans une solution nutritive. Il est nécessaire aux algues marines ne serait ce que pour maintenir leur pressions osmotique interne, à quelques halophytes (HELLER et *al*, 1989).



CHAPITRE II
LES HALOPHYTES

II.1 Généralité

Les halophytes, dont les conditions optimales de la croissance ne sont fournies que par des sols salés, se rencontrent d'abord en bordure des rivages maritimes, ou elles sont soumises plus particulièrement à l'action du chlorure de sodium (sur 35g de sels dissous par litre d'eau de mer, il y'a environ 30g de Na Cl).

La plupart des espèces d'intérêt agronomique sont rangées dans le groupe des glycophytes, plantes dites sensibles aux sels. A l'inverse un certain nombre de plantes dites halophytes qui sont naturellement tolérantes au sel et poussent aussi bien voir mieux dans un environnement salin qu'en condition normale (LEVIGNE RON, 1995).

II.1.1 Définition

Les halophytes, terme venant du grec halo (sel) et phyton (plante) sont aussi appelées des plantes halophiles (HOPKINS, 2003). Ce sont des plantes qui croissent sur des sols très salins.

D'après HAMDY et LIETH (1999), une halophyte est une espèce pouvant se produire seulement dans des conditions naturellement saline.

LE HOUEROU (1992), à identifié les halophytes comme des plantes qui en conditions naturelles, sont exclusivement trouvées sur des sols salés. 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 augmentent avec succès et produisent des biomasses en absence de salinité tel que *Tamarix sp. et Atriplexsp.*

II.1.2 Les types des halophytes

II.1.2.1 Eu halophytes ou halophytes vrais

Quelques plantes atteignent une croissance optimale et accomplissent leur cycle de vie uniquement en présence de concentration élevée en sel, ce sont des halophytes vrais ou eu halophytes (ASLOUM, 1990).

II.1.2.2 Pseudo halophytes

D'une manière rigoureuse " halophyte " n'est pas synonyme de plante halophile qui étymologiquement signifie " plante aimant le sel" . En effet, certains halophytes, bien que pouvant résister à d'importantes accumulations de sel dans le milieu extérieur, se comportent normalement sur des sols non salés et ne sont donc que des " halophytes facultatives " ou pseudo halophytes (BINET, 2003).

II.1.3 Classification des halophytes

Les halophytes sont classées en quatre groupes selon le mécanisme d'adaptation à la salinité des sols (ZAHRANE , 1995).

II.1.3.1 Les halophytes excrétrices (facultatives)

Sont des plantes qui possèdent des glandes spécifiques au niveau des feuilles et des tiges tels que *Tamarix sp.* , *Cressa sp.*

II.1.3.2 Les halophytes exclusives (type de filtre de racine)

L'exclusion de sels par les racines est souvent décrit en terme de substitution élémentaire ou choix préférentiel des ions.

II.1.3.3 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 plants. La période est toutefois assez longue, pour faire l'objet justement d'un cycle de développement complet : *Juncus*

II.1.3.4 Les halophytes succulentes (les vrais halophytes)

Sont des plantes qui absorbent une grande quantité de la solution de sol et de l'eau d'où succulence au niveau des feuilles ou des tiges tels que *Halocnemum sp.*, *Halopiplus sp.*, *Suaeda spp.*, *Salsola sp.*, *Zygophyllum sp.*, et *Arthrocnemum sp.*

II.1.3.5 Les halophytes succulentes (les vrais halophytes)

Sont des plantes qui absorbent une grande quantité de la solution de sol et de l'eau d'où succulence au niveau des feuilles ou des tiges tels que *Halocnemum sp.*, *Halopiplus sp.*, *Suaeda spp.*, *Salsola sp.*, *Zygophyllum sp.*, et *Arthrocnemum sp.*

II.2 L'*Atriplex*

L'*Atriplex* est le nom d'un genre de plante de la famille des chénopodiacées comprenant environ une centaine d'espèces des régions tempérées et chaudes. Se contentant de sol légers, médiocres, arides, ils demandent une situation ensoleillée, et résistent remarquablement au sel marin et aux embruns aussi sont ils précieux pour ces plantations en bordure de mer. Parmi ces espèces ; *Atriplex canescens* , *Atriplex portulacoides* L. *Atriplex prostrata* , *Atriplex halimus* L. (BOSSARD et al., 1984).

Plusieurs espèces du genre *Atriplex* ont fait l'objet de travaux de recherche, ces premiers travaux ont porté sur l'aspect fourrager et la nutrition minérale, la résistance et la tolérance à la salinité et à la sécheresses (LE HOUEROU, 1992).

II.2.1 Présentation due genre *Atriplex*

II.2.1.1 Origine

Le genre *Atriplex* (les arroches) appartient à la famille des Amarantacées, autrefois classé dans les chénopodiacées (Classification APG II, 2003). Se rencontrent dans la plupart des régions du globe réparties dans les zones tempérées, méditerranéennes et subtropicales, entre 20 et 50° de latitude Nord et Sud et (LE HOUEROU, 1992).

Les espèces appartenant à cette famille sont des halophytes ; plusieurs recherches affirment leurs grandes capacités à affronter le phénomène de la salinisation des sols (MALCOM. 2000). Vu que les sols salins sont typiques des milieux arides, de nombreuses espèces présentent également des adaptations xérophytiques (MULAS, 2004).

II.2.1.2 Botanique et physiologie

Les espèces du genre *Atriplex* présentent un polymorphisme morphologique prononcé se manifestant au niveau de la taille et la forme des feuilles, des valves fructifères et des graines, et de la production de biomasse en général (BEN AHMED et *al.*, 1996). Elles sont essentiellement des plantes herbacées (WATSON et DALLWITZ, 1992) et font partie des 10% d'angiospermes qui développent des fleurs unisexuées (LEBEL-HARDENACK.S, 1997). Les fleurs sont monoïques solitaires ou en glomérule, disposées au niveau de l'aisselle foliaire, mais aussi en épis terminaux. Les fleurs mâles sont dépourvues de bractéoles, avec un périanthe en 3-5 parties. Les fleurs femelles sont protégées par deux bractéoles séparées ou à condescence au moins à la base.

Le fruit est contenu dans les bractées. La graine est droite, rarement horizontale à embryon cyclobae ; en forme de fer à cheval ou demis cercle (ROSAS, 1989).

Les feuilles possèdent des poils se terminant par une grosse cellule, retenant l'eau, et sur la face inférieure se trouve une farine blanchâtre (DRENNAN et PAMMENTER, 1982).

L'anatomie foliaire est de type Kranz, c'est à dire qu'elle présente une gaine de cellules chlorenquimatiques de grandes dimensions qui entourent les tissus vasculaires.

L'anatomie Kranz est associée au métabolisme à haute efficacité photosynthétique, qui prend le nom C4 (RAVEN et *al.*, 1992). Dans le métabolisme C4, l'anhydride carbonique se lie au pyruvate pour former l'acide oxaloacétique, composé de quatre atomes de carbones. Ce mécanisme se vérifie dans le mésophile où cette composition est transformée en acide malique ; ensuite, une fois que les grandes cellules qui composent la gaine entourant les vaisseaux vasculaires sont atteintes, il est décarboxylé et l'anhydride carbonique libéré entre dans le cycle de Calvin, tandis que le pyruvate revient dans le mésophile où commence un nouveau cycle (TAIZ et ZEIGER ; 1991).

II.2.2 Systématique et localisation

Le genre *Atriplex* compte environ 420 espèces réparties dans les zones tempérées, méditerranéennes et subtropicales

La plupart de ces espèces se développent dans des régions arides et salines, bien que certaines soient implantées dans des marais salants ou des marais d'eau douce (KELLY et *al.*, 1982). Le genre *Atriplex* a généralement très ramifié, étalé, les plantes forment des touffes pouvant atteindre 0,5 à 3 m de diamètre et 0,5 à 3m hauteurs. Les fruits sont des acnés regroupées en glomérules (BENRBIHA, 1987).

Selon LE HOUEROU et PONTANIER (1988) ; cinq espèces seulement présentent un réel intérêt pratique dans un avenir immédiat.

- *Atriplex halimus* : en raison de sa grande rusticité et de sa facilité d'implantation.
- *Atriplex canescens* : en raison de sa haute productivité et son adaptation aux sols sableux
- *Atriplex nummularia* : en raison de sa productivité élevée et sa bonne potabilité.
- *Atriplex glauca*: en raison de sa facilité d'implantation par semis direct et de son rôle antiérosif
- *Atriplex mollis* : en raison de son adaptation aux sols hydromorphes salés et de sa bonne palatabilité.

II.2.3 Potentiel écologique et économique de l' *Atriplex*

II.2.3.1 Mise en valeur des sols salés

Les plantations d'*Atriplex* peuvent permettre la récupération de zones salées surtout avec l'*Atriplex halimus* qui est particulièrement résistant au Na Cl. sa croissance est stimulée en présence de Na Cl à 150Mm (BEN AHMED et al., 1996). Il est possible d'extraire d'un hectare 1100 kg de Na cl en une année de culture (FRANCLET et LE HOUEROU, 1971).

Les *Atriplex* sont donc des cultures qui peuvent être utilisé dans les régions menacées par la salinité.

II.2.3.2 Mise en valeur des sols pauvres

Selon FRANCLET et LE HOUEROU (1971), le semis effectué à Sousse (Tunisie) montre que le résultat peut être atteint rapidement et à peu de frais, il importe surtout de disperser des quantités considérables de semences que nécessitent ces opérations. Les espèces à utiliser dans ces conditions sont *Atriplex glauca* et *Atriplex halimus*.

Les *Atriplex* ont aussi un rôle dans la fixation des dunes. En Algérie, les essais réalisés dans les régions de Djelfa et Boussaâda avec plusieurs espèces d'*Atriplex* dans le cadre du "barrage vert " ont donnés des résultats satisfaisants (BEN REBIHA, 1987).

II.2.3.3 Intérêt fourrager

Les *Atriplex* constituent une réserve fourragère importante , utilisable par les ovins et les camélidés , surtout en période de disette , Ils sont riches en protéines (10 à 20% de la matière sèche) , mais leur charge foliaire excessive en Na cl (25% du poids de matière sèche) , augmente les besoins en eau des ovins (BEN AHMED et al., 1996).

II.2.4 *L'Atriplex halimus*

II.2.4.1 Systématique

La classification de l'espèce *Atriplex halimus* L. Dans la règne végétal est la suivante :

- **Règne:** Végétal
- **Embranchement :** Spermaphytes
- **Sous embranchement :** Angiospermes
- **Classe :** Dicotylédones
- **Sous classe :** Apétales
- **Ordre :** Centrospermales
- **Sous ordre :** Chénopodiales
- **Famille :** Chénopodiacées
- **Genre :** *Atriplex*
- **Espèce :** *Atriplex halimus*

Nom vernaculaire français : arroche halime ou pourpier de mer.

Nom arabe : G'ttaf.

II.2.4.2 Origine

C'est une espèce autochtone de toute la région méditerranéenne, les cotes de l'atlantique et la Manche. *L'Atriplex halimus* est spontané en Tunisie (FRANCKET et LE HOUEROU 1971)

C'est une est la plante indigène la plus représentée sur le pourtour méditerranéen, couvrant pas moins de 80 000 ha. En Syrie, Jordanie, Egypte, Arabie saoudite, Libye et Tunisie (MARTINEZ et *al.*, 2003) .

II.2.4.3 Description

L' Atriplex halimus est un arbuste dont le feuillage présent un aspect blanc argenté, pouvant atteindre un à deux mètres de hauteur. L'écorce a une coloration grise blanchâtre et les tiges sont ligneuses (BONNIER et DOUIN, 1996).

Les feuilles présentent un polymorphisme selon l'état physiologique de la plante et la position des feuilles sur l'axe. Les feuilles sont plus ou moins charnues, légèrement coriaces, alternes et entières, leur sommet est terminé par une petite pointe, et leur surface est recouverte de trichomes glandulaires (CASTROVIEJO et *al.*, 1990).

Les fleurs sont unisexuées, monoïques jaunâtres, elles se regroupent en panicule allongées terminales. Ces inflorescences portent souvent des fleurs mâles à cinq pétales et cinq étamines au de sommet et de fleurs femelles à la base dépourvue de périanthe. Le gynécée, constitué d'un ovaire surmonté de deux styles est enveloppé de deux bractées (KINET et al., 1998) . *Atriplex halimus* L. est une halophyte présentant une photosynthèse en C4 (MARTINEZ et al., 2003) .

II.2.5 l'*Atriplex Canescens*

II.2.5.1 Systématique

- **Famille:** Chenopodiacees
- **Genre:** *Atriplex*
- **Espèce :** *Atriplex Canescens*

Dans sa terminologie originelle (Etats Unis), il est connu sous le nom de Forwing Saltbush , dans le sens de buisson salé protecteur , son nom arabe est aussi le G'ttaf.

II.2.5.2 Origine

Plante originaire du Mexique et du Canada, elle est largement propagée en Afrique du Nord et au Moyen-Orient . Elle est cultivée dans les étages humides et subhumides, semi-arides et arides (H.C.D.S. Djelfa , 1996) .

II.2.5.3 Description

L'*Atriplex Canescens* est un arbuste buissonnant de 1 à 3 m de hauteur, à port plus ou moins intriqué, formant des touffes de 1 à 3 m de diamètre. Les rameaux blanchâtres, étalés, ascendants ou arqués, retombants vers l'extrémité.

Les feuilles courtement pétiolées ou subsessiles, sont alternes à la base, entières, alternés, linéaires, lancéolées, uninervées, vert - grisâtre, de 3 à 5cm de long sur 0.3 à 0.5cm de large, accompagnés des feuilles axillaires plus petites (0.5 à 1.5cm sur 0.1 à 0.3cm). Les inflorescences en épis simples ou paniculés au sommet des rameaux pour les mâles, axillaires aux épis sub-terminaux pour les femelles. C'est une plante dioïque. Les valves fructifères sont pédonculés, concrescentes sur 3/4 de leur longueur, munies de chaque côté de deux ailes longitudinales membraneuses, plus ou moins sinuées ou dentées de 0.8 à 1.5cm de large (FRANCLET et LE HOUEROU, 1971).



CHAPITRE III
LA PHOTOSYNTHESE

III.1 Historique

La photosynthèse joue un rôle tellement prédominant dans l'organisation et le développement des plantes.

En 1727, HALES avait soupçonné que les plantes satisfaisaient une partie de leur nutrition à partir de l'air ; les expériences de PRIESTLEY commencées en 1771 et d'abord publiées en 1772 l'ont amené à observer que l'air contaminé par la combustion d'une bougie ne permettait pas la survie d'une souris, il montra ensuite que l'air pouvait être régénéré par les plantes mais PRIESTLEY ne comprit pas l'importance de la lumière dans l'expérience (Hopkins et *al*, 1999).

C'est le physicien Hollandais Jan Ingenhousz (1779) qui montra que la capacité purificatrice des plantes était due à l'influence de la lumière solaire sur leurs parties vertes (VOET. D et *al*, 2004).

SENEBIER (1782,1783) enfin montra que du gaz carbonique « air fixé » était absorbé en même temps que l'oxygène était émis.

Beaucoup plus tard en 1845 et après que le phénomène eut été précisé par différents chercheurs, le physicien MAYER suggère que la lumière agit tant que source d'énergie.

Enfin, SACHS en 1864 montra que les chloroplastes à la lumière synthétisent des grains d'amidon (HELLER et *al*, 1998).

III.2 Définition

La photosynthèse est le phénomène physiologique présente chez les végétaux (ou encore les algues bleues ou brunes ou certaines bactéries) grâce auquel une partie de l'énergie solaire incidente peut être converti en énergie chimique utilisée pour la biosynthèse de certaines molécules organiques (en particulier les glucides) à partir d'éléments minéraux simples comme le gaz carbonique et l'eau (MAZLIAK et *al*, 1979).

Ces phénomènes exigent trois conditions principales :

- La présence de CO₂ (ou l'ion carbonate d'acide CO₂H) dans le milieu ;
- Exposition à la lumière ;
- La chlorophylle localisée dans des chloroplastes (BINET.P et *al*, 1968).

III.3 Site de la photosynthèse

La photosynthèse se déroule dans des organites particuliers, les chloroplastes, il s'agit d'un petit organite oblong de 2 à 10 micromètre qui est limité à la périphérie par une enveloppe constituée de deux membranes séparé par un espace inter membranaire étroite, la membrane interne entoure le stroma qui est une solution concentré d'enzyme qui contient aussi de l'ADN , des ARN et des ribosomes qui assurent la synthèse de plusieurs protéines chloroplastiques tout comme le matrice mitochondriale (VOET. D et *al*, 2004) au sien duquel on trouve de très nombreux profiles orientés parallèlement au plus grand axe les thylakoides (du grec thylacus : sac ou poche) qui forme des empilements danses appelés grana. (figure 1).

Les étapes de la photosynthèse qui convertissent l'énergie lumineuse en énergie chimique se déroulent dans les thylakoides, mais les étapes qui mettent cette énergie à profit pour convertie le dioxyde de carbone en glucides ont lieu dans le stroma (CAMPBELLetal1995)

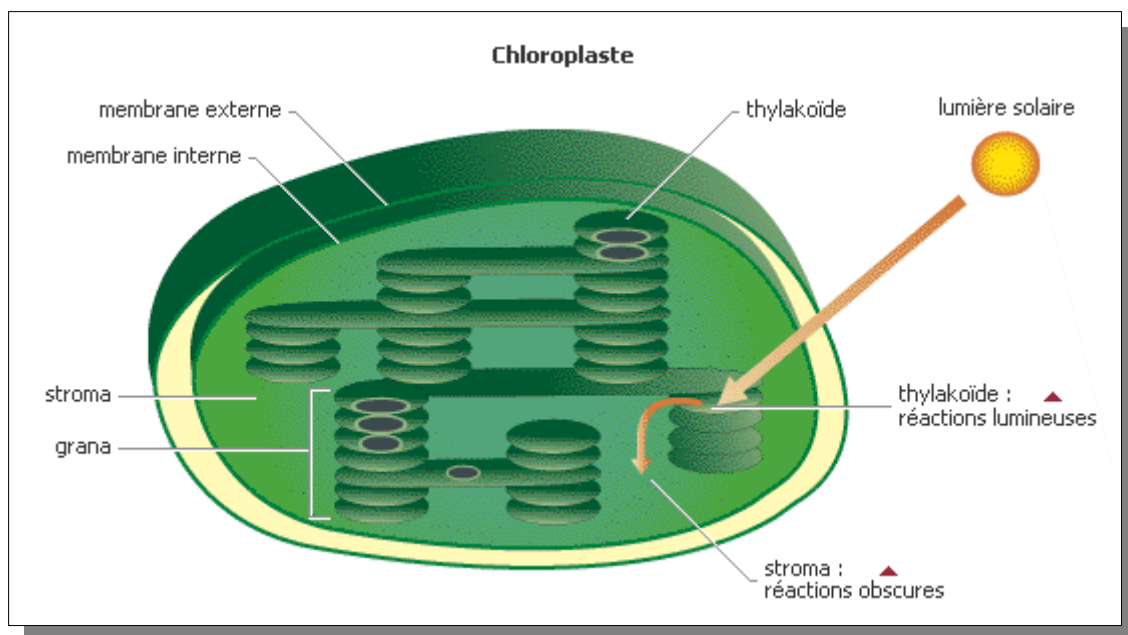


Figure 1 : Structure d'un chloroplaste

III.4 Les pigments photosynthétiques

Les pigments sont des substances qui absorbent la lumière visible. La notion de pigment est donc liée à la vision humaine. Les plantes contiennent une variété de pigments qui sont des composés physiologiques importants et constituent une particularité marquante commune à pratiquement toutes les plantes (Tableau 1). Le pigment possède la couleur des radiations qu'il n'absorbe pas.

Tableau 1:Caractéristiques d'absorptions des différents pigments assimilateurs (MAZLIAK, 1978).

	Type de pigment	Maximums d'absorption (en nm) (dans les solvants organiques)	Espèces contenant le pigment
Chlorophyll's	Chlorophylle a	420,600	Toutes les plantes supérieures et les algues.
	Chlorophylle b	435,643	Toutes les plantes supérieures et les algues vertes.
	Chlorophylle c	445,625	Diatomées et algues brunes.
	Chlorophylle d	450,690	Algues rouges.
Caroténoïdes	B carotène...	425, 450,480	Plantes supérieures et la plupart des algues.
	α carotène...	420, 440,490	La plupart des plantes et quelques algues.
	Lutéol...	425, 445,475	Algues vertes, algues rouges et plantes supérieures.
	Violaxanthol.	425, 450,475	Plantes supérieures.
	Fucoxanthol.	425, 450,475	Diatomées et algues brunes.
Phycobilines	Phycoérythrines.	490, 546,576	Algues rouges et certaines algues bleu-vert.
	Phycocianines.	618	Algues bleu-vert et certaines algues rouges.

III.4.1 La chlorophylle

La chlorophylle est le principal pigment responsable de la capture de l'énergie lumineuse utilisé dans la photosynthèse. (figure 2)

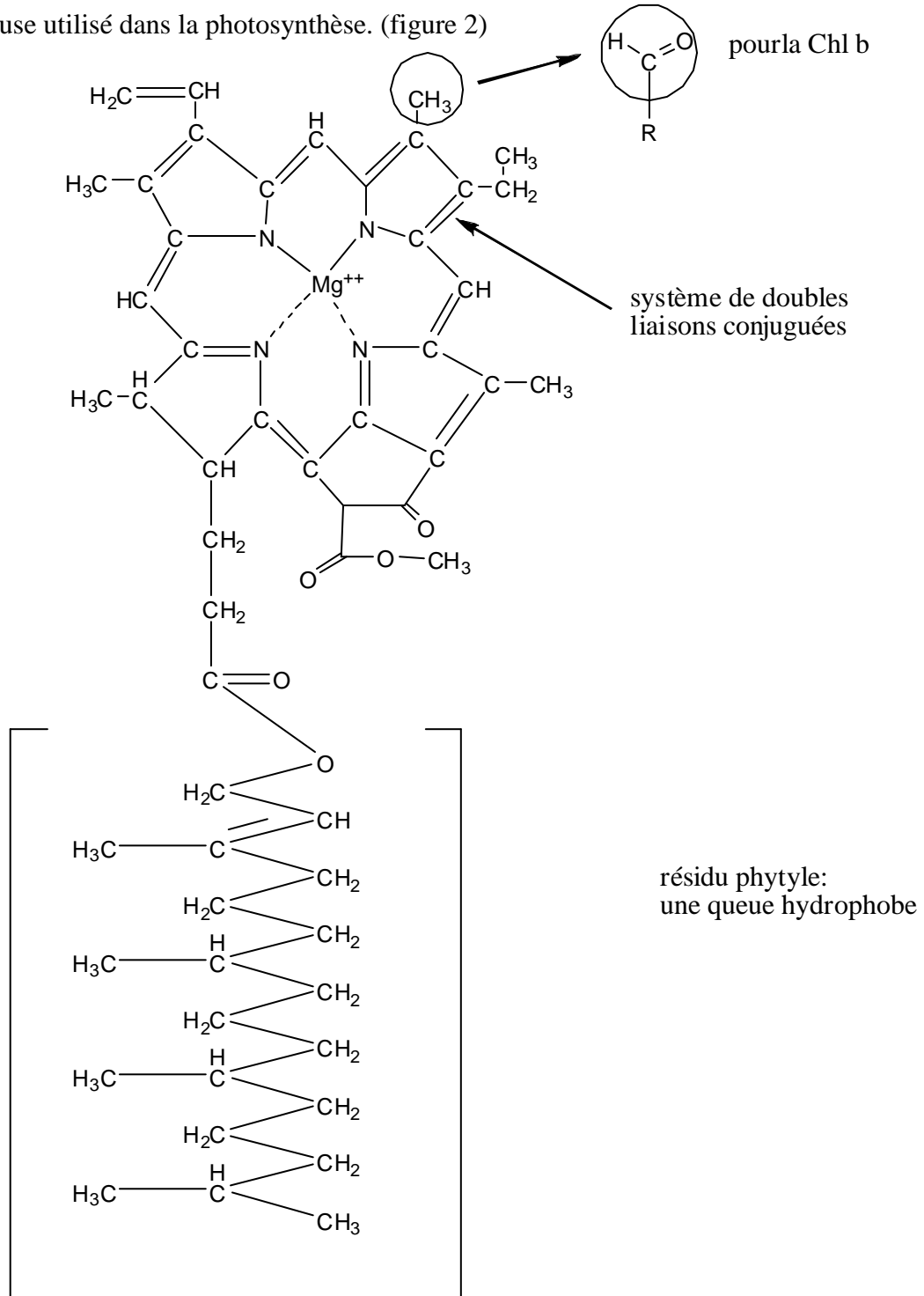


Figure 2 : Structure chimique de la chlorophylle (LUTTGE et al.,2002).

III.4.1.1 Propriétés chimiques

La chlorophylle est le groupement prosthétique d'une chromoprotéine. Elle est constituée de deux moitiés une tête formée d'une porphyrine et une longue queue d'hydrocarbures, ou phytol, une porphyrine est un groupement cyclique tétrapyrrolique constitué de quatre noyaux, pyrrole contenant un atome d'azote et disposés en cycle (HOPKINS *et al*, 2003).

Un atome central de magnésium lie aux quatre azotes des noyaux pyrroles par deux valences et deux liaisons physiques.

La chlorophylle b diffère simplement de la chlorophylle a en ce qu'à un radical méthyle CH₃ se substitue une fonction aldéhyde –COH.

III.4.1.2 Propriétés physiques

Les chlorophylles sont solubles dans l'alcool et les solvants des lipides. Cependant la molécule de chlorophylle apparaît comme dipolaire avec une longue chaîne phytol de 20 Å°

(Angströms) hydrocarbonée et donc fortement hydrophobe et un noyau tétrapyrrolique de 10 Å° qui est assez hydrophile malgré les groupements qui l'entourent (BINET.P *et al*, 1968).

III.4.1.3 Biosynthèse de la chlorophylle

Elle nécessite divers éléments, en particulier le magnésium, en son absence les tissus restent jaunâtres; et le plus souvent la lumière.

À l'obscurité se forme dans les chloroplastes un précurseur de la chlorophylle la photochlorophylle qui à la présence de la lumière va subir une réduction et se transforme en chlorophylle.

III.4.1.4 Destruction de la chlorophylle

La chlorophylle en solution est facilement détruite par oxydation, une lumière intense active cette destruction (Binet *et al*, 1968).

III.4.2 Pigments accessoires

Les pigments accessoires sont associées aux chlorophylles, les phycobilines chez les cyanobactéries à phycocyanine (du grec Kuanos : rouge), et les algues rouges phycoerythrine (Du grec eruthros : rouge), les caroténoïdes chez les plantes supérieures et les algues brunes.

III.4.2.1 Les phycobilines

(Du grec phykos : algue et du latin bilis : bile) doivent leur nom au fait qu'elles possèdent comme les pigments biliaires un noyau tétrapyrrolique ouvert (GUIGNARD, 2000).

III.4.2.2 Les caroténoïdes

Sont des pigments appartenant à la famille des terpenoïdes en C₄₀ issus de la voie de biosynthèse des isoprénoides. Comme les caroténoïdes sont d'abord des hydrocarbures, ils sont liposolubles et localisés soit dans les membranes des chloroplastes. La famille des caroténoïdes comprend les carotènes et les xanthophylles.

III.5 Déroulement de la photosynthèse

La photosynthèse se déroule dans deux phases distinctes :

III.5.1 La phase lumineuse

Les réactions de la phase lumineuse se déroulent dans la membrane des thylakoides où se trouvent les chlorophylles a et b et les autres pigments. Ces réactions se font selon un processus semblables aux transferts d'électrons et phosphorylation oxydatives mitochondriales (VOET et *al.*, 2004).

La phase lumineuse est appelé aussi les réactions photochimiques : la lumière absorbé par la chlorophylle déclenche un transfert d'électrons et de protons de l'eau vers un accepteur appelé NADP⁺ (nicotinamide adénine dinucleotide phosphate) qui stocke temporairement les électrons riches en énergie, la molécule d'eau se trouve ainsi scindée par conséquent, ce sont des réactions photochimiques qui rejettent de l'oxygène.

Les réactions photochimiques utilisent l'énergie solaire pour réduire le NADP⁺ en NADPH⁺ H⁺ en lui ajoutant une paire d'électrons et des deux protons (H⁺).

III.5.2 La phase obscure

La cycle commence par l'incorporation de dioxyde de carbone atmosphérique aux molécules organiques déjà présentent dans le chloroplaste, on appelle cette étape « fixation de carbone », le carbone fixé se fait ensuite réduire en glucide par l'ajoute d'électrons et des protons, le potentiel réducteur provient du NADPH⁺ H⁺ qui acquis des électrons riches en énergie pendant les réactions photochimiques pour convertir le dioxyde de carbone en glucide, le cycle de Calvin a aussi besoin de l'énergie chimique sous forme d'ATP également produite pendant les réactions photochimiques, c'est donc le cycle de Calvin qui élabore le

glucide mais seulement à l'aide du NADPH^+H^+ et de l'ATP.

Les étapes métaboliques du cycle de Calvin sont parfois appelées réactions obscures car ne nécessitent pas directement de la lumière.

III.6 Types métaboliques photosynthétiques

La chaleur, la sécheresse l'ensoleillement favorisent la photorespiration quand ces conditions se trouvent réunies les stomates se ferment il s'agit là d'une adaptation qui prévient la déshydratation en ralentissent la perte d'eau par les feuilles. Or la photosynthèse a tôt fait d'épuiser le dioxyde de carbone contenu dans les lacunes des feuilles et d'y augmenter la concentration d'oxygène et alors, la RuDP carboxylase accepte l'oxygène et la photorespiration s'amorce. On observe chez certaines espèces des modes de fixation du carbone qui réduisent la photorespiration au minimum même dans les climats arides, les deux importantes de ces adaptations sont la photosynthèse en C4 et le métabolisme acide crassulacée CAM (CAMPBELL et *al*, 1995).

III.6.1 Plantes de types C4

Les plantes C4 qui comprennent 5% des plantes terrestres se trouvent essentiellement dans les régions tropicales car elles poussent plus rapidement dans des conditions chaudes et ensoleillées par rapport à d'autres plantes appelées plantes à C3 (VET.D et *al*, 2004).

D'après SOLTNER (2007) les plantes tropicales comme Mais, Sorgho, Mil ou canne à sucre ont une organisation foliaire et un métabolisme particulier.

Autour des tissus conducteurs de la feuille conduisant la sève brute et la sève élaborée les cellules péri-fasciculaires, qui à leur tour, sont entourées d'une couche de cellules du mésophile.

Le cycle en C4 débute par l'absorption de CO_2 atmosphérique par les cellules de mésophile qui n'ayant pas de rubisco dans leurs chloroplastes assurant cette fonction en le condensent sous forme HCO^{-3} avec le phosphoenolpyruvate pour donner l'oxaloacetate celui-ci est réduit par le NADPH en malate on dit que le terme C4 fait référence à ces acides à quatre atomes de carbones.

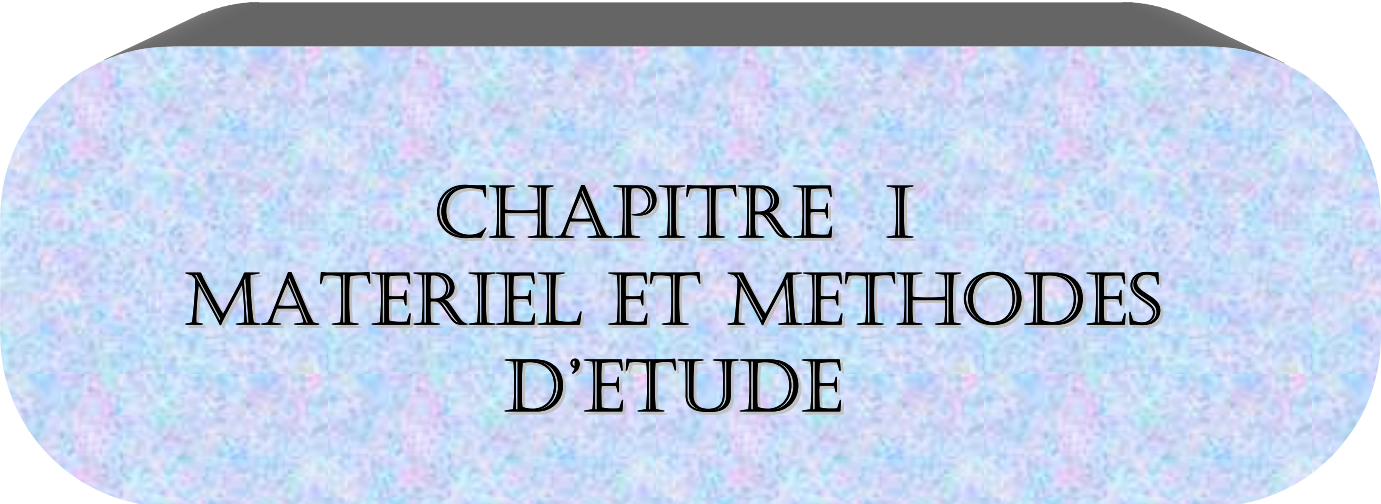
III.6.2 Plantes CAM (Crassulaceous Acid Métabolism)

Elles mettent en réserve le CO₂ par la synthèse de malate grâce aux réactions du cycle en C₄, la grande quantité de phosphoenolpyruvate nécessaire pour stocker l'approvisionnement quotidien en CO₂ est fournie par la dégradation de l'amidon via la glycolyse.

Au cours de la journée, ce malate est dégradé en CO₂ qui entre dans le cycle de Calvin et en pyruvate qui est utilisée pour resynthétiser l'amidon. Les plantes CAM sont ainsi capables d'assurer la photosynthèse avec un minimum de perte d'eau (VØET.D et *al*, 2004).



PARTIE PRATIQUE



CHAPITRE I
MATÉRIEL ET MÉTHODES
D'ÉTUDE

I.1 Matériel

I.1.1 Matériel végétal

Nous avons utilisé pour notre expérimentation des graines d'*Atriplex halimus* et *Atriplex canescens* qui sont récoltés au cours de la période de décembre dans la région de Djelfa (station d' El Mesrane) . Ces graines poussent dans les conditions naturelles différentes.

I.1.2 Caractéristiques de la zone de prélèvement des graines

Djelfa est une ville se trouvant à 300km au Sud d' Alger , la commune est limitée au Nord par Médéa , au Sud par Laghouat , à l'Est par M'sila et à l'Ouest par Tiaret , ses coordonnées sont 3°17' Est de longitude et 34°40' Nord de latitude , elle s'élève à une altitude 1139m . Les précipitations moyennes sont de l'ordre de 308mm / an.

La région présente une période de sécheresse qui dure 4 à 5 mois. Elle débute à mi – Mai jusqu'à la mi – Octobre interrompue par la période humide allant de Novembre au mois de Mars. Elle appartient donc à l'étage bioclimatique semi – aride (BENRBIHA, 1987).

I.2 Méthodes

I.2.1 Dispositif expérimental

L'essai a été conduit dans des pots sous serre à l'Institut d'Agronomie Saharienne.

Le dispositif expérimental adopté comprend 5 blocs (traitements) et une série de pots de 10 plants (répétitions) pour chaque espèce. Nous avons utilisé 100 pots pour l'ensemble de l'essai. Les pots sont disposés en blocs et subissent régulièrement des rotations. Les plantes sont stressées soit :

- A l'eau de mer diluée à 50 % à la solution nutritive et sans dilution (100 %)
- Aux sels combinés de Chlorure de Sodium (Na Cl) et de Chlorure de Calcium (Ca Cl₂) à 400 et 600 meq de solution nutritive de HOAGLAND (1938).
- Les plantes témoins sont arrosées à la solution nutritive.

I.2.2 Préparation du substrat de culture

Le substrat utilisé est du sable des dunes, ce sable subi plusieurs préparations avant son utilisation selon les étapes suivantes :

- Le sable a été tamisé plusieurs fois pour éliminer toutes les impuretés (débris végétaux, animaux , ...) d'abord il a été lavé à l'esprit de sel pendant 15 minutes pour éliminer les sels qu'il possède comme par exemple le Chlorure , Carbonates ...etc. .
- Des rinçages répétés sont opérés à l'eau distillé dans le but de supprimer toutes traces de sels -Au cours du dernière lavage on prend une quantité de l'eau de rinçage a laquelle on ajout 2 à 3 gouttes de solution de nitrate d'argent à 5 % pour vérifier qu'il n'y a plus de sels dans le sable.
- Le sable est ensuite épandu à l'air libre pour subir un séchage naturel, ainsi on obtient un support inerte à la plante.

I.2.3 Préparation de la culture

Nous avons effectués les étapes suivantes a fin de préparer la culture.

I.2.3.1 Germination

Avant de mettre les graines dans les alvéoles pour germiner, on les désinfecte dans l'eau de Javel à 8% pendant quelques minutes, puis on les rince à l'eau distillé plusieurs fois pour éliminer toutes les traces de Chlorures.

Ces graines ont été semis dans des alvéoles remplies de terreau, puis arrosées à l'eau distillée pendant 20 jours (figure 5), elle a pour but de produire des plantes.

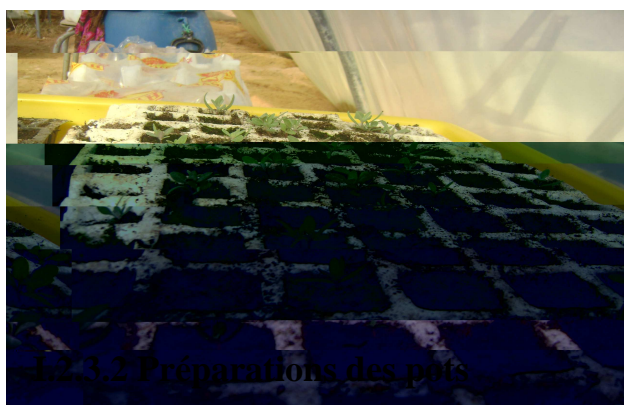


Figure 3 a : Plantules *Atriplex canescens* en alvéole âgées de 20 jours.



Figure3 b : Plantules *Atriplex halimus* en alvéole âgées de 20 jours.

Les plantules sont repiquées individuel dans les pots en plastiques de 16 cm de diamètre et 13.8 cm de hauteur qui sont remplis d'un mélange de sable lavé et de terreau industrielle

(Terreau de type Raeyco), à raison de deux volumes de sable pour un volume de terreau (2/3, 1/3). Le fond des pots à été tapissé avec du gravier facilitant le drainage, les pots sont remplis avec 1987kg du mélange, cette valeur de poids est retenue pour déterminer la capacité de rétention de ce substrat dont le mode de calcul est indiqué en annexe 1. Il fallait calculer cette capacité hydrique à fin de calculer la quantité de solution nutritive à apporter au moment des arrosages.

Donc, les plantes sont arrosés chaque deux jours à la solution nutritive de HOAGLAND 1938 diluée à 1/1000 apportée à 30% de capacité de retentions (CR) pendant deux mois après le semis et après avoir constaté une certaine fanaison et dessèchement du bout des feuilles, nous avons doublé la dose d'arrosage à 60% de CR durant un mois jusqu'au moment de l'application du stress.

I.2.4 Préparation des différentes solutions

I.2.4.1 La solution nutritive

La solution nutritive préparée pour notre expérimentation est celle de HOAGLAND 1938. Elle se compose d'un ensemble de micro-éléments et de macroéléments (tableau 2).

Tableau 2: Composition de la solution nutritive de **HOAGLAND, (1938)**

Les composants de la solution mère	Nomenclature	Poids g.l ⁻¹	Mole.l ⁻¹
Macro- elements			
Nitrate d potassium	KNO ₃	191.90	1.90
Nitrate de calcium	(NO ₃) Ca, 4H ₂ O	129.80	0.55
Nitrate d'ammonium	NO ₃ NH ₄	210.00	0.26
Sulfate de magnesium	SO ₄ Mg. 7H ₂ O	61.50	0.25
Phosphate mono potassique	PO ₄ H ₂ K	54.40	0.40
Di-potassium hydrogénophosphate	PO ₄ K ₂ H. 3H ₂ O	34.23	0.15
Oligo éléments			
Chlorure de manganese	Cl ₂ Mn, 4H ₂ O	1.80	
Sulfate de cuivre	CuSO ₄ , 5H ₂ O	0.176	
Sulfate de zinc	ZnSO ₄ , 7H ₂ O	0.219	
Acide borique	BO ₃ H ₃	2.861	
Molybdate d'ammonium	MO ₇ O ₂₄ (NH ₄), 7H ₂ O	0.285	
Complexe ferrique	EDTA ferrique (C ₁₀ H ₁₂ FeN ₂ NaO ₈)	0.050	

I.2.4.2 Les solutions salines

Deux types de solutions salines ont été préparés :

a- Eau de mer

L'eau de mer utilisée est prélevée de la plage de Cap- Djenet (Wilaya de Tizi Ouzou) en 2007. Celle-ci a été décantée, puis nous avons mesuré sa conductivité électrique qui est 69.57ms/cm à 25°C et son PH égale à 7.86

L'eau de mer est constituée de 74meq/l d'ions de chlore et 34230.75ppm qui correspond à 1488.3meq/l d'ions de sodium.

Deux concentrations d'eau de mer ont été utilisées; une diluée à 50% à la solution nutritive et l'autre non diluée (100% d'eau de mer).

b- Na Cl+CaCl₂

Cette solution est préparée à partir d'une combinaison de Na Cl + CaCl₂ à 400meq.l⁻¹ et 600 meq.l⁻¹ de solution nutritive (tableau 3).

Nous avons utilisé du Na Cl (chlorure de sodium) et du CaCl₂ (chlorure de calcium) volume par volume, pour la préparation de cette solution salin. Il est important d'utiliser du CaCl₂ en raison du rôle physiologique qui joue le calcium chez les végétaux dans la régulation de l'augmentation et du développement (**KREIMER et al, 1985**) et du métabolisme des plantes (**KREIMER et al, 1988**).

Tableau 3 : Composition de la solution saline

Le composant		400 meq.l ⁻¹	600meq.l ⁻¹	Témoin
Na Cl	mM.l ⁻¹	400	600	Solution nutritive
	g.l ⁻¹	23.36	35.04	
CaCl ₂	mM.l ⁻¹	200	300	Solution nutritive
	g.l ⁻¹	29.40	44.16	

I.2.5 Application du stress salin

La contrainte saline est appliquée sur les plantes âgées de 03 mois du semis avec les différents traitements que nous avons préparés. Les plantes sont donc traitées le matin à 60% de la capacité de rétention. Le stress a duré une semaine, par contre, les plantes témoins ont été arrosées à solution nutritive.

I.2.5.1 Prélèvement des échantillons foliaires et l'analyse de la teneur en chlorophylle

a- Prélèvement

Au bout d'une semaine de stress; les échantillons composés seulement de feuilles sont rosées chaque deux jour avec la solution nutritive.

Prélevés en prenant le soin de les mettre dans du papier aluminium de manière à les protéger de la lumière. Toute l'expérimentation s'est déroulée au laboratoire en absence de lumière et à basse température 4°C.

b- Extraction

Les pigments des végétaux sont en association étroite avec les complexes lipoprotéines qui constituent les membranes. Afin d'extraire des pigments de ces complexes, il est nécessaire d'utiliser un solvant présentant des caractéristiques amphipolaires de façon à dissocier les liaisons tant polaires que non polaires existant entre les divers constituants de ces membranes et de libérer ainsi les molécules pigmentaires lipophiles.

L'analyse des pigments a été effectuée en utilisant deux méthodes ; cela nous permis de comparer entre les deux, les teneurs en chlorophylle a et chlorophylle b et de pouvoir calculer les caroténoïdes avec la deuxième méthode

Méthode 1

Pour déterminer le contenu en chlorophylle des feuilles, nous avons utilisé la méthode décrite par EKANAYAKE et ADELEKE (1996). Il s'agit de faire une série de broyage de 2g de feuilles fraîches dans un mortier avec 20ml d'acétone (80%) et une cuillère à café de sable propre afin d'extraire la totalité des pigments chlorophylliens. L'extrait obtenu à chaque broyage est récupéré dans un erlenmeyer.

Dans les deux premiers broyages, on met à chaque fois 8ml d'acétone (80%) et dans les deux autres broyages on ajoute 2ml d'acétone (80%).

La solution résultante est conservée à l'abri de la lumière dans des tubes à essais enroulés de papier aluminium pour éviter l'oxydation. Puis on prend 5ml du filtrat dans une cuve, pour mesurer la densité optique au spectrophotomètre de type UV mini-1240 à 645 et 663 de longueur d'onde de nm pour la chlorophylle a, et b respectivement

Lors de la lecture on utilise comme témoin (blanc) de l'acétone (80%). Les concentrations en chlorophylles a, b et total ab exprimées en mg/g PF sont déduites par les formules suivantes :

$$\text{Chl a} = 20.2(\text{DO645}) (50/1000) (100/5) (1/\text{pf}).$$

$$\text{Chl b} = 8.02(\text{DO663}) (50/1000) (100/5) (1/\text{pf}).$$

$$\text{Ch lab} = (20.2(\text{DO645}) + 8.02(\text{DO663})) (50/1000) (100/5)(1/\text{pf})$$

Avec; DO: densité optique.

Pf : poids frais.

Les concentrations en chlorophylles moyennes sont calculées uniquement sur 6 échantillons au lieu de 10 plantes sont soumis à une analyse de variance

Méthode 2

La teneur en chlorophylle a et chlorophylle b, les caroténoïdes sont déterminés selon la méthode de Lichtenthaler 1987 et Shabala et al. 1998 et au niveau de l'avant dernière feuille.

Dans des tubes, on ajoute à 2g d'échantillon frais coupé en petits fragments, 20ml d'acétone à 95%, l'ensemble est conservé à l'obscurité et à 4°C pendant 48heures.

Les concentrations de la chlorophylle a, chlorophylle b et les caroténoïdes sont effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre à des densités optiques respectives de 662, 644 et 470 nm.

L'appareil est étalonné avec la solution témoin à base d'acétone à 95%. Les concentrations de la chlorophylle a, chlorophylle b et les caroténoïdes sont calculées par les formules suivantes :

$$\text{Chl a} = 9.784 \times \text{Do} (662) - 0.99 \times \text{Do} (644).$$

$$\text{Chl b} = 21.42 \times \text{Do} (644) - 4.65 \text{Do} (662).$$

$$\text{C} (\text{x} + \text{c}) = 1000 \times \text{Do} (470) - 1.90 \text{Chl a} - 63.14 \text{Ch b} / 214$$

Do : Densité optique.

x : Xanthophylles.

c : Caroténoïdes



CHAPITRE II
RESULTATS ET DISCUSSION

I- Effet du stress salin sur les pigments photorécepteurs (Méthode I)

I-1- chez l'*Atriplex halimus*

I-1-1- Action des sels combinés

Les résultats obtenus de la teneur en chlorophylles a, b et en chlorophylle totale ab selon la méthode de **EKANAYAKE** et **ADELEKE (1996)** des feuilles sont rapportés dans la figure 4.

I-1-1-1- La teneur en chlorophylle a

Nous remarquons que la teneur en chlorophylle a est importante chez les plantes témoins ; elle est de 19,31($\mu\text{g/g PF}$). Cette valeur est supérieure à celle obtenue pour les plantes stressées aux sels , on constate une diminution de la teneur en chlorophylle a en allant de la solution la moins saline 400 meq/l (14,46 $\mu\text{g/g PF}$) à la solution la plus saline 600 meq/l (13,03 $\mu\text{g/g PF}$).

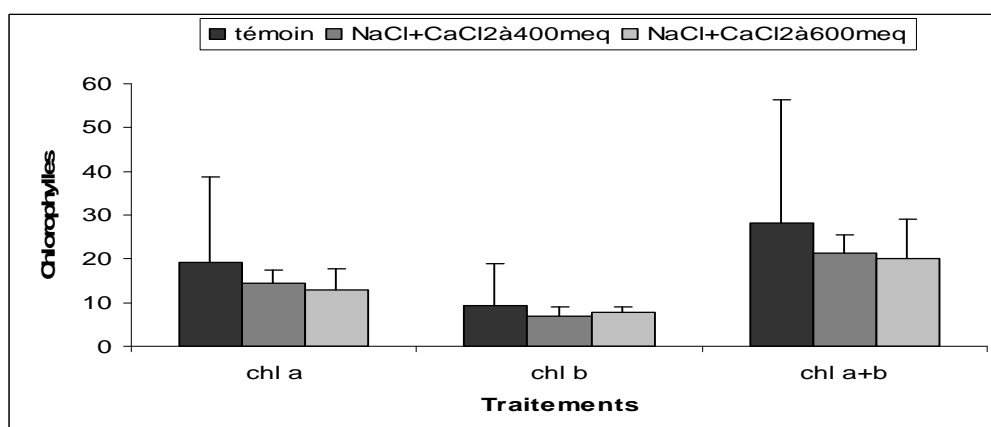


Figure 4 : Teneur en chlorophylles en ($\mu\text{g/g PF}$) chez les plantes d'*Atriplex halimus* âgées de 90 jours et stressées aux sels (Na Cl +CaCl₂).

L'analyse de variance réalisée sur les résultats de la teneur en chlorophylle indique qu'il existe une différence hautement significative entre les témoins et les différents traitements (tableau 4).

Tableau 4 : Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle a ($\mu\text{g/g}$ PF) chez l'*Atriplex halimus* âgée de 90 jours et stressée aux sels combinés.

Traitements	Témoin	400 meq	600meq	Signification
Chl a	19.31± 2.23	14.45±2.94	13.03±4.45	Significative

Le test de **NEWMEN-KEULS** (au seuil de 5%) a fait ressortir l'action des sels combinés sur la teneur en chlorophylle a dans les feuilles. Il montre la formation d'un seul groupe homogène entre le témoin et les plantes traitées aux différents sels combinés (Annexe 5).

I-1-1-2 La teneur en chlorophylle b

Elle est moins considérable que celle de la chlorophylle a, les valeurs de la teneur en chlorophylle b chez les plantes témoins et les plantes stressées aux sels combinés à 400 meq/l et à 600 meq/l sont respectivement de 9,38 et 7,02 et 7,81 ($\mu\text{g/g}$ PF). (figure 6 et tableau 5).

Tableau 5 : Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle b ($\mu\text{g/g}$ PF) chez l'*Atriplex halimus* âgée de 90 jours et stressée aux sels combinés.

Traitements	Témoin	400 meq	600meq	Signification
Chl b	9.39 ± 0.22	7.02±2.09	7.81±1.14	Significative

Les analyses statistiques effectuées indiquent qu'il y a une différence significative entre les plantes qui sont arrosées uniquement à la solution nutritive et celles ayant subies les traitements aux sels combinés à 400 meq/l et à 600 meq/l.

Le test **de NEWMEN-KEULS**, fait ressortir un seul groupe homogène (annexe 2).

I-1-1-3- La teneur en chlorophylle totale

La teneur en chlorophylle totale enregistrée (figure 4 et tableau 7) chez les plantes témoins est beaucoup plus importante, elle est de 28,16 $\mu\text{g/g}$ PF. Cette teneur diminue progressivement avec le degré de la salinité des sels utilisés à 21,22 $\mu\text{g/g}$ PF et 20,06 $\mu\text{g/g}$ PF respectivement à 400 et 600 meq.

Tableau 6 : Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle ab ($\mu\text{g/g PF}$) chez l'*Atriplex halimus* âgée de 90 jours et stressée aux sels combinés.

Traitements	Témoin	400 meq	600meq	Signification
Chl a+b	28.16 \pm 2.88	21.22 \pm 4.30	20.06 \pm 8.92	Significative

L'analyse de la variance indique aussi qu'il y a une différence significative entre le témoin et les autres traitements.

Le test de **NEWMEN-KEULS** et **BONFERRONI** ont fait ressortir l'effet des sels combinés sur la teneur en chlorophylle totale dans des feuilles, ils montrent l'apparition d'un groupe homogène entre ces traitements. (Annexe 5)

I-1-2-Action de l'eau de mer

Les résultats de la teneur des plantes en chlorophylles a b et totale ab sont représentés dans la figure 5.

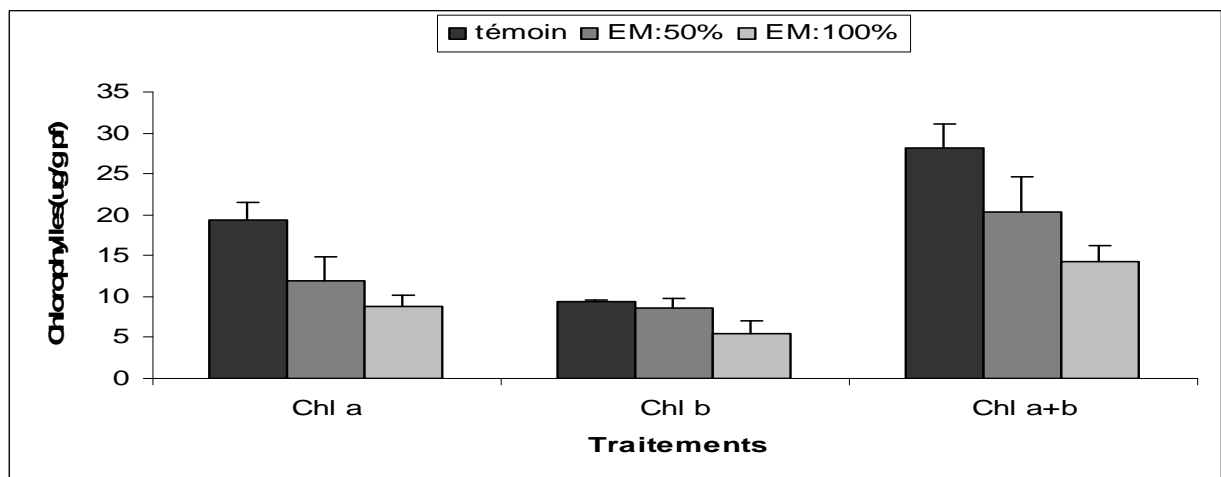


Figure 5 : Teneur en chlorophylles en ($\mu\text{g/g PF}$) chez les plantes d'*Atriplex halimus* âgées de 90 jours et stressées à l'eau de mer.

I-1-2-1- La teneur en chlorophylle a

Nos résultats montrent que la teneur en chlorophylle a chez les plantes témoins (19,31 $\mu\text{g/g PF}$) est supérieure à celles des plantes traitées à l'eau de mer dilué de moitié (11,85 $\mu\text{g/g PF}$) et sans dilution (8,81 $\mu\text{g/g PF}$).

Les données de l'analyse statistique signalent que la différence est significative entre les traitements (tableau 6).

Tableau 7 : Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle a ($\mu\text{g/g PF}$) chez l'*Atriplex halimus* âgée de 90 jours et stressée à l'eau de mer.

Treatments	Témoin	EM 50%	EM 100%	Signification
Chl a	19.31± 2.23	11.85±2.95	8.81±1.28	Significative

Le test de **NEWMEN-KEULS et BONFERRONI**, indiquent la formation de deux groupes homogènes. Le premier groupe est constitué par les plantes témoins et le seconde par les plantes qui sont traitées à l'eau de mer à 50% et 100%.

I-1-2-2 -La teneur en chlorophylle b

Il ressort clairement d'après la (figure 7 et le tableau 9) que la teneur en chlorophylle enregistrée chez les plantes témoins (9,38 $\mu\text{g/g PF}$) est supérieure à celle des plantes traitées à l'eau de mer dilué à 50% (8,55 $\mu\text{g/g PF}$) et à 100% (5,49 $\mu\text{g/g PF}$).

Tableau 8 : Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle b ($\mu\text{g/g PF}$) chez l'*Atriplex halimus* âgée de 90 jours et stressée à l'eau de mer

Traitements	Témoin	EM à 50%	EM à 100%	Signification
Chl b	9.39 ± 0.22	8.55±1.31	5.50±1.46	Significative

L'analyse de variance effectuée (tableau 8) indique qu'il y a une différence significative entre le témoin et les traitements d'eau de mer à 50% et à 100%.

Le test de **NEWMEN-KEULS**, a permis de dégager un seule groupe homogène (annexe 5)

I-1-2-3 La teneur en chlorophylle totale

La teneur moyenne en chlorophylle totale des feuilles est importante au niveau des plantes témoins (28.16 $\mu\text{g/g PF}$) par rapport à celles stressées à l'eau de mer (figure 7 et tableau 9).

En effet, chez les plantes arrosées à l'eau de mer, les teneurs en chlorophylle b diminuent progressivement avec les différents traitements, elles sont de 20.39 $\mu\text{g/g PF}$ pour l'eau de mer diluée à 50% et de 14.31 $\mu\text{g/g PF}$ pour l'eau de mer non dilué.

Tableau 9 : Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle ab ($\mu\text{g/g}$ PF) chez l'*Atriplex halimus* âgée de 90 jours et stressée à l'eau de mer

Traitements	Témoin	EM à 50%	EM à 100%	Signification
Chl a+b	28.16± 2.88	20.39± 4.25	14.31± 1.97	Significative

En outre, l'analyse de variance indique qu'il existe une différence significative entre la teneur en chlorophylle totale des plantes témoins et les autres qui traitées à l'eau de mer.

Selon le test de **NEWMEN-KEULS** et **BONFERRONI** on a fait ressortir l'effet des sels combinés sur la teneur en chlorophylle totale dans des feuilles, ils montrent l'apparition d'une groupe homogène entre ces traitements.

II-Effet du stress salin sur les pigments photorécepteurs (Méthode I)

II-1- chez l'*Atriplex canescens*

II-1-1- Action des sels combinés

Les résultats de la teneur des plantes en chlorophylles a ,b et totale sont rapportés dans la figure 6.

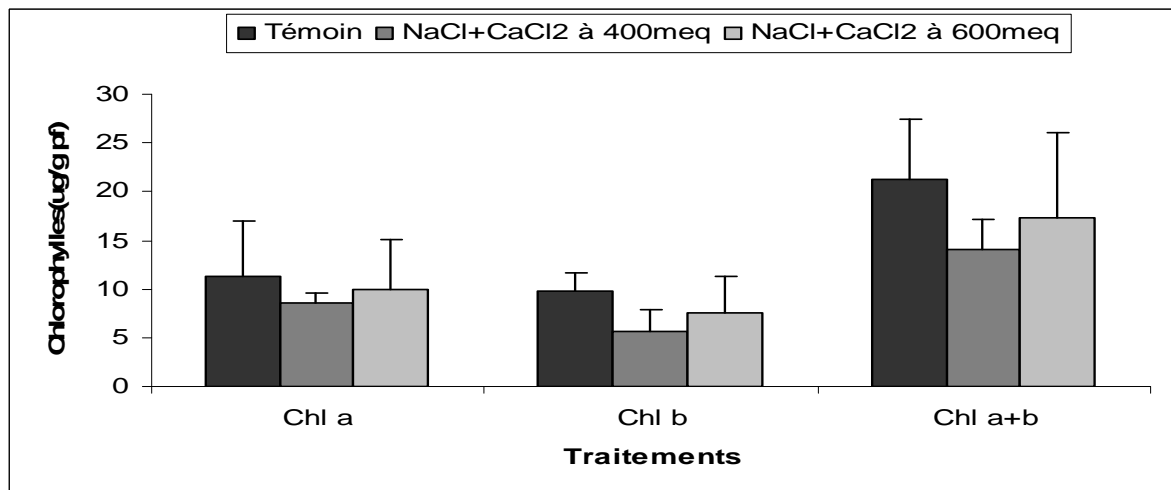


Figure 6 : Teneur en chlorophylles en ($\mu\text{g/g}$ PF) chez les plantes d'*Atriplex canescens* âgées de 90 jours et stressées aux sels (Na Cl +CaCl2).

II-1-1-1 La teneur en chlorophylle a

Les résultats obtenus (figure 8 et tableau 11) montrent que la teneur en chlorophylle a chez les plantes témoins de l'*Atriplex canescens* est de (11.38 $\mu\text{g/g}$ PF), elle est supérieure par rapport à celles des autres traitements à savoir les sels combinés à 400 meq (9.91 $\mu\text{g/g}$ PF) et à 600 meq (8.49 $\mu\text{g/g}$ PF).

Tableau 10 : Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle a ($\mu\text{g/g}$ PF) chez l'*Atriplex halimus* âgée de 90 jours et stressée aux sels (NaCl +CaCl₂).

Traitements	Témoin	400 meq	600meq	Signification
Chl a	11.38± 5.66	8.49±1.17	9.91±5.22	Non significative

Ces résultats indiquent que la différence entre le témoin et les différents traitements est non significative.

Le test de **NEWMEN-KEULS** au (seuil de 5%) ne montre pas la formation de groupe homogène.

II-1-1-2 La teneur en chlorophylle b

La teneur en chlorophylle b est aussi importante chez les plantes témoins (9.80 $\mu\text{g/g}$ PF). Alors que celles obtenus chez les plantes traitées à 400 et à 600 meq sont respectivement de 7.46 et de.58 $\mu\text{g/g}$ PF. (Figure 8 et tableau 12).

Tableau 12 : Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle b ($\mu\text{g/g}$ PF) chez l'*Atriplex halimus* âgée de 90 jours et stressée aux sels (NaCl +CaCl₂)

Traitements	Témoin	400 meq	600 meq	Signification
Chl b	9.80 ± 1.88	5.58±2.30	7.46±3.78	Significative

L'analyse de variance de la teneur en chlorophylle b chez les plantes d'*Atriplex canescens* stressées aux sels combinés et non traitées indique que la différence est significative.

Le test de **NEWMEN-KEULS** au (seuil de 5%) montre la formation d'un seule groupe homogène.

II-1-1-3 La teneur en chlorophylle totale

Les résultats obtenus sur la teneur en chlorophylle totale (figure 6 et tableau 11) sont respectivement de 21.18 $\mu\text{g/g PF}$, 17.37 $\mu\text{g/g PF}$ et de 14.07 $\mu\text{g/g PF}$ pour les plantes témoins et pour celles traitées à 400 et à 600 meq de sels combinés. Les teneurs en chlorophylle des feuilles témoins sont élevées par rapport à celles traitées

Tableau 11 : Test statistique de signification de Newman - Keuls ($P=5\%$) des teneurs en chlorophylle (ab) ($\mu\text{g/g PF}$) chez l'*Atriplex halimus* âgée de 90 jours et stressée aux sels (NaCl+CaCl₂).

Traitements	Témoin	400 meq	600 meq	Signification
Chl a+b	21.18 \pm 6.30	14.07 \pm 3.00	17.37 \pm 8.70	Non significative

Il n'y a pas de différence significative entre le témoin et les teneurs en chlorophylle totale des plantes traitées aux sels combinés à 400 meq/l et à 600 meq/

D'après le test de **NEWMEN-KEULS**, il ressort que le témoin et les autres traitements aux sels combinés ne constituent aucun groupe homogène.

II-2-1-Action de l'eau de mer

Les résultats des teneurs en chlorophylles chez les plantes d'*Atriplex canescens* stressées à l'eau de mer sont présentés dans la figure 7

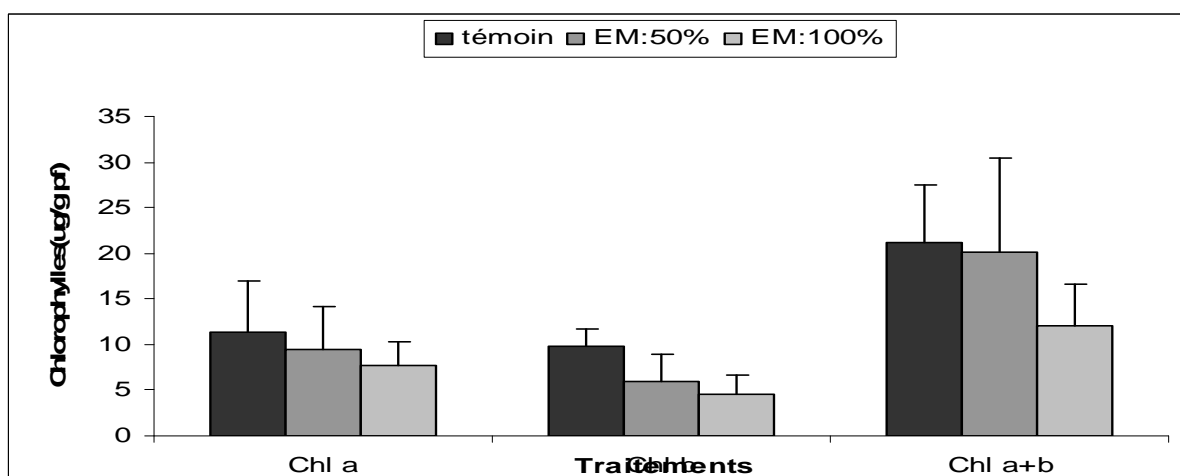


Figure 7 : Teneur en chlorophylles en ($\mu\text{g/g PF}$) chez les plantes d'*Atriplex canescens* âgées de 90 jours et stressées à l'eau de mer.

II-2-1-1 La teneur en chlorophylle a

La teneur des plantes en chlorophylle a enregistrée est élevée pour les plantes témoins (11.38 $\mu\text{g/g PF}$) par rapport aux plantes stressées aux concentrations 50% d'eau de mer (7.70 $\mu\text{g/g PF}$) et 100% (9.47 $\mu\text{g/g PF}$).

Les résultats de l'analyse de variance montre qu'il y a une différence significative entre le témoin et les traitements d'eau de mer (tableau 14).

Le test de **NEWMEN-KEULS** (au seuil 5%) fait ressort que le témoin et les autres traitements à l'eau de mer ne constituent aucun groupe homogène.

Tableau 12 : Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle a ($\mu\text{g/g PF}$) chez l'*Atriplex canescens* âgée de 90 jours et stressée à l'eau de mer.

Traitements	Témoin	EM 50%	EM 100%	Signification
Chl a	11.38 \pm 5.66	9.47 \pm 4.63	7.50 \pm 2.64	Non significative

II-2-1-2-La teneur en chlorophylle b

Les teneurs en chlorophylle b obtenues (figure 9 et le tableau 15) sont respectivement de 9.80 $\mu\text{g/g PF}$, 6.01 $\mu\text{g/g PF}$ et de 4.48 $\mu\text{g/g PF}$ chez les plantes témoins, celles traitées à 50% d'eau de mer et à 100% d'eau de mer.

Tableau 13: Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle b ($\mu\text{g/g PF}$) chez l'*Atriplex canescens* âgée de 90 jours et stressée à l'eau de mer.

Traitements	Témoin	EM à 50%	EM à 100%	Signification
Chl b	9.80 \pm 1.88	6.01 \pm 2.97	4.48 \pm 2.25	Significative

L'analyse de variance nous indiquons que la différence entre le témoin et les autre traitement n'est pas significative .

Selon le test de **NEWMEN-KEULS** ,il ressort que le témoin et les autres traitements à des sels combinés ne constitués aucune groupe homogène.

L'analyse de variance de la teneur des plantes en chlorophylle b indique qu'il existe une différence significative entre le témoin et les traitements à base d'eau de mer. Le test de **NEWMEN-KEULS** a permis de dégager un seule groupe homogène

(Annexe 5).

II-2-2-3 La teneur en chlorophylle totale

La teneur moyenne en chlorophylle totale des feuilles est très importante 21.18 µg /g PF au niveau des plantes témoins par rapport à ceux stressées à l’eau de mer aux différentes concentrations (50% et 100%) qui sont de 20.16 et de 11.99 µg/g PF (figure9 et tableau 16

L’analyse de variance montre qu’il n y a aucune différence entre le témoin et les plantes traitées à l’eau de mer (annexe 5).

Tableau 14 : Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle ab (µg/g PF) chez l’*Atriplex canescens* âgée de 90 jours et stressée à l’eau de mer

Traitements	Témoin	EM à 50%	EM à 100%	Signification
Chl a+b	21.18± 6.30	20.17±10.34	11.98±4.72	Non significative

Le test de **NEWMEN-KEULS** (au seuil 5%) fait ressort que le témoin et les autres traitements à l’eau de mer ne constituent aucun groupe homogène

III- Effet du stress salin sur les pigments photorécepteurs (Méthode II)

III-1- chez l’*Atriplex halimus*

III-1-1- Action des sels combinés

Les résultats de la teneur en chlorophylle sont présentés dans la **figure 8**

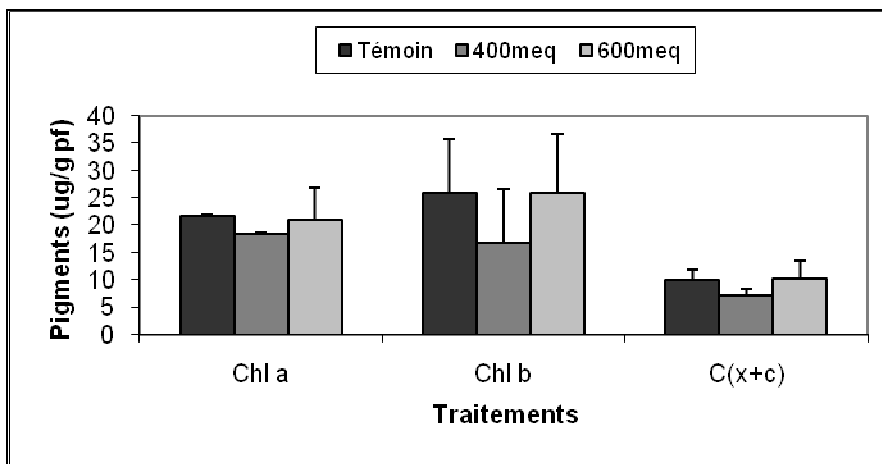


Figure 8 : Teneur en chlorophylles en (µg/g PF) chez les plantes d’*Atriplex halimus* âgées de 90 jours et stressées aux sels (NaCl+CaCl2).

III-1-1-1/ La teneur en Chlorophylle a

Nous remarquons que, la teneur en chlorophylle a est importante dans les plantes témoins, elle est de 21.79µg/g PF, alors que pour les plantes stressées aux sels combinés, cette teneur diminue par rapport à celle du témoin et au fur et à mesure que le stress salin s'intensifie, les valeurs obtenus sont respectivement 20.92µg/g PF et 16.9µg/g PF pour 400 et 600meq/l. L'activité photosynthétique chez les plantes non stressées est donc aux plantes stressées à base de NaCl+CaCl₂ importante par rapport

Tableau 15 : Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle ab (µg/g PF) chez l'*Atriplex halimus* âgée de 90 jours et stressée aux sels (NaCl+CaCl₂)

Traitements	Témoin	400meq	600meq	Signification
Chl a	21.79±0.16	20.92±0.24	16.90±5.85	Non significative

Chaque valeur dans chaque case représente la teneur moyenne en chlorophylle analysée à partir de cinq échantillons de la feuille.

L'analyse de la variance réalisée sur les résultats de la teneur en chlorophylle indique qu'il existe une différence significative entre le témoin et les autres traitements (tableau16).

Le test de **NEWMAN-KEULS** au seuil de 5%, et le test de **BONFERRONI**, ont fait ressortir

L'action des différents traitements sur la teneur en chlorophylle a dans les feuilles. Ils montrent la formation d'un seul groupe homogène entre les plantes témoins et les traitements.

III-1-1-2/ La teneur en Chlorophylle b

Selon les résultats consignés dans le tableau17 et la figure10, il ressort que la teneur en chlorophylle b chez les plantes témoins est de 28.28µg/g PF, cette teneur représente deux fois le plus celles enregistrées chez les plantes stressées à 600meq (14.78µg/g). Pour les plantes traitées aux sels combinés à 400meq, cette teneur a baissée à 24.80µg/g PF.

Tableau 16: Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle ab ($\mu\text{g/g}$ PF) chez l'*Atriplex halimus* âgée de 90 jours et stressée aux sels (NaCl+CaCl₂)

Traitements	Témoin	400meq	600meq	Signification
Chl b	28.29±9.74	24.80±9.74	14.78±10.87	Non significative

L'analyse de la variance des résultats obtenus (tableau18) montre qu'il n'existe pas une différence significative entre le témoin et les sels combinés.

Le test de **NEWMAN-KEULS** au seuil de 5%, et le test de **BONFERRONI**, ont permis de dégager un seule groupe homogène entre les plantes étudiés.

III-1-1-3/La teneur en caroténoïdes

Les résultats de la teneur des caroténoïdes sont rapportés dans la figure 10 et dans le tableau 19.

Ils montrent que la teneur en caroténoïde obtenu chez *Atriplex halimus* est presque égale chez les plantes témoins (10.35 $\mu\text{g/g}$) et les plantes stressés au Na Cl+Ca Cl₂ à 400meq (10.01 $\mu\text{g/g}$). Mais, la teneur chez les plantes stressées à600meq diminue par rapport à celle de témoin (6.62 $\mu\text{g/g}$)

Tableau 17: Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en caroténoïdes ($\mu\text{g/g}$ PF) chez l'*Atriplex halimus* âgée de 90 jours et stressée aux sels (NaCl+CaCl₂)

Traitements	Témoin	400meq	600meq	Signification
Caroténoïdes	10.35±1.72	10.01±1.07	6.62±3.19	Significative

L'analyse de la variance, nous indique qu'il existe une différence significative entre ces traitements.

Le test de **NEWMAN-KEULS** au seuil de 5%, et le test de **BONFERRONI** dégagent aussi un seul groupe homogène entre les traitements.

III-1-2-Action de l'eau de mer

Les résultats des teneurs en chlorophylles chez les plantes d'*Atriplex canescens* stressées à l'eau de mer sont présentés dans la figure 9

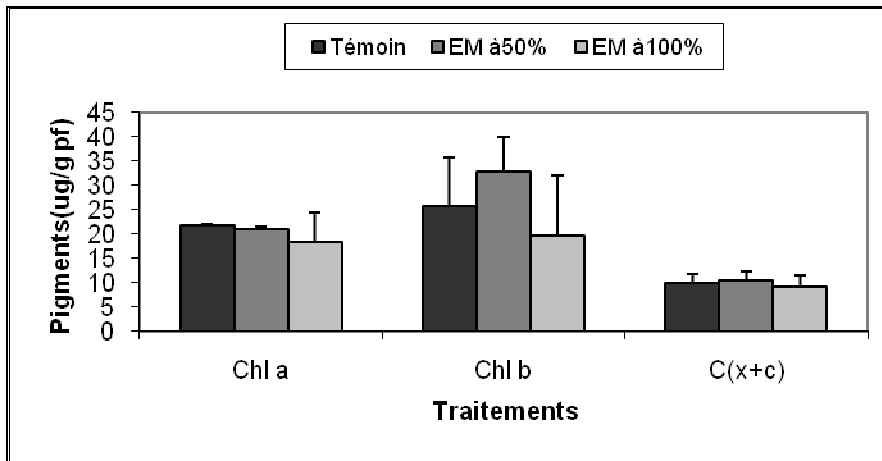


Figure 9 : Teneur en chlorophylles et caroténoïdes en ($\mu\text{g/g PF}$) chez les plantes d'*Atriplex canescens* âgées de 90 jours et stressées à l'eau de mer

II-1-2-1/ La teneur en Chlorophylle a

D'une manière générale, la teneur en chlorophylle a est très importante dans les plantes témoins, elle est de $21.79\mu\text{g/g PF}$ suivis des plantes traités à l'eau de mer diluée à (50%) qui montre une teneur voisine à celle du témoin ($21.70\mu\text{g/g}$) et des plantes stressées à 100% d'eau de mer non diluée ($6.87\mu\text{g/g}$). (tableau 18)

L'analyse de la variance réalisée sur les résultats de la teneur en chlorophylle a indique qu'il existe une différence significative entre le témoin et les plantes traités à l'eau de mer (tableau 18)

Tableau 19: Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle a ($\mu\text{g/g}$ PF) chez l'*Atriplex halimus* âgée de 90 jours et stressée à l'eau de mer.

Traitements	Témoin	EM 50%	EM 100%	Signification
Chl a	21.79±0.16	21.70±0.52	17.87±6.05	Non significative

Le test de **NEWMAN-KEULS** au seuil de 5%, et le test de **BONFERRONI**, ont fait ressortir l'effet de l'eau de mer sur la teneur en chlorophylle a dans les feuilles, ils montrent l'apparition d'un seule groupe homogène entre –elles.

III-1-2-1 La teneur en Chlorophylle b

D'après les résultats enregistrés dans la figure^o7, est le tableau dd, il apparaît que, la teneur en chlorophylle b chez les plantes témoins est très élevée, elle est de $28.28\mu\text{g/g}$ PF. Par contre, cette teneur b chez les plantes traités à l'eau de mer diminue avec la concentration du milieu, c'est –à- dire avec l'eau de mer à 50% est ($19.67\mu\text{g/g}$) et à 100% ($17.68\mu\text{g/g}$).

Tableau 20: Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle b ($\mu\text{g/g}$ PF) chez l'*Atriplex halimus* âgée de 90 jours et stressée à l'eau de mer.

Traitements	Témoin	EM 50%	EM 100%	Signification
Chl b	28.29±9.74	19.67±7.03	17.68±12.47	Non significative

L'analyse de la variance et le test de **NEWMAN-KEUL** réalisée sur les résultats de la teneur en chlorophylle b, indique qu'ils présentent une différence non significative entre les témoins et les plantes traités à l'eau de mer (tableau 20). Donc, ils montrent l'existante d'une seule groupe homogène.

III-1-2-2 La teneur en Caroténoïdes

Selon le tableau ci-dessous et la figure N° 8, les teneurs en caroténoïde dans les témoins, les plantes traités à l'eau de mer 50% et à 100% sont respectivement de $10.35\mu\text{g/g}$, $10.76\mu\text{g/g}$ et $8.76\mu\text{g/g}$.

Tableau 21: Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en caroténoïdes ($\mu\text{g/g}$ PF) chez l'*Atriplex halimus* âgée de 90 jours et stressée à l'eau de mer.

Traitements	Témoin	EM 50%	EM 100%	Signification
Caroténoïdes	10.35±1.72	10.76±1.82	8.76±2.35	Significative

L'analyse de la variance montre qu'il y'a une différence significative entre les plants arrosées à la solution nutritive et les plantes traités à l'eau de mer. Le test de **NEWMAN-KEUL** montre la formation d'un groupe homogène entre les plantes étudiées

III-2- chez l'*Atriplex canescens*

III-2-1- Action des sels combinés

La figure représente les résultats de la teneur en chlorophylle a, b et en caroténoïdes.

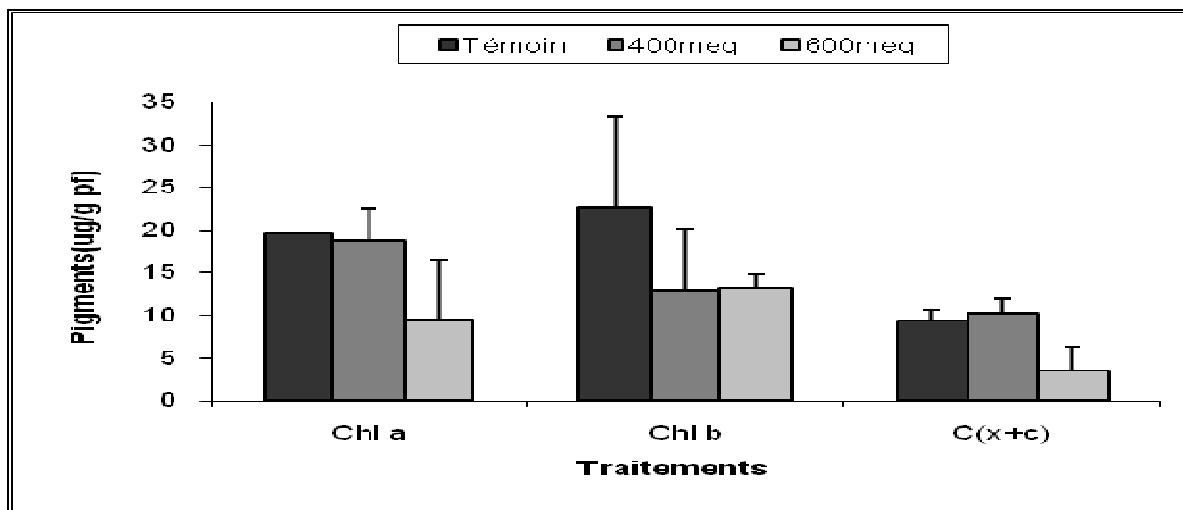


Figure 10 : Teneur en chlorophylles et caroténoïdes en ($\mu\text{g/g}$ PF) chez les plantes d'*Atriplex canescens* âgées de 90 jours et stressées aux sels (NaCl+CaCl₂).

III-2-1-1 La teneur en Chlorophylle a

La lecture de cette figure 12 et du tableau 22 indiquent que la teneur en chlorophylle a chez les plantes témoins est très élevée, elle est de 20.28 µg/g PF. Chez les plantes stressés aux sels combinés à 400 meq, cette teneur baisse très légèrement à (18.83 µg/g); par contre pour celles traitées à 600 meq, la quantité en chlorophylle diminue à 9.89 µg/g, elle représente la moitié de celle enregistrée avec la solution nutritive uniquement et de celle arrosée à 400 meq.

Tableau 22: Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle a (µg/g PF) chez l'*Atriplex canescens* âgée de 90 jours et stressée à l'eau de mer.

Traitements	Témoin	400meq	600meq	Signification
Chl a	20.28±0.17	18.83±3.68	9.89±7.11	Significative

L'analyse de la variance indique qu'il existe une différence significative entre ces traitements.

Le test de **NEWMAN-KEULS** au seuil de 5%, et le test de **BONFERRONI**, ont fait ressortir l'effet des sels combinés sur la teneur en chlorophylle a dans les feuilles, ils montrent la formation d'un seule groupe homogène entre les traitements.

III-2-1-2 La teneur en Chlorophylle b

La teneur en chlorophylle b est de même très élevée dans les plantes témoins par rapport à celles stressées à 400 meq et à 600 meq qui sont respectivement de 28.57, 12.92 et de 3.78 µg/g PF (figure 11 et tableau 23). La teneur enregistrée chez les plantes témoins est 7 fois plus élevée que celles des plantes traitées à 600 meq.

Tableau 23: Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle a (µg/g PF) chez l'*Atriplex canescens* âgée de 90 jours et stressée aux sels combinés.

Traitements	Témoin	400meq	600meq	Signification
Chl b	28.57±10.72	12.93±7.22	3.79±1.50	Significative

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence significative entre les plantes témoins et celles traitées et le test de **NEWMAN-KEULS** montre la formation d'un groupe homogène des plantes *d'Atriplex canescens* étudiées (annexe 5).

III-2-1-3 La teneur en Caroténoïde

Les résultats de la teneur des caroténoïde sont indiquées dans le tableau 25 et la figure 12. Nous remarquons que les teneurs en caroténoïdes chez les plantes témoins et celles stressés aux NaCl+CaCl₂ à 400meq sont identiques (10.56 et 10.09 µg/g PF) et représentent le double des teneurs obtenues pour les plantes stressés à 600meq (4.68 µg/g PF).

Tableau 24: Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en caroténoïdes (µg/g PF) chez l'*Atriplex canescens* âgée de 90 jours et stressée aux sels combinés.

Traitements	Témoin	400meq	600meq	Signification
Caroténoïdes	10.56±1.35	10.10±1.89	4.68±2.81	Significative

L'analyse de la variance, montre une différence significative entre les témoins et les plantes sous l'effet des sels .

Le test de **NEWMAN-KEULS** au seuil de 5% et le test de **BONFERRONI**, ont ait ressortir l'action des sels combinés sur la teneur en caroténoïde dans les plantes ils montrent la formation d'un seule groupe homogène entre les témoins et les plantes traitées.

III-2-2-Action de l'eau de mer

Les résultats obtenus de la teneur en chlorophylles a, b et en chlorophylle totale des feuilles d'*Atriplex canescens* et stressées à l'eau de mer sont rapportés dans la figure 11.

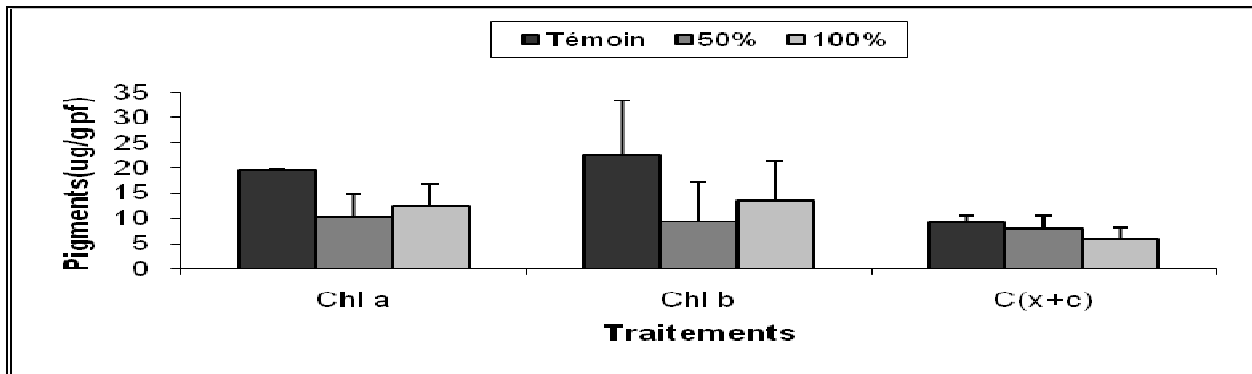


Figure 11 : Teneur en chlorophylles et caroténoïdes en ($\mu\text{g/g PF}$) chez les plantes d'*Atriplex canescens* âgées de 90 jours et stressées à l'eau de mer.

III-2-2-1/La teneur en Chlorophylle a

A partir de figure13 et du tableau26 , on remarque que les feuilles des plantes témoins sont très riche en chlorophylle a, elle est de $20.28\mu\text{g/g PF}$; par rapport à celles des plantes traitées à l'eau de mer qui sont de $13.94\mu\text{g/g}$ et $11.91\mu\text{g/g}$ respectivement pour 50% et 100%.

Tableau 25: Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle a ($\mu\text{g/g}$ PF) chez l'*Atriplex canescens* âgée de 90 jours et stressée à l'eau de mer

Traitements	Témoin	EM 50%	EM 100%	Signification
Chl a	20.28±0.17	13.93±4.39	11.90±4.28	Significative

L'analyse de la variance et le test de **NEWMAN-KEULS** au seuil de 5% et le test de **BONFERRONI**, montrent la formation d'un seul groupe homogène entre les traitements.

III-2-2-2/La teneur en Chlorophylle b

La teneur moyenne de la chlorophylle b (figure13 et tableau27)dans les plantes d'*Atriplex canescens* témoins est plus importante, elle est de 28.57 $\mu\text{g/g}$ PF. Sous l'effet de concentration de 50% et 100% de l'eau de mer, la quantité en chlorophylle b chez ces plantes est faible, elles sont de 11.91 $\mu\text{g/g}$ et 9.67 $\mu\text{g/g}$ respectivement par rapport teneurs enregistrées pour les témoins.

Tableau 26: Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en chlorophylle b ($\mu\text{g/g}$ PF) chez l'*Atriplex canescens* âgée de 90 jours et stressée à l'eau de mer

Traitements	Témoin	EM 50%	EM 100%	Signification
Chl b	28.57±10.72	11.90±7.84	9.67±7.87	Significative

L'analyse de la variance indique une différence significative entre les traitements.

Le test de **NEWMAN-KEUL** a fait ressortir l'action de l'eau de mer sur la teneur en chlorophylle b dans les plantes, il montre la formation de deux groupes homogènes ; le premier constitué des plantes témoins et le seconde des plantes traités à l'eau de mer

III-2-2-3/La teneur en caroténoïde

Les résultats en caroténoïdes rapportés par la figure13 et le tableau 28 révèlent que ces teneurs sont variables et relativement faibles pour les plantes stressées à l'eau de mer à 50% par rapport aux témoins, en effet, les résultats sont respectivement de 10.5µg/g PF et de 9.28µg/g PF. Sous traitement à 100%, la teneur baisse à 7.38µg/g PF

Tableau 27: Test statistique de signification de Newman - Keuls (P=5%) des teneurs en caroténoïdes (µg/g PF) chez l'*Atriplex canescens* âgée de 90 jours et stressée à l'eau de mer

Traitements	Témoin	EM 50%	EM 100%	Signification
Caroténoïdes	10.56±1.35	9.27±2.60	7.38±2.22	Significative

L'analyse de la variance indique une différence significative entre les plantes stressés et les témoins.

Le test de **NEWMAN-KEULS** au seuil de 5% et le test de **BONFERRONI**, ont fait ressortir l'action de l'eau de mer sur la teneur en caroténoïde dans les plantes et montrent l'apparition d'un seul groupe homogène entre les témoins et les plantes traitées.

Discussion générale

L'effet du sel sur la teneur en pigments photorécepteurs de la chlorophylle a, b, et en caroténoïdes, d'une part, et de la chlorophylle a, b et totale ab, d'autre part, varie en fonction de l'espèce, ces teneurs sont élevées les plantes d'*Atriplex halimus* que dans les plantes d'*Atriplex canescens*.

Cette variation du taux des chlorophylles et des caroténoïdes est probablement due à la surface foliaire. Ainsi, la réduction de la surface foliaire semble être une des causes de la diminution de la teneur en pigments photorécepteurs chez l'*Atriplex canescens* par rapport à l'*Atriplex halimus*. En effet, COOPER et al., (1986) ont précisé que la diminution de la photosynthèse chez les plantes, est liée à la diminution du nombre de stomates mis en jeu et leur degré d'ouverture. Il semble que l'augmentation de la résistance stomatique soit surtout le fait d'une réduction du nombre de stomates (OWNBEY et MAHALL, 1983) sous l'effet des traitements aux sels (**BOUTELIER, 1986**). Aussi, WINICOV (1998) précise que l'assimilation de carbone par la plante serait affectée par la salinité.

La diminution de la surface foliaire peut être causé d'une part, par l'effet de l'acide abscissique en réponse au stress qui réduit aussi la radiation absorbée **ANDERSEN et TURNER (1976)** et l'abscission des feuilles (**QUARRIE, 1985**) et d'autre part, par la fermeture des stomates (**HARRUNG et al., 1988**). Ces mécanismes d'esquive ont des effets bénéfiques sur le plan de l'économie en eau, mais accélèrent la sénescence et inhibe la photosynthèse et la croissance (**COMIC et BRIANTAIS, 1991**).

Nos résultats concordent avec ceux rapportés par la bibliographie, en effet, plusieurs auteurs montrent que la diminution de l'activité photosynthétiques chez des plantes sous stress salin est l'une des causes majeures de la réduction de la croissance et de la productivité végétale (KINGSBURY et al., 1984 ; BALL et al., 1987).

De même, des résultats similaires ont été rapporté d'une part par ACILA (2003) qui montre que la concentration saline provoque une effet néfaste sur la production des feuilles et diminue nettement la teneur en chlorophylles totales de deux variété de blé (*Triticum durum* Desf) et d'autre part, par MULLER et SANTRIUS, (1987) sur le tournesol et par HAMED (1996) sur le blé tendre.

La diminution de la teneur en chlorophylles et en caroténoïdes sous l'effet d'un stress salin peut être due à une diminution de l'azote au niveau des pigments chlorophylliens.

ZID et BOUKHRIS (1977) ont remarqué une diminution de l'assimilation de l'azote au niveau des feuilles, suite à l'augmentation de sels.

Selon ALBERT et THORNER (1977) et BHARDWAJ et SINGHAL (1981), la réduction de la teneur en chlorophylles est liée à la diminution de la teneur des protéines thylacoïdales, qui associées aux chlorophylles a et b.

De même, nos résultats sont en accord avec ceux rapportés par **YOUNIS et al (2003)** sur *Vigna sniensis* et le *Zea mays*. Plusieurs chercheurs ont rapporté que la salinité diminue la teneur en pigments photosynthétique chez plusieurs plantes (**DE HERRALDE et al 1988; SULTANA et al 1999**). Chez l'*Atriplex halimus* cultivé à une concentration de Na Cl (500mM) **GALA et POLJAKOFF MAYBER (1970)** in **BEN AHMED (1995)** ont noté une diminution de la photosynthèse de l'ordre de 30%.

De plus **STROGONOV (1962)** a rapporté que la réduction des teneurs en pigments à la réponse au stress saline est due probablement à l'effet inhibiteur des ions accumulés dans la biosynthèse des fractions des différents pigments.

De même, la diminution des teneurs en chlorophylle peut être aussi due à une diminution de l'azote au niveau des pigments chlorophylliens. A cet effet, **ZID et BOUKHRIS (1977)** ont remarqué une diminution de l'assimilation de l'azote au niveau des feuilles suit à l'augmentation de sel.

La réponse exprimée par la teneur en chlorophylles des plantes d'*Atriplex halimus* à montrée que la salinité entraîne une diminution de la teneur en chlorophylle a, b et la chlorophylle totale pour les plantes traitées par rapport aux témoins. Autrement dit, les plantes ayant été arrosées avec de fortes concentrations en sels réagissent par une baisse importante de leur teneur en chlorophylle

Chez l'*Atriplex canescens*, la réponse photosynthétique analysée à travers le dosage de la teneur révèle que la chlorophylle n'est pas aussi affectée par les fortes concentrations en solution salines du milieu, ce qui peut être expliqué par l'état général des plantes, en effet, nous avons remarqué lors de l'expérimentation que les plantes d'*Atriplex canescens* stressées avaient la même allure que celles non stressées.

En fonction des résultats obtenus, on peut supposer que les deux espèces d'*Atriplex* étudiées manifestent une forme de tolérance à la salinité au cours de leur phase juvénile. Enfin, on conclut que les plantes d'*Atriplex canescens* sont plus tolérantes à des concentrations salines très élevés.

Conclusion

A travers cette étude, nous avons mis en évidence l'effet des différents niveaux de salinité sur l'un des paramètres physiologiques important qui est la photosynthèse chez deux espèces d'*Atriplex* : *Atriplex halimus* et *Atriplex canescens* soumises à différentes concentrations saline. Il ressort que :

- Lorsque la salinité du milieu augmente le taux de chlorophylle diminue. L'effet de la salinité sur la teneur en chlorophylle chez *Atriplex halimus* est plus marqué que chez *Atriplex canescens*. La teneur en chlorophylle ab enregistrée sont plus élevées que celles des chlorophylles a et chlorophylle b. La chlorophylle b indique une teneur plus faible pour les deux espèces.
- Il ressort aussi que la synthèse en chlorophylle chez *Atriplex halimus* et *canescens* est stimulée à partir du traitement à la solution nutritive ; mais dès que les plantes sont stressées à partir de l'eau de mer diluée, ils accusent une diminution des teneurs chlorophyllienne. En revanche, chez *Atriplex canescens* nous assistons à une diminution de la teneur dès que les plantes sont traitées à l'eau de mer non dilué (100%).
- En outre, les traitements à base de sels combinés NaCl+CaCl₂ à 400meq/l et à 600meq/l indiquent une réduction du taux chlorophyllien.
- Dans la méthode deux, la teneur en chlorophylle a est beaucoup plus élevée que la chlorophylle b.
- Les teneurs en caroténoïdes sont faibles par rapport à la chlorophylle a et chlorophylle b.
- il ressort que l'effet de la salinité sur la teneur des plantes en chlorophylle b et en caroténoïdes sont plus remarquables chez *Atriplex canescens* que *Atriplex halimus*.

La diminution de la surface foliaire se présente comme étant la principale stratégie développée par les plantes pour atténuer les effets de la disponibilité de l'eau dans les conditions de stress salin, cette diminution à un effet bénéfique sur le plan de l'économie en eau mais accélèrent la senescence et inhibe la photosynthèse.

De même, la salinité a diminuée la teneur en pigments photorécepteurs des plantes qui sont due probablement à l'effet inhibitrice des ions accumulés dans la biosynthèse des fractions des pigments.

Les résultats ont également montré au niveau foliaire que les traitements à fortes ou moyennes concentrations sont capables d'induire des changements au niveau structural. Ce qui indique que les deux espèces d'*Atriplex* réagissent par des mécanismes d'adaptations impliqués dans le maintien de leur stabilité, ceci présume que les plantes minimisent les pertes d'eau par la fermeture stomatique en même temps que le stress s'intensifie. NOGEIRA et *al.*, (2004) ont montré que les plantes soumises à un stress salin ferment leurs stomates plus tôt que les plantes en condition normales ; cela augmente la résistance stomatique du fait de la diminution de l'absorption hydrique.

A l'issue de ce travail, nous pouvons conclure que l'effet de différentes concentrations salines sur le comportement physiologique d'*Atriplex canescens* et *Atriplex halimus* a permis de mieux comprendre le comportement et le développement de cette plante vis à vis du sel et ainsi de déterminer et sélectionner les espèces les mieux résistantes à la salinité.

Références bibliographiques

- 1-ALDERT.H., LAZAROUICI.G., and MARTON.M., 1986**-The diabetic response of weanling sand rats to diets cartaining different concentration of salt bush pp 169-171.
- 2-BABA AISSA, 1999**-Encyclopédie des plantes utiles, flore d'Algérie et de Magreb, substances végétales d'Afrique d'Orient et d'occident p227
- 3-BEKHOUCHE.H., 1992**-Etude de la germination de quelques lignées de pois chiche soumis à la salinité, croissance, anatomie des racines – Thèse **D.E.S.**Biol.Université d'ORAN.
- 4-BELKHODJA.M., RIDAI.Y., 2001**-Reponce écophysiologicals de l'Atriplex aux hautes salinités au stade de la germination –séminaire national sur la problématique de l'Agriculture des zones arides. pp 105-114.
- 5- BENAHMED H., ELGAZZAH M., GRIGNON C. et ZID.E., 1996**- Croissance et accumulation ionique chez *l'Atriplex halimus l* – Cahier Agriculture 5.pp 367-371.
- 6- BENRBIHA FZ., 1987**- Contribution à l'étude de la germination de quelques espèces d'Atriplex locaux et introduites – Thèse magester en sciences agronomiques INA.pp 5-20
- 7- BENRBIHA FZ., BOUZID S., DUTUIT P., KINET J.M et LAILHCAR.S., 1998**- Réseau Atriplex Allier biotechnologie et écologie pour une sécurité alimentaire accure en région aride et semi-aride –Cahier agriculture (101) 6 pp 505-509.
- 8- BERTHOMIU P., GASSEDELBART, FOURCROY A., LEVIGNERON.et NSYT.G., 1995**- Les plantes face au stress salin –Cahier Agriculture 4- pp.263-273.
- 9- BINET.P., BRUNEL.J.P., 1968**-Physiologie végétale- Ed.Doin dern. & C. 8 place de l'Odean .Paris VI pp.479-582.
- 10-BINNZEL M.L., BRESSAN R., HASEGAWA P .M., and HESS F.D., 1988**- Intracellular compartmentation of ions in salt adapted tobacco cells- plant physiol.86, pp.607-614.
- 11- BORDONNEAU, HANRY.M., TOURTE.C., TOURT.Y., 2005** – Le monde des végétaux -Dunod Paris pp.110-118.

- 12- BOUKHRIS.M., ZID.E., 1977-** Quelques aspects de la tolérance *Atriplex halimus* en chlorure de sodium multiplication ; Croissance ménéral- Oecol plant tome 12.4.pp.351-362
- 13- BOUZAIDA.Y., DABBAKH.Z., 2007-** Contribution à l'étude de l'effet de la salinité sur la chlorophylle foliaire chez *Atriplex halimus* et *Atriplex canescens (pursh)* Nutt.- Thèse D.E.S.Biol.univ.Ouargla.
- 14-BRESSAN R.A., HANDA A.K., HANDA S.and HASAGAWA P.ML., 1984-** Cellular mechanisms of tolérance top water stress- Horti. Sci.193, pp.371-376.
- 15- CAMPBELL et al. 1995-**Biologie- 3 ed. pp.199-204.
- 16-CAPRITA N.C., BRESSAN R.A., IRAKI N., LAROSA P.C., NELSON D.and SING N.K., 1989-**Reduced growth rate and in cell-wall protein of plant cell adapted to NaCl.In J Cherry, Editor, Biochemical and physiological mechanism associated with environmental stress tolerance in plant, Springer Verlag ,Berlin.
- 17- CHAHBAR.S., 2007-** Etude des paramètres morphologiques et physiologiques de résistance à la secheresse chez la fève *Vicia faba*.L- thèse Magister. Univ.sania Oran.p.20.
- 18- CHAHMA A., 2006 –** Catalogues des plantes spontanés du Sahara septentrional Algérien p 61.
- 19- CORREAL , DECHAMPS C., DELPERE C.,KIVITS S.,LEFEVRE I.,LUTTS S. et ROBLEDO A.,2004-** Heany metal accumulation by the halophyte species Mediterranean salt bush. J.Environ Qual 33 in press.
- 20- CUNNINGHAM A.F., EPSTEIN E., KINSBURY R.W., NORLYN J.D., and WRONA A.F., 1980-**Saline culture of crops: a genetic approach. Science (2310)- pp.399-404.View Record in Scopus (143)
- 21- DODEMAN V.L., DUTUIT P., POURRAT Y., 1991 –** Stratégies d'implantation d'un système d'espèces adaptées aux conditions d'aridité de pourtour méditerranéen l'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux aride. Ed.AUPELF. UREF. P65-73.
- 22- ECKHAT N.A., 2002 –** Abscissic aid biosynthesis gène under scores the complexity of sugar, stress and hormone interactions plant cell .14 p 2645-2649.

- 23- ESNAULT R., HELLER R., LHNCE C., 1989** – Physiologie végétale – 4ed. Dunad P
- 24- ESNAHLT R., HELLER R., LANCE C., 1998-** physiologie végétale – 6ed. Dunad Paris p 171-172.
- 25- FRANCKET A. et LEHOUREOU H.A., 1971** – Les Atriplex en Tunisie et en Afrique de Nord. Rome Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). P271.
- 26- FROMENT D. ,1972-** Etablissement des cultures fourragères d'Atriplex en Tunisie centrale Bull recherche Agro.C.E.M.L.vol.extra.pp59-600.
- 27- GOUDIN J.P.KELLY B.D.and MILLER D.R., 1982** – Biology of Atriplex. In: Contribution to the ecologie of halophytes ed. Dr.W.Junk London pp 79-107.
- 28- GUIGNARD J.L., 2002** – Biochimie végétale – 2ed.Dunad Paris.
- 29- HAMDY A., LIETH H., MEZHER Z., 1999** – Halophyte performanance under. High. Salinity levelsian overviewwsaline irrigation halophyte production and utilization roject
N'IG.18.CT.96 .ou 55 pp 20-58.
- 30- H.C.D.S.DJELFA, 1996** – Notice bibliographiques sur quelques plantes fourragères et pastorales haut cormmissarid au développement de la steppe. p15
- 31-HOPKIN W.G., 2003** – Physiologie végétale – traduction de la 2ed.américane par serge rambour révision scientifique de Charles-Marie Evradr Boeck univ. Bruxelles .p144-465
- 32- KILLIAN C., 1953** – La végétation autour de chott Hodna indicatrice des possibilités culturales et son milieux édaphique A.n.inst.Agro.tome VII pp51-80.
- 33- KINET J.M.,LEDENT J.F.,LUTTS S.,MARTINEZ J.P.,RAJJI M.,2003** – Effet of water ou growth Na⁺ and K⁺ accumulation and water use efficiency in relation to osmotic adjustment in two population of *Atriplex halimus* L.planth regulation pp 41-73
- 34- LECLERC J.C., 1999** – Ecophysiologie végétale – publications de l'univ.saint étienne p 188-235.
- 35- LEHOUREOU H.N., PONTANIER R., 1988** – Les plantations sylvopastorales dans la zone aride de Tunisie Extrait de la Revue past. Et Dev. 24Mai, 09Juit Mont pellier.

- 36- LAHOUREOU H.N., 1992** – The rôle of salt bushes (*Atriplex* sp.) in arid land rehabilitation in the méditerranéan basin: A review Agroforestry system 18 pp107-148.
- **37- LAHOUREOU H.N., PONTANIER R., 1998** – Les plantations sylvopastorales dans les zones arides de Tunisie.
- **38- LAHOUREOU H.N., 2000** – Utilization of fodder trees and Shrubs in the arid and semi-arid zone of west Asia and North Africa arid soil Res. Rehab 14 pp 101-135.
- **39- LU Z., and NEUMANN P.M.**-Water stress inhibits hydraulic conductance and leaf growth in rice seedling but not the transport of water via mercury-sensitive water channel in the root-plant. *physiol.* 120, pp.143-152. Full Text via CrossRef.
- **40- LUTTGE U. et al., 2002**-Botanique-3^{ème}ed Londres Paris New York p116
- **41- MAZLIAK P., 1979** – TP et TD de la physiologie végétale – Univ. Pierre et Marie-Curie Paris VI.
- **42- MENACER F., 2007** – Contribution à l'étude de l'effet de la salinité sur un marqueur biochimique, cas de la proline chez *Atriplex halimus L.* et *canescens* (pursh). NUTT – Thèse D.E.S. biol. Ouargla pp 10-15.
- **42- MOKHTAR BENOUNANE H., TELLES M., 2007** – Action de la salinité sur les organes gazeux, respiratoires et photosynthétiques chez *Atriplex halimus L.* – Thèse d'Ing. D'état en biologie Univ. Mascara. Oran p7.
- **43- SOLTNER D., 2007** – Les bases de la production végétale – tome III. La plante et son amélioration 5ed. p 111-130
- **44- SOLTNER D., DUPONT F., DELILSA, 2001** – Les bases de la production végétale
- **45- VOET D., VOET V.G., 2004** – Biochimie – 2ed. Paris p871-905.
- **46- WILHELM NULTSCH, 1998** – Botanique générale – traduction de la 10ed. allemande par Roger Miesch et Yves cell p497.

Annexes

Annexe 1 : Calcul de la capacité de retention

P0:pot de yaourt est 4.2g

P1:poids du sable est 100g

P2:poids après 48h après la saturation est 126.6g

$$C1 = (P2 - P1) - P0 = 126.6 - 100 - 4.2 = 22.44g$$

22.44ml est la capacité de retentions pour 100g de sable.

Calculer la capacité de retentions pour le substrat de pot C2:

$$22.44ml \rightarrow 100g$$

$$C2 \text{ ml} \rightarrow 1987g$$

$$C2 = 1987 \times 22.44 / 100 = 446ml.$$

Calculer la capacité de retentions à 30 et 60% pour un pot:

Pour 30% :

$$446ml \rightarrow 100\%$$

$$X_1 \text{ ml} \rightarrow 30\%$$

$$X = 446 \times 30 / 100 = 133.8ml$$

Pour 60%:

$$446 \text{ ml} \rightarrow 100\%$$

$$X_2 \text{ ml} \rightarrow 60\%$$

$$X_2 = 446 \times 60 / 100 = 268ml.$$

ANNEXE 02

Les plantes d'*Atriplex halimus* avant et après le stress salin

-1- Les plantes témoins :



Plantes témoins d'*Atriplex halimus* âgées 3 mois (avant le stress).



Plantes témoins d'*Atriplex halimus* âgées 3 mois (après le stress).

-2- Traitement par les sels combinés Na Cl + CaCl₂ (400meq) :



Plantes d'*Atriplex halimus* âgées 3 mois (avant le stress).



Plantes d'*Atriplex halimus* âgées 3 mois (après le stress).

-3- Traitement par les sels combinés Na Cl + CaCl₂ (600meq) :



Plantes d'*Atriplex halimus* âgées 3 mois (avant le stress).



Plantes d'*Atriplex halimus* âgées 3 mois (après le stress).

-4- Traitement avec l'eau de mer (50%) :



Plantes d'*Atriplex halimus* âgées 3 mois (avant le stress).



Plantes d'*Atriplex halimus* âgées 3 mois (après le stress).

-5- Traitement avec l'eau de mer (100%) :



Plantes d'*Atriplex halimus* âgées 3 mois (avant le stress).



Plantes d'*Atriplex halimus* âgées 3 mois (après le stress).

ANNEXE 03

Les plantes *Atriplex canescens* avant et après le stress salin

-1- Les plantes témoins :



Plantes *d'Atriplex canescens* âgées 3 mois (avant le stress).



Plantes *d'Atriplex canescens* âgées 3 mois (après le stress).

-2- Traitement par les sels combinés Na Cl + CaCl₂ (400meq) :



Plantes *d'Atriplex canescens* âgées 3 mois (avant le stress).



Plantes *d'Atriplex canescens* âgées 3 mois (après le stress).

-3- Traitement par les sels combinés Na Cl + CaCl₂ (600meq) :



Plantes d'*Atriplex canescens* âgées 3 mois (avant le stress).



Plantes d'*Atriplex canescens* âgées 3 mois (après le stress).

-4- Traitement avec l'eau de mer (50%) :



Plantes d'*Atriplex canescens* âgées 3 mois (avant le stress).



Plantes d'*Atriplex canescens* âgées 3 mois (après le stress).

-4- Traitement avec l'eau de mer (100%) :



Plantes d'*Atriplex canescens* âgées 3 mois (avant le stress).



Plantes d'*Atriplex canescens* âgées 3 mois (après le stress).

Analyse statistique des résultats

Méthde I

Analyse statéistique des résultats chez les plantes d'*Atriplex halimus*

Chlorophylle a

ANOVA							
Source of Variation	d.f.	SS	MS	F	p-level	F crit	Omega Sqr.
Between Groups	4	357,9835421	89,49588553	10,032	5,5E-05	2,7587105	0,54634
Within Groups	25	223,0250733	8,921002933				
Total	29	581,0086155					

Neuman-Keuls Test for Contrasts on Ordered Means							
Groups	Difference	Test Statistics	Degrees Of Freedom	Error DF	p-level	Accepted?	
1 - 2	-3,04333	2,495849001	2	25	0,08989	rejected	
1 - 3	-4,22167	3,462204556	3	25	0,05475	rejected	
1 - 4	-5,64667	4,630852363	4	25	0,01535	accepted	
1 - 5	-10,5057	8,615736359	5	25	0,00012	accepted	
2 - 3	-1,17833	0,966355555	2	25	0,50054	rejected	
2 - 4	-2,60333	2,135003362	3	25	0,30357	rejected	
2 - 5	-7,46233	6,119887358	4	25	0,00112	accepted	
3 - 4	-1,425	1,168647807	2	25	0,41627	rejected	
3 - 5	-6,284	5,153531803	3	25	0,00342	accepted	
4 - 5	-4,859	3,984883996	2	25	0,0093	accepted	

Bonferroni Test for Differences Between Means							
Alpha/N	0,005						
Groups	Difference	Test Statistics	p-level	Accepted?			
1 - 2	-3,04333	2,017493736	0,071277872	rejected			
1 - 3	-4,22167	2,044944949	0,06808184	rejected			
1 - 4	-5,64667	3,736651442	0,00386779	accepted			
1 - 5	-10,5057	10,00410789	1,58358E-06	accepted			
2 - 3	-1,17833	0,533534339	0,605318745	rejected			
2 - 4	-2,60333	1,528903374	0,157282283	rejected			
2 - 5	-7,46233	5,692407015	0,000200389	accepted			
3 - 4	-1,425	0,644686355	0,53363963	rejected			
3 - 5	-6,284	3,264710248	0,008506075	rejected			
4 - 5	-4,859	3,697824365	0,004123267	accepted			

Chlorophyll b

ANOVA							
Source of Variation	d.f.	SS	MS	F	p-level	F crit	Omega Sqr.
Between Groups	4	53,30688667	13,32672167	6,9502	0,00066	2,7587105	0,44239
Within Groups	25	47,93645	1,917458				
Total	29	101,2433367					

Neuman-Keuls Test for Contrasts on Ordered Means							
Groups	Difference	Test Statistics	Degrees Of Freedom	Error DF	p-level	Accepted?	
1 - 2	-1,52833	2,703527431	2	25	0,06752	rejected	
1 - 3	-2,31167	4,089195799	3	25	0,02069	accepted	
1 - 4	-3,05667	5,407054863	4	25	0,00405	accepted	
1 - 5	-3,89	6,881170147	5	25	0,00056	accepted	
2 - 3	-0,78333	1,385668367	2	25	0,33666	rejected	
2 - 4	-1,52833	2,703527431	3	25	0,15618	rejected	
2 - 5	-2,36167	4,177642716	4	25	0,03204	accepted	
3 - 4	-0,745	1,317859064	2	25	0,36043	rejected	
3 - 5	-1,57833	2,791974348	3	25	0,13939	rejected	
4 - 5	-0,83333	1,474115284	2	25	0,30732	rejected	
Bonferroni Test for Differences Between Means							
Alpha/N	0,005						
Groups	Difference	Test Statistics	p-level	Accepted?			
1 - 2	-1,52833	1,776816162	0,105973593	rejected			
1 - 3	-2,31167	4,860948802	0,000660477	accepted			
1 - 4	-3,05667	5,631970564	0,000217817	accepted			
1 - 5	-3,89	6,461146281	7,24429E-05	accepted			
2 - 3	-0,78333	0,804006591	0,440087446	rejected			
2 - 4	-1,52833	1,515028777	0,16071524	rejected			
2 - 5	-2,36167	2,266691738	0,046833103	rejected			
3 - 4	-0,745	1,049468699	0,318663539	rejected			
3 - 5	-1,57833	2,087170255	0,063429743	rejected			
4 - 5	-0,83333	1,041459661	0,322186539	rejected			

Chlorophylle totale

ANOVA							
Source of Variation	d.f.	SS	MS	F	p-level	F crit	Omega Sqr.
Between Groups	4	583,3211467	145,8302867	5,6816	0,00215	2,7587105	0,38432
Within Groups	25	641,6775333	25,66710133				
Total	29	1224,99868					
Hartley Fmax	20,6078	Degrees Of Freedom	5	5			
Cochran C	0,62036	Degrees Of Freedom	5	5			
Bartlett Chi-square	11,8952	Degrees Of Freedom	4	p-level	0,01815		

Neuman-Keuls Test for Contrasts on Ordered Means							
Groups	Difference	Test Statistics	Degrees Of Freedom	Error DF	p-level	Accepted?	
1 - 2	-5,75333	2,781677318	2	25	0,06044	rejected	
1 - 3	-6,08167	2,940423098	3	25	0,11472	rejected	
1 - 4	-6,91	3,34091372	4	25	0,11098	rejected	
1 - 5	-13,8533	6,697943762	5	25	0,00074	accepted	
2 - 3	-0,32833	0,15874578	2	25	0,91152	rejected	
2 - 4	-1,15667	0,559236402	3	25	0,91774	rejected	
2 - 5	-8,1	3,916266444	4	25	0,04796	accepted	
3 - 4	-0,82833	0,400490622	2	25	0,77928	rejected	
3 - 5	-7,77167	3,757520664	3	25	0,03492	accepted	
4 - 5	-6,94333	3,357030042	2	25	0,02563	accepted	
Bonferroni Test for Differences Between Means							
Alpha/N	0,005						
Groups	Difference	Test Statistics	p-level	Accepted?			
1 - 2	-5,75333	2,720406068	0,021545305	rejected			
1 - 3	-6,08167	1,588670992	0,143218617	rejected			
1 - 4	-6,91	3,298302636	0,008036505	rejected			
1 - 5	-13,8533	9,72439807	2,05239E-06	accepted			
2 - 3	-0,32833	0,081184459	0,936897136	rejected			
2 - 4	-1,15667	0,468679997	0,649348315	rejected			
2 - 5	-8,1	4,193444572	0,001847822	accepted			
3 - 4	-0,82833	0,205341199	0,841425249	rejected			
3 - 5	-7,77167	2,083547845	0,063816667	rejected			
4 - 5	-6,94333	3,635600487	0,004569967	accepted			

*Analyse statistique des résultats chez les plantes d'*Atriplex canescens**

Chlorophylle a

ANOVA							
<i>Source of Variation</i>	<i>d.f.</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-level</i>	<i>F crit</i>	<i>Omega Sqr.</i>
<i>Between Groups</i>	4	51,60837555	12,90209389	0,72391	0,58386	2,7587105	-0,0382
<i>Within Groups</i>	25	445,5723183	17,82289273				
<i>Total</i>	29	497,1806938					

Neuman-Keuls Test for Contrasts on Ordered Means							
<i>Groups</i>	<i>Difference</i>	<i>Test Statistics</i>	<i>Degrees Of Freedom</i>	<i>Error DF</i>	<i>p-level</i>	<i>Accepted?</i>	
1 - 2	-0,98812	0,573316912	2	25	0,68852	<i>rejected</i>	
1 - 3	-1,9695	1,142727065	3	25	0,70161	<i>rejected</i>	
1 - 4	-2,41053	1,398619793	4	25	0,75701	<i>rejected</i>	
1 - 5	-3,87672	2,249316608	5	25	0,51662	<i>rejected</i>	
2 - 3	-0,98138	0,569410153	2	25	0,69053	<i>rejected</i>	
2 - 4	-1,42242	0,825302881	3	25	0,83011	<i>rejected</i>	
2 - 5	-2,8886	1,675999696	4	25	0,64165	<i>rejected</i>	
3 - 4	-0,44103	0,255892727	2	25	0,85783	<i>rejected</i>	
3 - 5	-1,90722	1,106589543	3	25	0,71704	<i>rejected</i>	
4 - 5	-1,46618	0,850696815	2	25	0,55276	<i>rejected</i>	

Bonferroni Test for Differences Between Means							
<i>Alpha/N</i>	0,005						
<i>Groups</i>	<i>Difference</i>	<i>Test Statistics</i>	<i>p-level</i>	<i>Accepted?</i>			
1 - 2	-0,98812	0,418772818	0,684234535	<i>rejected</i>			
1 - 3	-1,9695	0,626353893	0,545114361	<i>rejected</i>			
1 - 4	-2,41053	0,945803972	0,366541059	<i>rejected</i>			
1 - 5	-3,87672	1,298380144	0,223300415	<i>rejected</i>			
2 - 3	-0,98138	0,448905218	0,663071353	<i>rejected</i>			
2 - 4	-1,42242	1,20741961	0,255052971	<i>rejected</i>			
2 - 5	-2,8886	1,480413915	0,169565864	<i>rejected</i>			
3 - 4	-0,44103	0,18460677	0,857227591	<i>rejected</i>			
3 - 5	-1,90722	0,669017098	0,518630552	<i>rejected</i>			
4 - 5	-1,46618	0,673766961	0,515730094	<i>rejected</i>			

Chlorophyll b

ANOVA							
Source of Variation	d.f.	SS	MS	F	p-level	F crit	Omega Sqr.
Between Groups	4	101,0281563	25,25703907	3,41412	0,02332	2,7587105	0,2435
Within Groups	25	184,9456936	7,397827744				
Total	29	285,9738499					

Neuman-Keuls Test for Contrasts on Ordered Means							
Groups	Difference	Test Statistics	Degrees Of Freedom	Error DF	p-level	Accepted?	
1 - 2	-1,10342	0,993719274	2	25	0,48861	rejected	
1 - 3	-1,53182	1,379530331	3	25	0,59878	rejected	
1 - 4	-2,9821	2,685630164	4	25	0,254	rejected	
1 - 5	-5,3206	4,791640908	5	25	0,01808	accepted	
2 - 3	-0,4284	0,385811057	2	25	0,78716	rejected	
2 - 4	-1,87869	1,69191089	3	25	0,46629	rejected	
2 - 5	-4,21718	3,797921634	4	25	0,05748	rejected	
3 - 4	-1,45028	1,306099833	2	25	0,36466	rejected	
3 - 5	-3,78878	3,412110578	3	25	0,05897	rejected	
4 - 5	-2,3385	2,106010745	2	25	0,14905	rejected	
Bonferroni Test for Differences Between Means							
Alpha/N	0,005						
Groups	Difference	Test Statistics	p-level	Accepted?			
1 - 2	-1,10342	0,908795303	0,384837479	rejected			
1 - 3	-1,53182	0,888987495	0,394891417	rejected			
1 - 4	-2,9821	2,486205029	0,032198822	rejected			
1 - 5	-5,3206	3,706938936	0,004061756	accepted			
2 - 3	-0,4284	0,237326161	0,817195189	rejected			
2 - 4	-1,87869	1,429139805	0,183449511	rejected			
2 - 5	-4,21718	2,751299898	0,020432611	rejected			
3 - 4	-1,45028	0,80783733	0,437978477	rejected			
3 - 5	-3,78878	1,932350591	0,082114373	rejected			
4 - 5	-2,3385	1,537289363	0,155238598	rejected			

Chlorophylle ab

ANOVA							
Source of Variation	d.f.	SS	MS	F	p-level	F crit	Omega Sqr.
Between Groups	4	367,9263808	91,98159519	1,81301	0,15787	2,7587105	0,0978
Within Groups	25	1268,35215	50,73408602				
Total	29	1636,278531					

Neuman-Keuls Test for Contrasts on Ordered Means							
Groups	Difference	Test Statistics	Degrees Of Freedom	Error DF	p-level	Accepted?	
1 - 2	-2,08594	0,717342358	2	25	0,61631	rejected	
1 - 3	-5,38704	1,852574306	3	25	0,403	rejected	
1 - 4	-8,18022	2,813135741	4	25	0,21882	rejected	
1 - 5	-9,19172	3,160984835	5	25	0,19987	rejected	
2 - 3	-3,3011	1,135231948	2	25	0,42955	rejected	
2 - 4	-6,09429	2,095793383	3	25	0,31637	rejected	
2 - 5	-7,10578	2,443642477	4	25	0,331	rejected	
3 - 4	-2,79318	0,960561436	2	25	0,50309	rejected	
3 - 5	-3,80468	1,308410529	3	25	0,6298	rejected	
4 - 5	-1,0115	0,347849094	2	25	0,80765	rejected	
Bonferroni Test for Differences Between Means							
Alpha/N	0,005						
Groups	Difference	Test Statistics	p-level	Accepted?			
1 - 2	-2,08594	0,731914505	0,481021691	rejected			
1 - 3	-5,38704	1,227844314	0,247622194	rejected			
1 - 4	-8,18022	2,544339883	0,029145465	rejected			
1 - 5	-9,19172	1,859603128	0,09257528	rejected			
2 - 3	-3,3011	0,87817037	0,400458804	rejected			
2 - 4	-6,09429	2,667904508	0,023577203	rejected			
2 - 5	-7,10578	1,616913901	0,136968506	rejected			
3 - 4	-2,79318	0,690889003	0,505355824	rejected			
3 - 5	-3,80468	0,689599045	0,506132967	rejected			
4 - 5	-1,0115	0,218006817	0,83180812	rejected			

Méthde II

Analyse statéistique des résultats chez les plantes d' Atriplex halimus

Chlorophylle a

ANOVA							
Source of Variation	d.f.	SS	MS	F	p-level	F crit	Omega Sqr.
Between Groups	4	154,231083	38,55777075	2,70737	0,05315	2,7587105	0,18544
Within Groups	25	356,0441409	14,24176564				
Total	29	510,2752239					

Neuman-Keuls Test for Contrasts on Ordered Means							
Groups	Difference	Test Statistics	Degrees Of Freedom	Error DF	p-level	Accepted?	
1 - 2	-0,03209	0,020830275	2	25	0,98847	rejected	
1 - 3	-4,05046	2,629045649	3	25	0,17153	rejected	
1 - 4	-4,83614	3,139009084	4	25	0,14551	rejected	
1 - 5	-4,9212	3,194217307	5	25	0,19186	rejected	
2 - 3	-4,01837	2,608215374	2	25	0,07711	rejected	
2 - 4	-4,80405	3,118178809	3	25	0,08993	rejected	
2 - 5	-4,8891	3,173387032	4	25	0,13908	rejected	
3 - 4	-0,78568	0,509963435	2	25	0,72132	rejected	
3 - 5	-0,87074	0,565171658	3	25	0,91606	rejected	
4 - 5	-0,08506	0,055208223	2	25	0,9693	rejected	
Bonferroni Test for Differences Between Means							
Alpha/N	0,005						
Groups	Difference	Test Statistics	p-level	Accepted?			
1 - 2	-0,03209	0,272312916	0,790921431	rejected			
1 - 3	-4,05046	1,694834531	0,120968073	rejected			
1 - 4	-4,83614	21,77028851	9,35172E-10	accepted			
1 - 5	-4,9212	1,991481725	0,074436747	rejected			
2 - 3	-4,01837	1,680648052	0,123749695	rejected			
2 - 4	-4,80405	20,57795809	1,62409E-09	accepted			
2 - 5	-4,8891	1,977660407	0,076168417	rejected			
3 - 4	-0,78568	0,327589233	0,749977274	rejected			
3 - 5	-0,87074	0,253381652	0,805106381	rejected			
4 - 5	-0,08506	0,034306484	0,973307878	rejected			

Chlorophyll b

ANOVA							
Source of Variation	d.f.	SS	MS	F	p-level	F crit	Omega Sqr.
Between Groups	4	713,9785667	178,4946417	1,86526	0,148	2,7587105	0,10344
Within Groups	25	2392,352759	95,69411037				
Total	29	3106,331326					

Neuman-Keuls Test for Contrasts on Ordered Means							
Groups	Difference	Test Statistics	Degrees Of Freedom	Error DF	p-level	Accepted?	
1 - 2	-2,90279	0,726856434	2	25	0,61165	rejected	
1 - 3	-4,892	1,224953122	3	25	0,66613	rejected	
1 - 4	-10,0209	2,509235842	4	25	0,30883	rejected	
1 - 5	-13,5072	3,382193977	5	25	0,15079	rejected	
2 - 3	-1,98921	0,498096688	2	25	0,72754	rejected	
2 - 4	-7,11815	1,782379408	3	25	0,43011	rejected	
2 - 5	-10,6044	2,655337543	4	25	0,26291	rejected	
3 - 4	-5,12894	1,28428272	2	25	0,37235	rejected	
3 - 5	-8,61521	2,157240855	3	25	0,29646	rejected	
4 - 5	-3,48627	0,872958135	2	25	0,54249	rejected	
Bonferroni Test for Differences Between Means							
Alpha/N	0,005						
Groups	Difference	Test Statistics	p-level	Accepted?			
1 - 2	-2,90279	0,570385201	0,581005272	rejected			
1 - 3	-4,892	0,821125493	0,430715026	rejected			
1 - 4	-10,0209	2,043207382	0,068280046	rejected			
1 - 5	-13,5072	2,090925131	0,063031028	rejected			
2 - 3	-1,98921	0,36457009	0,723023723	rejected			
2 - 4	-7,11815	1,66251353	0,127389241	rejected			
2 - 5	-10,6044	1,767205454	0,107639231	rejected			
3 - 4	-5,12894	0,970562678	0,354655562	rejected			
3 - 5	-8,61521	1,275770464	0,230873357	rejected			
4 - 5	-3,48627	0,596465054	0,564122398	rejected			

Caroténoides

ANOVA							
Source of Variation	d.f.	SS	MS	F	p-level	F crit	Omega Sqr.
Between Groups	4	67,17576835	16,79394209	3,60193	0,01885	2,7587105	0,25757
Within Groups	25	116,5622134	4,662488538				
Total	29	183,7379818					

Neuman-Keuls Test for Contrasts on Ordered Means							
Groups	Difference	Test Statistics	Degrees Of Freedom	Error DF	p-level	Accepted?	
1 - 2	-2,13366	2,420430134	2	25	0,09944	rejected	
1 - 3	-3,38189	3,836424009	3	25	0,03087	accepted	
1 - 4	-3,72422	4,224755584	4	25	0,02973	accepted	
1 - 5	-4,14018	4,696622428	5	25	0,02114	accepted	
2 - 3	-1,24823	1,415993875	2	25	0,32639	rejected	
2 - 4	-1,59055	1,80432545	3	25	0,42154	rejected	
2 - 5	-2,00651	2,276192294	4	25	0,39174	rejected	
3 - 4	-0,34232	0,388331575	2	25	0,78581	rejected	
3 - 5	-0,75828	0,860198419	3	25	0,81699	rejected	
4 - 5	-0,41596	0,471866844	2	25	0,74132	rejected	
Bonferroni Test for Differences Between Means							
Alpha/N	0,005						
Groups	Difference	Test Statistics	p-level	Accepted?			
1 - 2	-2,13366	2,583674196	0,027244037	rejected			
1 - 3	-3,38189	2,28687898	0,045253271	rejected			
1 - 4	-3,72422	3,638117787	0,004550952	accepted			
1 - 5	-4,14018	3,442670568	0,006303131	rejected			
2 - 3	-1,24823	0,909445247	0,384510672	rejected			
2 - 4	-1,59055	1,84304379	0,095123269	rejected			
2 - 5	-2,00651	1,876685479	0,090013161	rejected			
3 - 4	-0,34232	0,228229979	0,824066668	rejected			
3 - 5	-0,75828	0,465978957	0,651214808	rejected			
4 - 5	-0,41596	0,338610945	0,741905101	rejected			

Analyse statistique des résultats chez les plantes d'*Atriplex canescens*

Chlorophylle a

ANOVA							
Source of Variation	d.f.	SS	MS	F	p-level	F crit	Omega Sqr.
<i>Between Groups</i>	4	476,3413981	119,0853495	5,84776	0,00183	2,7587105	0,3926
<i>Within Groups</i>	25	509,1070336	20,36428134				
<i>Total</i>	29	985,4484317					

Neuman-Keuls Test for Contrasts on Ordered Means							
Groups	Difference	Test Statistics	Degrees Of Freedom	Error DF	p-level	Accepted?	
1 - 2	-2,02263	1,097889056	2	25	0,44469	<i>rejected</i>	
1 - 3	-4,04827	2,197406878	3	25	0,28391	<i>rejected</i>	
1 - 4	-8,94364	4,854619142	4	25	0,01054	<i>accepted</i>	
1 - 5	-10,3945	5,642166477	5	25	0,00431	<i>accepted</i>	
2 - 3	-2,02564	1,099517822	2	25	0,44402	<i>rejected</i>	
2 - 4	-6,921	3,756730086	3	25	0,03497	<i>accepted</i>	
2 - 5	-8,37189	4,544277421	4	25	0,01772	<i>accepted</i>	
3 - 4	-4,89537	2,657212264	2	25	0,07203	<i>rejected</i>	
3 - 5	-6,34626	3,444759598	3	25	0,05619	<i>rejected</i>	
4 - 5	-1,45089	0,787547334	2	25	0,58241	<i>rejected</i>	
Bonferroni Test for Differences Between Means							
Alpha/N	0,005						
Groups	Difference	Test Statistics	p-level	Accepted?			
1 - 2	-2,02263	1,343286784	0,208868217	<i>rejected</i>			
1 - 3	-4,04827	1,393465584	0,193673501	<i>rejected</i>			
1 - 4	-8,94364	4,985700984	0,000548787	<i>accepted</i>			
1 - 5	-10,3945	5,941850195	0,000142793	<i>accepted</i>			
2 - 3	-2,02564	0,619338582	0,549542648	<i>rejected</i>			
2 - 4	-6,921	2,957868319	0,014340315	<i>rejected</i>			
2 - 5	-8,37189	3,630583671	0,00460811	<i>accepted</i>			
3 - 4	-4,89537	1,434377533	0,181987911	<i>rejected</i>			
3 - 5	-6,34626	1,872209536	0,090678057	<i>rejected</i>			
4 - 5	-1,45089	0,579522311	0,575059277	<i>rejected</i>			

Chlorophyll b

ANOVA							
Source of Variation	d.f.	SS	MS	F	p-level	F crit	Omega Sqr.
Between Groups	4	2034,107825	508,5269563	8,68403	0,00015	2,7587105	0,50606
Within Groups	25	1463,97227	58,5588908				
Total	29	3498,080095					

Neuman-Keuls Test for Contrasts on Ordered Means							
Groups	Difference	Test Statistics	Degrees Of Freedom	Error DF	p-level	Accepted?	
1 - 2	-5,89269	1,886220368	2	25	0,19439	rejected	
1 - 3	-8,13175	2,602934398	3	25	0,17718	rejected	
1 - 4	-9,15009	2,928898575	4	25	0,19008	rejected	
1 - 5	-24,7907	7,935368847	5	25	0,00017	accepted	
2 - 3	-2,23907	0,716714029	2	25	0,61661	rejected	
2 - 4	-3,2574	1,042678207	3	25	0,74396	rejected	
2 - 5	-18,898	6,049148479	4	25	0,00128	accepted	
3 - 4	-1,01834	0,325964177	2	25	0,81953	rejected	
3 - 5	-16,6589	5,33243445	3	25	0,0025	accepted	
4 - 5	-15,6406	5,006470272	2	25	0,0017	accepted	
Bonferroni Test for Differences Between Means							
Alpha/N	0,005						
Groups	Difference	Test Statistics	p-level	Accepted?			
1 - 2	-5,89269	1,116761461	0,290210091	rejected			
1 - 3	-8,13175	1,84064547	0,095497628	rejected			
1 - 4	-9,15009	1,687238507	0,122450375	rejected			
1 - 5	-24,7907	4,567558696	0,001030113	accepted			
2 - 3	-2,23907	0,743315647	0,474391878	rejected			
2 - 4	-3,2574	0,747963512	0,47170584	rejected			
2 - 5	-18,898	4,333850517	0,001480583	accepted			
3 - 4	-1,01834	0,312167558	0,761325067	rejected			
3 - 5	-16,6589	5,095224959	0,000467273	accepted			
4 - 5	-15,6406	3,447517644	0,006252132	rejected			

Caroténoides

ANOVA							
Source of Variation	d.f.	SS	MS	F	p-level	F crit	Omega Sqr.
Between Groups	4	139,1260512	34,7815128	6,95457	0,00066	2,7587105	0,44257
Within Groups	25	125,0311731	5,001246924				
Total	29	264,1572243					

Neuman-Keuls Test for Contrasts on Ordered Means							
Groups	Difference	Test Statistics	Degrees Of Freedom	Error DF	p-level	Accepted?	
1 - 2	-2,69754	2,954642729	2	25	0,04707	accepted	
1 - 3	-4,58808	5,025365011	3	25	0,00428	accepted	
1 - 4	-5,41885	5,935308694	4	25	0,00157	accepted	
1 - 5	-5,87969	6,440075511	5	25	0,00112	accepted	
2 - 3	-1,89054	2,070722283	2	25	0,15569	rejected	
2 - 4	-2,7213	2,980665965	3	25	0,10866	rejected	
2 - 5	-3,18215	3,485432782	4	25	0,0907	rejected	
3 - 4	-0,83076	0,909943682	2	25	0,52566	rejected	
3 - 5	-1,29161	1,414710499	3	25	0,58348	rejected	
4 - 5	-0,46084	0,504766817	2	25	0,72404	rejected	
Bonferroni Test for Differences Between Means							
Alpha/N	0,005						
Groups	Difference	Test Statistics	p-level	Accepted?			
1 - 2	-2,69754	2,845660526	0,017378906	rejected			
1 - 3	-4,58808	3,603489028	0,004819908	accepted			
1 - 4	-5,41885	4,519142315	0,001109814	accepted			
1 - 5	-5,87969	5,545180028	0,000245749	accepted			
2 - 3	-1,89054	1,367832294	0,20131478	rejected			
2 - 4	-2,7213	2,070762391	0,065200368	rejected			
2 - 5	-3,18215	2,676549371	0,023229913	rejected			
3 - 4	-0,83076	0,530808466	0,607138023	rejected			
3 - 5	-1,29161	0,883753288	0,397578593	rejected			
4 - 5	-0,46084	0,329790795	0,748362306	rejected			

Résumé Effet de stress salin sur les pigments photorécepteurs chez deux halophytes *Atriplex halimus* et *Atriplex canescens*

L'introduction d'arbustes fourragers tolérants à la salinité est l'une des techniques utilisées pour la valorisation des sols marginaux ; face à ce problème les *Atriplex* présentent une bonne tolérance aux conditions défavorables du milieu. Par conséquent les plantes développent plusieurs mécanismes morphologiques physiologiques qui leur permettent de résister ou de tolérer à ces conditions contraignantes.

Dans notre travail, nous avons étudiée l'effet du stress salin sur le comportement des jeunes plantes d'*Atriplex halimus* et *canescens* à travers le dosage des teneurs en chlorophylle et en caroténoïdes, des plantes témoins arrosées à la solution nutritive de HOAGLAND et à deux solutions salines, l'une composée de NaCl+CaCl₂ à différentes concentrations 400meq et 600meq et l'autre à l'eau de mer diluée à 50% et non diluée à 100%.

Les résultats obtenus après une semaine de stress montrent que la salinité a un effet dépressif sur les deux espèces, caractérisée par une réduction de la teneur en chlorophylle a, chlorophylle b et chlorophylle totale ab ainsi qu'en caroténoïdes. Toutefois, cette réduction est plus marquée chez les plantes d'*Atriplex halimus* que *canescens*. Pour les deux méthodes utilisées, la teneur en chlorophylle a est beaucoup plus élevée que la chlorophylle b.

Mots clés : *Atriplex*, stress salin, chlorophylle, eau de mer, NaCl+CaCl₂.

Summary

The introduction of forager and tolerant arbustes to the salinity is one of technics used for the valorization of marginal soils face to this problem the *Atriplex* present a good tolerance for defavorable conditions of the milieu . As a result , the plastes develop many morpo-physiologic mechanism which allowed them to resist or to tolerate to this contraignant conditions .

In our work , we have studied the effect of saline stress on the comportment of the young plants of *Atriplex halimus* and *canescens* , which was followed through the dosage of givens of chlorophylle and in the caroténoïdes of plants witness arose to the nutritive solution of HOAGLAND and to two saline solutions one is composed of the NaCl + CaCl₂ in different concentrations :400meq/l , 600 meq/l and the other in the dealt sea water to 50% and non dealt to 100%.

The realized results after one weak of stress said that the salinity to a depressive effect on the two espèces , characterized by the reduction of the chlorophylle given a , b and in caroténoïde often , this reduction is more marked in the plants of *Atriplex halimus* that *canescens* thank to the method of EKANAYAKE et al . (1996).

To conclude , from our results , we realize a reduction of loss in the water , characterized by the closing of stomates , which limits certainly the assimilation of Co₂ and in result the photosynthese reduced.

Key words : *Atriplex* , salin stress , chlorophylle , sea water NaCl+

ملخص: تأثير الإجهاد الملحي على المستقبليات الصبغية لنوعين من الفيتن *Atriplex halimus* و *Atriplex canescens*

إخبال شجيرات مقاومة للملوحة هي إحدى الطرق المستعملة لتثمين الأراضي المهمشة ، ولمواجهة هذا المشكل؛ تعتبر نباتات القطف أكثر مقاومة لظروف الوسط غير الملائمة ، حيث تطورت عدة طرق شكلية وحيوية لتسمح له بأن تقاوم و تتحمل هذه الظروف في عملنا هذا قمنا بدراسة تأثير الإجهاد الملحي على سلوك نباتات قيمة لسلال AC و AH ، وتتبعنا هذا السلوك من خلال معايرة كمية اليخضور a, b, ab و الكاروتين لنباتات شاهدة المسقية بسائل مغذي HOAGLAND والنباتات المسقية بنوعين من المحلول الملحي ، لأول متكون من NaCl+CaCl₂ بتركيز مختلفة 400meq و 600meq والأخر هو ماء البحر المخفف 50 % وغير المخفف 100 % . النتائج المتحصل عليها بعد أسبوع من الإجهاد الملحي بينت أن التراكيز لها تأثير سلبي على النوعين حيث تتميز بانخفاض في نسبة اليخضور a, b, ab و Ca₁₀ .

هذا الانخفاض مسجل في نباتات AH أكثر منه في AC حسب طريقة EKANAYAKE et al . من خلال نتائجنا نستنتج نقصا في الماء يميزه إغلاق الثغور، وفي الطريقتين المستعملتين كمية اليخضور a أكثر بكثير من اليخضور b . الكلمات المفتاحية: القطف ، الإجهاد الملحي ، اليخضور ، ماء البحر ، NaCl+CaCl₂ ،

