



UNIVERSITE KASDI MERBAH- OUARGLA

Mc, Agri/146
(8)

FACULTE DES SCIENCES

DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES

DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MAGISTER

Spécialité : Agronomie Saharienne

Option : Protection des Ecosystèmes en zones arides et semi-arides

Par: MEHANI MOUNA

Thème

Effet du stress salin sur quelques paramètres physiologiques de jeunes plants d'Atriplex halimus et Atriplex canescens

Soutenu publiquement le : 08 / 07 / 2009

Devant le jury :

Dr OULD EL HADJ M.D.	Professeur	Univ. Ouargla	Président
Dr BISSATI S.	Maître de conférences	Univ. Ouargla	Encadreur
Mme DJERROUDI .O	M.A.C.C.	Univ. Ouargla	Co- Encadreur
Dr OULD EL HADJ-KHELIL A.	Maître de conférences	Univ. Ouargla	Examinatrice
Dr CHELLOUFI H.	Maître de conférences	Univ. Ouargla	Examineur
Dr HAMDY AISSA B.	Maître de conférences	Univ. Ouargla	Examineur



Liste des Tableaux

N°	TITRE	Page
01	Composition de la solution nutritive de HOAGLAND (1938)	20
02	Composition saline de NaCl et CaCl ₂	21
03	Tests de Kruskall-Wallis de comparaison des moyennes sur les variables de la turgescence d' <i>Atriplex halimus</i> .	27
04	Tests de Kruskall-Wallis de comparaison des moyennes sur les variables de la turgescence d' <i>Atriplex canescens</i>	29
05	Tests de Kruskall-Wallis de comparaison des moyennes sur les variables de la transpiration d' <i>Atriplex halimus</i> .	34
06	Tests de Kruskall-Wallis de comparaison des moyennes sur les variables de la turgescence d' <i>Atriplex canescens</i> .	36
07	Tests de Kruskall-Wallis de comparaison des moyennes sur les variables de la chlorophylle d' <i>Atriplex halimus</i> .	41
08	Tests de Kruskall-Wallis de comparaison des moyennes sur les variables de la chlorophylle d' <i>Atriplex canescens</i>	43

Listes des Figures

N°	Titre	Page
01	Teneur relative en eau (TRE) des feuilles des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> (âgées de 120 jours du semis) stressées à l'eau de mer	26
02	Teneur relative en eau (TRE) des feuilles des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> (âgées de 120 jours du semis) stressées aux sels combinés	27
03	Teneur relative en eau (TRE) des feuilles des plantes d' <i>Atriplex canescens</i> (âgées de 120 jours du semis) stressées à l'eau de mer	28
04	Teneur relative en eau (TRE) des feuilles des plantes d' <i>Atriplex canescens</i> (âgées de 120 jours du semis) stressées aux sels combinés	29
05	Déperdition en eau (RWL) des feuilles après 30,60 et 120 mn chez <i>Atriplex halimus</i> stressé à l'eau de mer	32
06	Déperdition en eau (RWL) des feuilles après 30,60 et 120 mn chez <i>Atriplex halimus</i> stressé aux sels combinés	33
07	Déperdition en eau (RWL) des feuilles après 30,60 et 120 mn chez <i>Atriplex canescens</i> stressé à l'eau de mer.	35
08	Déperdition en eau (RWL) des feuilles après 30,60 et 120 mn chez <i>Atriplex canescens</i> stressé aux sels combinés.	36
09	Teneurs en chlorophylles A, B et A+B des plants d' <i>Atriplex halimus</i> âgés de 120 jours, stressés à l'eau de mer	39
10	Teneurs en chlorophylles A, B et A+B des plants d' <i>Atriplex halimus</i> âgés de 120 jours, stressés aux sels combinés	40
11	Teneurs en chlorophylles A, B et A+B des plants d' <i>Atriplex canescens</i> âgés de 120 jours, stressés à l'eau de mer	42
12	Teneurs en chlorophylles A, B et A+B des plants d' <i>Atriplex canescens</i> âgés de 120 jours, stressés aux sels combinés	43
13	Structure chimique de la chlorophylle	45

Listes des abréviations

Chl A : Chlorophylle A

Chl B : Chlorophylle B

Chl A+B : Chlorophylle A+B

Do : Densité optique

Meq ; Milliéquivalent.

P: Probabilité

PF : Poids Frais

Pi : Poids initial

PPt : Poids en Pleine turgescence

PS : Poids Sec

R.S : Résistance Stomatique

RWC: Relative Water Content (Turgescence)

RWL: Rate Water Lost (Transpiration).

SF : Surface Foliaire

TRE : Teneur Relative en Eau

SOMMAIRE

INTRODUCTION	01
Chapitre I Synthèse Bibliographique	03
1. La salinité	03
2. Effet de la salinité sur le comportement des végétaux	03
2.1. Effets sur la germination.....	03
2.2. Effets sur la croissance.....	04
2.3. Effets sur la photosynthèse.....	05
2.4. Effets sur la nutrition minérale	06
3. Comportement de la plante en milieu salé	08
5. Présentation des <i>Atriplex</i>	09
6. Origine et répartition des <i>Atriplex</i>	09
7. Présentation d'<i>Atriplex canescens</i>	10
7.1. Systématique.....	10
7.2. Caractères morphologiques.....	10
7.3. Exigences écologiques.....	11
7.3.1. Exigences climatiques.....	11
7.3.2. Exigences édaphiques.....	11
8. Présentation d'<i>Atriplex halimus</i>	12
8.1. Systématique.....	12
8.2. Description.....	12
8.3. Exigences écologiques.....	13
8.3.1. Exigences climatiques.....	13
8.3.2. Exigences édaphiques.....	13

9. Intérêts des Atriplex	14
9.1. Intérêt écologique.....	14
9.2. Mise en valeur des sols pauvres.....	14
9.3. Intérêt économique	14
9.4. Intérêt fourrager	15

Chapitre II Matériel et Méthodes

1. Matériel végétal	18
2. Méthodes	18
2.1. Préparation des graines.....	18
2.2. Préparation des pots.....	19
2.3. Les solutions salines.....	20
2.4. Application du stress salin.....	21
2.5. Techniques d'analyses.....	21
2.5.1. Paramètres physiologiques.....	21
2.5.1.1. Paramètres hydriques (teneur relative en eau et taux de transpiration).....	21
a. Mesure de la teneur relative en eau (TRE ou RWC).....	22
b. Mesure de la perte d'eau (RWL).....	22
2.5.1.2. Mesure de la surface foliaire.....	23
2.5.2. Teneur en chlorophylles.....	24
1.3. Analyses statistiques.....	25

Chapitre III Résultats et Discussions.....

1. Variation de la teneur relative en eau (TRE)	26
1.1. Chez <i>Atriplex halimus</i>	26
a- Action de l'eau de mer	26
b- Action du NaCl +CaCl ₂	26
1.2. Chez <i>Atriplex canescens</i>	28
a- Action de l'eau de mer	28

b- Action du NaCl +CaCl ₂	28
2. Variation de la perte d'eau par transpiration (RWL).....	32
2.1. Chez <i>Atriplex halimus</i>	32
a- Action de l'eau de mer	32
b- Action du NaCl +CaCl ₂	33
2.2. Chez <i>Atriplex canescens</i>	34
a- Action de l'eau de mer.....	34
b- Action du NaCl +CaCl ₂	35
3. Variation de la teneur en chlorophylles.....	39
3.1. Chez <i>Atriplex halimus</i>	39
a- Action de l'eau de mer	39
b- Action du NaCl +CaCl ₂	40
3.2. <i>Atriplex canescens</i>	41
a- Action de l'eau de mer	41
b- Action du NaCl +CaCl ₂	42
CONCLUSION	47
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	49

Effet du stress salin sur quelques paramètres physiologiques de jeunes plants d'Atriplex halimus et Atriplex canescens

Résumé : Les études menées au cours de ce travail, concernent les effets du stress salin à divers niveaux, sur certains paramètres physiologiques à savoir, la turgescence, la transpiration et la teneur en chlorophylle chez de jeunes plantes d'*Atriplex halimus* et l'*Atriplex canescens*. Nous avons déterminé la teneur relative en eau ou turgescence (RWC), la perte d'eau par transpiration (RWL) et la teneur en chlorophylle A, chlorophylle B et chlorophylles A+B chez les deux espèces. Pour cela, nous avons testé l'action de l'eau de mer à 50% et à 100%, ainsi que celle de sels combinés NaCl + CaCl₂ à 400 et 600 meq.

Les résultats obtenus après une semaine de stress montrent que : la salinité a un effet hautement significatif sur les deux espèces, caractérisée par une réduction de la turgescence de la transpiration, et de la teneur en chlorophylle, A, B et A+B. Toutefois cette réduction est plus marquée chez l'*A. halimus* que l'*A. canescens*.

Ces résultats ont montré également que quelque soit le paramètre étudié (turgescence, transpiration, surface foliaire, densité stomatique et taux de chlorophylle), la solution nutritive augmente ces paramètres, mais dès que la concentration saline dépasse 50% d'eau de mer diluée et 400 meq (sel combinés) que ce soit pour *A. halimus* ou *A. canescens*, ces paramètres diminuent et le sel devient nocif.

Par ailleurs, les résultats ont révélé l'existence d'une relation étroite entre ces paramètres. Ainsi, lorsque la teneur relative en eau (RWC) diminue, nous constatons une réduction progressive de la perte en eau (RWL) par transpiration, caractérisée par une fermeture des stomates, ce qui limite certainement l'assimilation du CO₂ et par conséquent la photosynthèse diminue.

Mots clefs : Atriplex, Ouargla, Turgescence, Transpiration, Chlorophylle, Eau de mer, NaCl + CaCl₂.

Effect of the Salt Stress on Some Physiological Parameters of the Young Plants of Atriplex halimus and Atriplex canescens

Summary: The study carried out in this work, concerns the effects of the salt stress at diverse levels on certain physiological parameters such as the turgescence, transpiration and chlorophyll content in young plants of *Atriplex halimus* and *Atriplex canescens*. We have determined the relative water content or turgescence (RWC), loss of water by transpiration (RWL) and concentration in chlorophyll A, chlorophyll B and chlorophyll A+B in both species. For this purpose, we have tested the action of the sea water at both 50% and 100%, as well as that of combined salts NaCl + CaCl₂ at 400 and 600 meq.

The results obtained after a week of salt stress show that the salinity has provoked a highly significant effect on both species, characterized by a reduction in the transpiration turgescence, and chlorophyll content A, B and A + B. However, this reduction is more indicated in the *A. halimus* and the *A. canescens*.

Whatever, these results have showed that the parameter studied (turgescence, transpiration, foliar surface, stomatic density and chlorophyll rate), the nutritive solution increases these parameters; but as soon as the salt concentration exceeds 50% of the diluted sea water and 400 meq (salt combined) whether for *A. halimus* or *A. canescens* these parameters decrease the salt gets harmful.

These results have also shown again that there is a close relationship between these parameters. Thus, when the water content (RWC) decreases, we notice a gradual reduction of water loss (RWL) by transpiration, characterized by a closure of stomata, which certainly restricts the assimilation of CO₂ and thus the photosynthesis decreases.

Key words: Atriplex, Ouargla, relative water content, rate water loss, chlorophyll, water of sea, NaCl + CaCl₂.

دراسة تأثير الملوحة على بعض الخصائص الفيزيولوجية عند نوعين من القطف (Atriplex halimus) و (Atriplex canescens)

التلخيص : أجريت دراسات خلال هذا العمل على تأثير درجة الملوحة على مختلف المستويات على بعض المعالم الفيزيولوجية كعملية محتوى الماء، النتج التنفسي ونسبة الكلوروفيل عند نبات *Atriplex halimus* و *Atriplex canescens*.

فقمنا بتحديد محتوى الماء أو (RWC)، فقدان المياه من خلال الرشح (RWL) والكلوروفيل (أ)، الكلوروفيل (ب) و كلوروفيل (أ + ب) عند صنفين من هذا النبات (*Atriplex*). لذلك، فإننا اختبرنا تأثير مياه البحر بنسبة 50% و 100%، وكذلك خليط الأملاح NaCl + CaCl₂ في 400 و 600 meq.

أظهرت النتائج بعد أسبوع من تعرض النبات إلى تأثير عمل الملوحة تظهر درجة عالية من الملوحة في أثر كبير على كل من الأنواع التي تتميز انخفاض في عملية النتج، التنفس ومحتوى اليخضور، أ، ب و أ+ب. بيد أن هذا الانخفاض أكثر وضوحا في *Atriplex halimus* بالنسبة *Atriplex canescens*.

وأظهرت أيضا هذه النتائج إن مهما كان العنصر المدروس (النتج، التنفس، مساحة الورقة، كثافة الثغور ومحتوى اليخضور)، الخلل الغذائي وحده يؤدي إلى زيادة هذه الثوابت، ولكن عندما يكون تركيز الملح يتجاوز 50% من مياه البحر المميع 400 meq (الملح معا) سوى كان عند *Atriplex halimus* أو (*Atriplex canescens*). هذه الثوابت تنخفض ويصبح الملح ضار.

وأظهرت هذه النتائج أيضا أنه ما زالت هناك علاقة وثيقة بين هذه الثوابت. وهكذا، عندما ينخفض محتوى الماء (RWC)، نلاحظ انخفاض تدريجي للخسارة المياه (RWL) عن طريق التنفس، وتتميز بإغلاق الثغور، مما يؤدي بالتأكيد حدود استيعاب CO₂ وبالتالي يؤدي إلى انخفاض عملية التركيب الضوئي.

الكلمات المفتاحية : *Atriplex*، ورقة، النتج، التنفس، ومياه البحر، الصوديوم NaCl + CaCl₂

Introduction

INTRODUCTION

La salinité affecte de grandes surfaces et limite la productivité des végétaux. Dans plusieurs régions du monde, cette situation est aggravée par la raréfaction des réserves en eau douce (ABDELLY *et al*, 2001).

Les sols salins sont très répandus à la surface du globe. Leur salinité constitue l'un des principaux problèmes qui nuit sérieusement au développement de l'agriculture. Globalement, plus de 76 millions d'hectares de terres sont affectées par la salinisation, dans le monde, dont 14,8 millions d'hectares en Afrique (GASSEMI *et al*, 1995 in BELDJOUDI *et al*, 2002). En Algérie, près de 75% des terres (du territoire national) est représenté par la zone aride, par conséquent la majorité des terres agricoles sont donc potentiellement affectées par les sels (HALITIM, 1998 in BELDJOUDI *et al*, 2002).

La présence des sels solubles en forte concentration dans le sol affecte les mécanismes physiologiques de la plante, et constitue un facteur limitant majeur de la production végétale (BAJJI *et al*, 1998). Ainsi, La tolérance des plantes cultivées demeure limitée compte tenu de la complexité des mécanismes impliqués dans la tolérance des plantes au sel (BAJJI *et al*, 1998).

Par ailleurs, le programme de repeuplement dans les zones arides et semi-arides à intérêt économique doit comprendre plusieurs espèces manifestant une résistance élevée à la salure. Les halophytes, plantes dotées des caractéristiques requises pour tolérer le sel, semblent constituer un outil précieux pour valoriser les zones marginales fortement salées (ABDELLY, 2001).

En Algérie, les régions semi-arides et particulièrement les steppes, qui restent le support principal de l'élevage, connaissent actuellement une désertification et une salinisation de plus en plus accentuée. Ces derniers causent des problèmes environnementaux et économiques grave. Afin de protéger ces régions et de les améliorer, l'introduction d'espèces fourragères connues pour leur tolérance à la salinité, tel que les *Atriplex* s'avère intéressante.

Les *Atriplex* poussent généralement dans les sols salés, et en bordures des chotts et des sebkhas, ils constituent une réserve fourragère pour les périodes de disette (LE HOUEROU, 1992).

Les qualités remarquables des *Atriplex*, notamment leur rusticité, leur bonne valeur fourragère, leur résistance élevée à la sécheresse, leur excellent rendement pour de faibles doses d'eau et leur faculté de tolérer des salures élevés, en font un outil irremplaçable dans la mise en valeur des régions semi-arides et prédésertiques, ainsi que dans la lutte contre la désertification (LE HOUEROU, 1992).

Enfin leur vigoureuse croissance, leur aptitude à supporter des sols lourds, marneux ou salés en font des plantes de choix pour résoudre les problèmes d'érosion (LE HOUEROU, 1992).

Ainsi notre choix a porté sur l'Atriplex qui est recommandé (LE HOUEROU, 1992) pour les conditions écologiques rudes. En effet l'Atriplex est connu pour sa rusticité et sa résistance à la sécheresse.

L'Atriplex est une espèce très polymorphe, qui mérite d'être exploitée dans les écosystèmes menacés par la désertification.

Conscients des intérêts, et de l'importance de l'Atriplex, nous nous sommes intéressés dans le cadre de ce travail à étudier l'effet du stress salin sur trois paramètres physiologiques de deux espèces d'Atriplex *A. halimus* et *A. canescens*, à savoir la teneur relative en eau, la perte d'eau par la feuille, le changement de comportement stomatique et la teneur en chlorophylle.

Pour cela, la démarche adoptée consiste à l'analyse de quelques paramètres morphologiques et physiologiques de la résistance à la salinité.

CHAPITRE I

1. La salinité

La salinité est définie comme étant la concentration excessive de sels solubles dans le sol, qui limitent le développement des plantes (MAATOUGUI, 2001).

Dans les zones arides et semi-arides, la productivité et l'extension des cultures sont souvent limitées par la salinité des sols et des eaux d'irrigation.

2. Effets de la salinité sur le comportement des végétaux

Dans les conditions naturelles, les sols salins permettent la croissance d'une végétation tolérante au sel, qui comprend des arbres, des arbustes et des graminées appelés halophytes. Cette végétation sert au pâturage des ovins, des caprins et des camélidés (BOUTEYRE et LOYER, 2000).

L'effet de la salinité s'attribue d'abord à l'aspect osmotique, en réduisant ainsi la disponibilité de l'eau pour la plante. Lorsque le niveau de salinité est élevé, une absorption déséquilibrée des ions pourrait conduire à l'intoxication de la plante (KATERDJI, 1995).

2.1. Effets sur la germination

Généralement, les graines des halophytes demeurent viables après avoir été soumises à de fortes concentrations en sel et peuvent germer lorsque le stress salin est élevé, ce qui constitue une stratégie de survie en milieu salé (KEIFFER et UNGAR, 1995). D'après UNGAR (1974) in LEVITT (1980), la germination est plus résistante que les autres stades de développement qui la suivent.

Chez les glycophytes ce processus peut être inhibé par 0,5% de sels alors que les halophytes peuvent germer à des concentrations dix fois plus élevées. Toutefois, quelques glycophytes ne peuvent même pas croître au delà de 0,3% de sels bien que quelques unes de ces espèces (glycophytes) puissent aller au-delà (KEIFFER et UNGAR, 1995).

A l'opposé, les halophytes peuvent se développer sur des milieux contenant 20% de sels mais la plupart croissent sur des milieux contenant 2 à 6% (STOGONOV, 1946, in LEVET, 1980).

La germination des graines d'*Atriplex halimus* reste insuffisante à une concentration de 20 g de Na Cl /l, alors qu'elle est inhibée à une concentration égale à 35g de Na Cl/l (BELKHODJA et BIDAI, 2001).

D'après ALLEN (1984), JOHNSON (1991) in AL NIEMI et al (1992), le processus de germination dépend essentiellement de l'imbibition en eau et il est affecté par la sensibilité des enzymes et ou des hormones à un niveau de toxicité des ions, par exemple le Na^+ et le Cl^- .

2.2. Effets sur la croissance

L'adaptation des végétaux en condition de stress salin diffère d'une espèce à une autre. En outre, la tolérance d'un végétal au sel s'exprime par son taux de croissance et son développement vis-à-vis du niveau de salinité.

La résistance des plantes à la salinité dépend de leur aptitude à se maintenir dans les conditions les moins défavorables à leur fonctionnement, en évitant ou en tolérant de plus ou moins fortes concentrations ioniques à l'intérieur de leurs cellules. Chez ces plantes, les ions toxiques sont exclus des sites sensibles de la cellule, grâce à l'exclusion ou la dilution. Ce processus permet d'éviter les fortes accumulations ioniques dans le cytoplasme (HAMZA, 1980).

D'une manière générale, la salinité limite l'absorption et le transport du K^+ , du Ca^{++} et d'autres nutriments nécessaires à la croissance végétale (SOLTANI et al, 1990).

L'étude de la réponse des halophytes au sel dans des conditions contrôlées a montré que ces plantes telle que les *Atriplex* à potentialités fourragères expriment leurs potentialités maximales de croissance à 300 mM de Na Cl ou en conditions d'irrigation avec l'eau de mer diluée deux fois (ABDELLY, 2001).

La présence de sel dans le milieu de culture limiterait l'alimentation des plantes, en calcium ce qui conduirait à une inhibition de la croissance des racines et des poils absorbants (ZAHKAN, SPRENT, 1986).

Par ailleurs, CHRETIEN (1992), note que les espèces sensibles à la salinité ont tendance à répondre à une augmentation de la teneur en sel du milieu par une croissance modelée de leurs différents organes.

KAPLAN et GALE (1972), précisent que les plantes développées dans le milieu salin sont caractérisées par la turgescence des feuilles.

D'après YERMANOS et al (1967) in CHRETIEN (1992), chez la plante de Jojoba, le sel induit une augmentation de l'épaisseur des feuilles et de la taille des cellules palissadiques. Il y a réduction de la densité somatique et du diamètre des tiges.

Par ailleurs, FLOWERS et al (1977), signalent que 300 mM de Na Cl constituent effectivement la concentration critique qu'une plante halophyte puisse tolérer à tous les stades de son développement.

Les sels accumulés dans le sol, peuvent limiter ou complètement arrêter la croissance du végétal, suite à une élévation de la pression osmotique du milieu et ou à l'effet toxique spécifique de certains éléments (GOUNY et al, 1973).

L'accumulation de sel dans la zone racinaire en quantités excessives provoque des difficultés pour la culture à extraire suffisamment d'eau. Cette réduction d'absorption d'eau par la plante peut se traduire par une croissance ralentie et peut se manifester par des symptômes analogues en apparence à ceux de la sécheresse (AYRES et WESCOTT, 1984).

2.3. Effets sur la photosynthèse

La photosynthèse est le processus permettant aux végétaux supérieurs de convertir l'énergie lumineuse en énergie chimique à pouvoir phosphorylant (ATP) ou réducteur (NADPH), puis d'utiliser cette énergie pour assimiler le CO₂ atmosphérique sous forme de substrats hydrocarbonés. Chez les végétaux supérieurs, la fonction photosynthétique est localisée au sein du chloroplaste.

Selon SANTIAGO *et al* (2000), la salinité réduit la capacité photosynthétique suite à une diminution de la conductance stomatique de CO₂ (BALL *et al*, 1994).

BALL *et al* (1994), précisent que la perméabilité des membranes thylakoidales aux ions Na⁺ et Cl⁻ est considérée comme basse, ce qui expliquerait le maintien d'une certaine capacité photosynthétique sous la contrainte saline.

Dans les régions arides et semi-arides, les plantes à métabolisme photosynthétique de type C₄, paraissent mieux adaptées que les plantes en C₃. Ainsi, l'étude des mécanismes de la photosynthèse montre qu'un végétal qui présente une photosynthèse de type C₄ peut réaliser ses

synthèses dans les conditions de température, de sécheresse, de salinité, sous lesquelles une plante de type C3 serait rapidement éliminée (BINET, 1989).

Chez les Atriplex, l'existence du mécanisme C4 a les avantages suivants:

- Une bonne résistance à la température élevée sous des éclairagements intenses et sous une forte salinité, et ce pour les raisons évoquées à propos des adaptations aux contraintes hydriques et thermiques.
- Une bonne efficacité de l'eau.

D'après BLACK (1973), l'optimum thermique de photosynthèse, de même que l'optimum de saturation lumineuse est beaucoup plus élevé pour les plantes de type C4 (30-47°C) que celles de type C3 (12-25°C).

En conclusion, les plantes des types C4 se différencient des végétaux de type C3 par leur capacité d'utilisation de CO₂ deux à trois fois plus élevée, pour une même quantité d'eau transpirant par leur organisme, leur économie hydrique est plus efficace (CHAMPIGNY et MOYSE, 1983).

2.4. Effets sur la nutrition minérale des végétaux

Selon DIAMOU ANGANA in BOUZOUIDJA (1995), comme pour l'absorption de l'eau, l'alimentation en éléments nutritifs du végétal repose sur la pression osmotique du suc cellulaire qui devra être supérieure à celle de la solution du sol. Si par défaut, on rencontre le processus inverse suite à la concentration en sels de la solution du sol, ceci entraîne une absorption accrue de certains éléments qui dépend d'autres (BOUZOUIDJA, 1995).

Les plantes qui poussent sur des sols salins doivent maintenir un rapport K⁺/Na⁺ élevé dans leurs cytoplasmes malgré le déséquilibre ionique en faveur du sodium engendré par le stress salin au niveau du sol (JESCHKE *et al*, 1983, BRAUN *et al*, 1989).

Plusieurs auteurs ont mentionné le comportement inclusif de l'orge dans les conditions du stress salin, c'est-à-dire qu'elle accumule de grandes quantités d'ions Na⁺ dans les feuilles alors qu'elle maintient ce taux relativement bas dans les racines (ZID et GRIGON, 1991, EL MEKAOUI *et al*, 1991). L'accumulation extracellulaire de Na⁺ entraîne une déshydratation cellulaire partielle (FLOWERS *et al*, 1991).

Les fortes concentrations de Na Cl dans le milieu de culture engendrent une forte compétition au niveau des sites d'absorption de K^+ , Ca^{++} , NH_4^+ et NO_3^- (MARTINEZ et LAUCHLI, 1993, DAVAEMPORT et al, 1997). Ainsi, certaines plantes, telles que les céréales sont particulièrement sensibles à la déficience en Ca^{++} (DAVEMPORT et al, 1997).

MATASUMOTO (1988) précise que le transport de protons via la membrane est inhibé en absence de calcium.

CHING et MATASUMOTO (1989) expliquent la diminution de l'activité ATPasique associée au transporteur de protons dans les conditions du stress salin par la diminution de calcium et des phospholipides au niveau de la membrane plasmique.

L'accumulation du Na^+ dans les tissus des plantes exposées à la salinité est proportionnelle à la diminution du potentiel osmotique des cellules, ce qui suggère que le Na^+ est directement impliqué dans le processus d'ajustement osmotique (ALARCON et al, 1999; KINET et al 1998; BAJJI et al, 1998).

BILLARD et al (1976), montrent que la présence de Na Cl dans le milieu extérieur, jusqu'à une concentration de 7,5g/l, ne peut que favoriser l'assimilation des éléments azotés chez *Suaeda macrocarpa* dont l'halophilie est assurée.

3. Comportement de la plante en milieu salé

La présence de sel dans le milieu est susceptible d'affecter l'anatomie et la morphologie de la plante, ainsi que plusieurs aspects de son métabolisme (CHRETIEN, 1992).

En outre, la réponse du végétal à la salinité dépend de la réponse de chacun de ses éléments constitutifs et de l'interdépendance entre ses différents organes et tissus.

Le comportement de la plante cultivée en milieu salé, et particulièrement l'intégration des ions sodium dans l'organisme entier, sont ainsi tributaires des modifications de la croissance et du métabolisme cellulaire (CHEESEMAN, 1988). L'augmentation de la concentration saline entraîne une dépense supplémentaire et une dégradation des conditions internes s'introduisant par un arrêt de la croissance et des accidents végétatifs variés (GOUNY et CORNILLON, 1973).

La tolérance au sel d'un végétal, permet de regrouper les espèces végétales en halophytes, et non halophytes ou glycophytes, avec de grandes différences de sensibilité au sel. Ainsi, la croissance des glycophytes, qui représentent la grande majorité des espèces végétales, est ralentie lorsque la concentration du milieu externe dépasse 100mM, et la salinité devient létale à partir de 300 mM (GREENWAY et MUNNS, 1980).

Les halophytes supportent des teneurs en sel jusqu'à 7 fois plus élevées, et la croissance est stimulée par des concentrations salines entre 200 et 500 Mm (FLOWERS et al, 1977).

En présence d'une forte concentration en sel dans le milieu environnant, la plante subit en premier lieu un choc osmotique qui annule le gradient de potentiel hydrique entre le milieu interne et le milieu externe et provoque une forte déshydratation des tissus. Cette déshydratation entraîne en retour une augmentation du potentiel hydrique cellulaire par concentration du contenu vacuolaire, c'est une première étape passive, telle qu'elle est définie par HAMZA (1980).

La deuxième étape est selon YEO (1983) l'osmorégulation, phénomène déclenché par un abaissement progressif du potentiel osmotique de la plante. A la fin de l'ajustement osmotique, la plante peut absorber l'eau.

5. Présentation des *Atriplex*

La famille de Chénopodiacées comprend près de 420 espèces réparties dans les diverses régions arides du monde (FRANCKET et LE HOUEROU, 1971). Une cinquantaine d'espèces présente un intérêt fourrager reconnu, dont les *Atriplex* sont des arbustes intéressants du point de vue rusticité, richesse en protéines avec une production estivale et automnale.

Il ne sont pas limités par le froid, et résistent à la submersion et à l'engorgement. Ils supportent des salures élevées et permettent d'utiliser des eaux généralement comme inaptes à l'agriculture et végètent mal sur sable profond (MAHMOUDI et al, 2002).

6. Origine et répartition des *Atriplex*

Le genre *Atriplex* est spontané à l'intérieur d'une aire relativement vaste, englobant toutes les parties du monde, de l'Alaska à la Patagonie et de la Norvège à l'Afrique du Nord. Il comprend 417 espèces (FRANCKET et LE HOUEROU, 1971). L'aire d'origine d'*Atriplex canescens* s'étend du Mexique central au Canada.

Cette espèce a été introduite en Afrique du Nord à partir des Etats-Unis "Nouveau Mexique, Arizona", et à partir de la Tunisie vers l'Algérie pour être utilisée dans les projets de fixation des dunes dans ces régions (FRANCKET et LE HOUEROU, 1971).

En Algérie, l'*Atriplex halimus* est spontané dans les étages bioclimatiques semi-aride et aride. Les statistiques du Ministère de l'Agriculture (1998), révèlent que les nappes d'*Atriplex* en association, couvrent une superficie de 1 million d'hectares. Les plus grandes superficies se trouvent entre les isohyètes 100 et 400 mm/an, ce qui correspond aux zones dites steppiques (Tébessa, Batna, M'sila, Boussaâda, Biskra, Djelfa, Tiaret et Saida) et même au Sahara, particulièrement dans la zone de Béchar et l'Ahaggar. Ainsi, d'après les mêmes statistiques, les nappes pures d'*Atriplex* sont représentées par une superficie de 240.820 ha.

7. Présentation d'*Atriplex canescens*

7.1. Systématique

Atriplex canescens est une espèce exotique qui appartient d'après MAISSILI (1995) au:

Règne: Végétal

Groupe: Eucaryotes

Sous Règne: Cormophytes

Embranchement: Spermaphytes

Sous embranchement: Angiospermes

Classes: Dicotylédones

Sous classe: Apétales

Série: Hermaphrodites

Ordre: Centrospermales

Sous ordre: Chénopodiales

Familles: Chenopodiaceae

Genre: *Atriplex*

Espèce: *Atriplex canescens*

7.2. Caractères Morphologiques

Atriplex canescens est un arbuste de 1 à 3 m de hauteur, formant une touffe pouvant atteindre 3m de diamètre avec une proportion importante de biomasse lignifiée. Les caractères morphologiques d'*Atriplex canescens* sont présentés d'après FRANCKET et LE HOUEROU (1971) comme suit:

- **Les Rameaux:** A la base, de couleur blanche, ils sont nombreux et longs, souvent arqués et peuvent être redressés ou couchés au sommet.

- **Les Feuilles:** De couleur vert grisâtre, sont entières, alternes et courtement pétiolées, de 3 à 5cm de long et de 0,3 à 0,5cm de large.
- **Les Inflorescences:** Sont dioïques, les inflorescences mâles sont en épis simples ou Paniculées, localisées au sommet; et les inflorescences femelles, sont axillaires ou en épis subterminaux.
- **Les valves fructifères:** Pédonculées, munies de chaque coté de deux ailes longitudinales, membraneuses, plus ou moins dentées, de 0,8 à 1,5 cm de large.

7.3. Exigences écologiques

Atriplex canescens est une espèce rustique qui n'a pas d'exigences climatiques ni édaphiques particulières, d'où son utilisation dans la mise en valeur des terres défrichées, surtout les terrains salés (FRANCLLET et LE HOUEROU, 1971).

FOURY (1954) in F.A.O (1989) note que l'*Atriplex canescens* présente les mêmes exigences et aptitudes que l'*Atriplex halimus*.

7.3.1. Exigences climatiques

Cette espèce se trouve dans les étages bioclimatiques semi aride, et aride supérieur et moyen, (FRANCLLET et LE HOUEROU, 1971), entre des isohyètes de 150 à 200 mm. Dans son aire d'origine, l'optimum est de 180 à 200 mm.

Atriplex canescens peut résister à une très grande variation de températures qui peut aller d'après CORRELA *et al*, (1987) de -20C° jusqu'à +35C°. Selon FRANCLLET et LE HOUEROU (1971), elle peut résister également à la sécheresse, ce qui explique la grandeur de l'aire de répartition de cette espèce.

Le type biochimique de cette espèce est C4 comme de nombreuses autres Chénopodiacées. Elle maintient donc son activité photosynthétique à températures élevées (F.A.O, 1989).

7.3.2. Exigences édaphiques

Les travaux de LE HOUEROU (1985), ont montré que cette espèce est très hétérogène. Elle peut être cultivée sur des sols divers, et non fertiles sous des climats différents.

LE HOUEROU (1971), a montré que l'*Atriplex canescens* peut se développer sur des sols dont la conductivité de l'extrait de pâte saturée peut dépasser 20m mhos/cm.

8. Présentation d'*Atriplex halimus*

8.1. Systématique

AMBERGER (1960) in FERCHICHI (1994) classe l'*Atriplex halimus* comme suit:

Embranchement: Phanérogames

Sous embranchement: Angiospermes

Classe: Dicotylédones

Famille: Chénopodiacées

Ordre: Centrospermales

Tribu: Cyclolobées

Genre: *Atriplex*

Espèce: *Atriplex halimus*

Nom vernaculaire arabe: G'ttaf

8.2. Description

Selon LE HOUEROU (1992), les noms usuels sont: G'ttaf, Arroche halim, Pourpier de mer, Salt bush méditerranéen.

C'est un arbuste à développement estival, pouvant atteindre 1 à 3m de hauteur, la formation des touffes peut atteindre 1 à 3 m de diamètre.

- **Les tiges:** d'un blanc grisâtre, sont très rameuses plus au moins anguleuses et entièrement feuillées.
- **Les feuilles:** mesurent 2 à 5 cm de long et sont généralement plus longues que larges, oblongues ou ovales (QUEZEL et SANTA, 1962). En outre, OSMOND et al (1969), MOZAFAR et GOODIN (1970), notent que les feuilles sont plus ou moins charnues et luisantes, nettement pétiolées et légèrement alternées. Elles sont recouvertes de poils réticulaires très riches en NaCl.

- **Les racines:** sont étalées et s'enfoncent verticalement en profondeur.
- **Les fleurs:** sont monoïques à inflorescence en grappes de glomérules ou en panicules d'épis plus au moins serrés. Celles-ci sont le plus souvent mâles au sommet et femelles à la base.
- **Les fruits:** sont composés par les deux petites bractées dures en forme dentée, entières, lisses ou tuberculeuses droites.
- **Les graines:** sont brun foncé, de 2mm de diamètre environ, ternes et entourées du péricarpe membraneux.

C'est une plante monophanérophite, fleurissant et fructifiant à partir d'avril jusqu'en novembre (NEGER, 1961).

8.3. Exigences écologiques

8.3.1. Exigences climatiques

L'examen de la répartition des *Atriplex* permet de confirmer que la plupart des espèces trouvent leur optimum écologique entre les isohyètes de 200 et 400mm. (FRANCLET et LE HOUEROU, 1971).

Selon FORMENT (1972), l'*Atriplex halimus* peut s'adapter à des milieux divers. A titre d'exemple, en Tunisie on le trouve sous une pluviométrie de 100 à 500 mm/an, comme il peut supporter des températures minima absolues de 5°C à 10°C. Néanmoins cette espèce craint les gelées prolongées.

8.3.2. Exigences édaphiques

Selon KILLIAN (1953), les *Atriplex* prospèrent en stations sablonneuses et limoneuses. Toutefois leur préférence tend vers les sols limoneux.

Pour POUGET (1971), l'espèce *Atriplex halimus* est abondante sur des sols à texture grossière, plus salée en profondeur, sur des sols à texture grossière fine ou moyenne (sol peu salé) et sur des sols alcalins formés sur les alluvions avec nappe phréatique peu profonde.

Par ailleurs, d'après FORMENT (1972), cette espèce ne semble pas avoir d'exigences particulières et accepter tout type de sol.

Concernant la salinité, ZID et BOUKHRIS (1977), rapportent que les *Atriplex* ont un développement optimal à des teneurs en Na Cl, se situant entre 6 et 40 g/l⁻¹.

9. Intérêts des *Atriplex*

Les intérêts des *Atriplex* sont multiples, dont les plus importants sont:

9.1. Intérêt écologique

D'après CHERFAOUI (1987), des plantations à base d'*Atriplex canescens* ont donné de très bons résultats dans la fixation des dunes. Ils ont marqué aussi une amélioration de quelques propriétés des sols telles que le drainage des horizons superficiels et la perméabilité.

Selon FRANCKET et LE HOUEROU (1971), l'emploi des *Atriplex halimus* en Afrique du Nord est efficace pour la fixation des dunes et des marnes. Le cordon dunaire situé en zone steppique s'étale sur plus de 60 km. Sa largeur varie de 4 à 16 km (SEFOR, 1982 in ZAAFOUR, 1983).

Selon LE HOUEROU et PONTANIER (1987), ils sont considérés comme moyen de protection contre l'érosion hydrique.

9.2. Mise en valeur des sols pauvres

Les *Atriplex* sont parmi les arbustes les mieux adaptés aux régions arides et aux sols pauvres.

Dans le cadre d'une étude éco physiologique des associations végétales des halophytes, les *Atriplex* sont capables de déssaler et de fertiliser le sol, créant ainsi des micro habitats favorables à plusieurs plantes annuelles sensibles au sel, tels que les Médics, très appréciés par le bétail (ABDELY et al, 2001).

9.3. Intérêt économique

La production du bois peut contribuer de façon décisive à résoudre le problème du combustible domestique dans les régions arides où la recherche du bois de feu constitue un des principaux facteurs de désertification.

Des essais réalisés par l'INRF et l'INRA Tunisie en (1971), ont montré que l'*Atriplex canescens* peut être utilisé pour la préparation du concentré, destiné à l'alimentation du bétail, car il est riche en fibres cellulosiques, protéines et éléments minéraux d'une part et ses tiges lignifiées sont utilisées pour les fours traditionnels d'autre part.

9.4. Intérêt fourrager

Les *Atriplex* ont un grand intérêt en tant que plante fourragère en raison de:

- Leur rusticité.
- Leur grande valeur nutritive.
- Leur résistance à la sécheresse (JOHNSON et al, 1991).

C'est la plante la mieux appétée et ingérée parmi les *Atriplex*. Elle est plus riche en protéines et moins salée que l'*Atriplex halimus*, ses graines sont appréciées par les ovins (LE HOUEROU et PONTANIER, 1987).

Des expériences ont montré que l'*Atriplex canescens* est riche en matières digestibles, et en cellulose brute, d'où sa grande digestibilité (HASSAN, 1983). Par contre, et d'après EL HAMROUNI et al, (1974) in F.A.O (1989), si les rameaux feuillés atteignent un taux de lignification élevé, la digestibilité fourragère tend à régresser.

L'estimation du rendement d'*Atriplex canescens* par FRANCELET et LE HOUEROU, (1971) est de 2000 à 5000Kg de MS/ha/an, pour les formations des régions arides de l'Afrique du Nord, ce qui représente un équivalent de 1000 à 2500 UF/ha/an.

EL HAMROUNI et SARSON (1974) in F.A.O.(1989), indiquent pour *Atriplex canescens* une teneur en sel de 3,9% de la matière sèche et une valeur fourragère relativement faible de 0,25UF/Kg de matière sèche. NEFSAOUI et al (1988) in F.A.O. (1989) donnent une amplitude de 0,25 à 0,68 UF/Kg de matière sèche.

chapitre II

Matériel et Méthodes

CHAPITRE II MATERIEL ET METHODES

Les objectifs visés à travers notre travail sont multiples, ils consistent à évaluer l'impact de la salinité en utilisant deux traitements : l'eau de mer et les sels combinés ($\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$) sur :

- La teneur en chlorophylles A, B, A+B.
- La teneur relative en eau (TRE) ou turgescence.
- La perte d'eau par transpiration (RWL).

1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est composé de deux espèces d'*Atriplex* : *Atriplex halimus* et *Atriplex canescens*. Les graines ont été récoltées au cours de la période de décembre 2007 dans la région de Djelfa (station d'El-Mesrane).

2. Méthodes

L'expérimentation a été menée dans des pots, sous serre, au niveau du département de Biologie (Université de Ouargla). Le dispositif expérimental comprend cinq traitements avec 15 répétitions pour chaque espèce (*Atriplex halimus* et *Atriplex canescens*), dont l'ensemble constitue 150 pots.

Les plantes témoins sont arrosées à l'aide d'une solution nutritive de HOAGLAND (1938). Les autres plants sont traités avec la même solution, combinée à l'eau de mer, diluée à 50% et à 100% (traitement salin1), et à l'aide d'une solution saline composée de $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ à 400 et 600 meq /l de solution nutritive (traitement salin 2).

2.1. Préparation des graines

Avant leur mise en germination dans les alvéoles, les graines sont décortiquées manuellement, puis sélectionnées d'après leur morphologie, leur taille, leur couleur (brune) et leur état sanitaire. Elles sont ensuite désinfectées à l'eau de Javel pendant 5mn, puis rincées à l'eau distillée trois fois pour éliminer les chlorures. Elles sont placées dans des alvéoles en plastique, remplies de terreau pour la germination. L'arrosage à l'eau distillée est apporté tous les deux jours.

2.2. Préparation des pots

Après 45 jours de croissance, les plantules sont repiquées dans des pots en plastique ayant un diamètre de 16 cm et une hauteur de 13,8 cm. Les fonds sont tapissés de gravier pour assurer le drainage, suivi par un remplissage d'un substrat constitué d'un mélange de sable de dune et de terreau, à raison de deux mesures de sable et une mesure de terreau (2/3, 1/3). Cette valeur de poids a été retenue pour déterminer la capacité de rétention de ce substrat dont le mode de calcul est indiqué en annexe (2).

Avant son usage, le sable de dune a été tamisé afin de le débarrasser des débris végétaux et animaux, ensuite lavé à l'esprit de sel pour éliminer les sels comme les chlorures, carbonates...etc., puis rincé abondamment à l'eau distillée, et séché à l'air libre. Pour assurer l'élimination des sels du sable nous avons effectué un test au nitrate d'argent à 1%.

Après le repiquage des plantules dans les pots dont la contenance est de 2280 g, les apports d'eau sont effectués trois fois par semaine à la solution nutritive de HOAGLAND (1938) diluée à 1/1000^{ème} (tableau 1) apportée à 30% de CR (capacité de rétention) pendant 2 mois après repiquage. Par la suite on double la dose d'irrigation à 60% pendant 1 mois. L'arrosage est assuré chaque deux jours pendant 4 mois, c'est-à-dire jusqu'à l'application du stress salin. Cet apport d'eau est déterminé par rapport à la capacité de rétention, calculée pour le substrat de culture utilisé dans notre expérimentation.

Tableau 1: Composition de la solution nutritive de HOAGLAND (1938)

composition	formulation	Poids (g/l)
Nitrate de potassium	KNO ₃	191,90
Nitrate de calcium	(NO ₃) ₂ Ca, 4H ₂ O	129,80
Nitrate d'Ammonium	NO ₃ NH ₄	210
Sulfate de magnésium	Mg SO ₄ , 7H ₂ O	61,5
Phosphate mono potassique	PO ₄ H ₂ K	54,40
Hydrogénophosphate-di-potassium	PO ₄ K ₂ H, 3H ₂ O	34,23
Chlorure de manganèse	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	H ₃ BO ₃	2,861
Molybdate d'ammonium	MO ₇ O ₂₄ (NH ₄), 7H ₂ O	0,285
Complexe ferrique EDTA	(C ₁₀ H ₁₂ FeN ₂ NaO ₈)	0,050

2.3. Les solutions salines

Les plantes sont stressées à l'aide d'une solution saline (tableau 2) composée de NaCl+ CaCl₂ à 400 meq.l⁻¹ et 600 meq.l⁻¹ de solution nutritive et d'un apport d'eau de mer prélevée de la plage de Cap Djinet (W. TIZI OUZOU). La solution saline à base d'eau de mer diluée ou non diluée à la solution nutritive, est préparée comme suit :

- 50% eau de mer diluée à la solution nutritive.
- 100% eau de mer sans dilution à la solution nutritive.

Ces niveaux de salinité ont été choisis dans le but de comparer les travaux entrepris au laboratoire de physiologie végétale à l'université d'Oran.

La capacité d'échange de l'eau de mer après analyse, est de l'ordre de 46 dS m^{-1} . L'eau de mer est une référence en terme de salinité avec une CE (capacité d'échange) moyenne de 46 dS m^{-1} à 20°C et des concentrations de 500 mM de NaCl (ions dominants) (BEN AHMED et al, 1996; ORCUTT et NILSEN, 2000). Nous avons utilisé le CaCl_2 dans la solution saline, compte tenu du rôle physiologique que joue le calcium chez les végétaux, dans la régulation du métabolisme des plantes (KREIMER et al, 1988).

Tableau 2: Composition saline de NaCl et CaCl_2

Composants salins		400 meq. l^{-1}	600 meq. l^{-1}	Témoin
NaCl	mM.l^{-1}	400	600	Solution nutritive
	g.l^{-1}	23,4	35,1	Solution nutritive
CaCl_2	mM.l^{-1}	200	300	Solution nutritive
	g.l^{-1}	22,2	33,3	Solution nutritive

2.4. Application du stress salin

Le stress salin est appliqué sur les plantes âgées de 03 mois (après repiquage) à l'aide des différentes solutions (traitements) préparées. Le stress a duré une semaine, par contre les pots témoins ont été arrosés quotidiennement.

2.5. Techniques d'analyses

Durant cette expérimentation nous avons tenté d'évaluer le comportement des deux espèces *Atriplex halimus* et *Atriplex canescens* vis-à-vis de la salinité. Les paramètres retenus sont d'ordre physiologiques et morphologiques.

2.5.1. Paramètres physiologiques

2.5.1.1. Paramètres hydriques (teneur relative en eau et taux de transpiration)

Indispensable, l'eau est un constituant très important des végétaux, allant de 60% à 85% environ du poids frais des plantes (CRUISIAT, 1995). Elle a de multiples rôles: transporteur de nutriments, solvant, facteur de turgescence et de perméabilité cellulaire...etc.

Selon le même auteur, l'immense majorité des plantes cultivées peut dépérir assez rapidement si leur teneur en eau s'écarte de 20 à 30% de sa valeur optimale.

Les paramètres retenus se rapportent à la teneur relative en eau (T.R.E) ou R.W.C (Relative Water Content) et la perte d'eau par transpiration ou Rate Water loss (R.W.L), déterminée seulement après le septième jour de stress.

a. Mesure de la teneur relative en eau (TRE)

La teneur relative en eau est déterminée selon la méthode de BARRS et WEATHERLEY (1962), puis par SCIPPA *et al* (2004). Le limbe foliaire est coupé à sa base puis immédiatement pesé pour déterminer le poids frais (PF). L'extrémité est ensuite placée dans un tube à essai contenant de l'eau distillée puis maintenu à l'obscurité à 4°C pendant 12 heures. Les feuilles sont récupérées et essuyées délicatement avec un papier buvard et à nouveau pesées, c'est le poids en pleine turgescence (Ppt). Le poids sec (PS) est déterminé après passage des feuilles dans une étuve pendant 48 heures à 80°C.

La T.R.E est calculée selon la formule suivante:

$$\text{TRE (\%)} = \frac{(\text{PF} - \text{PS})}{(\text{Ppt} - \text{PS})} \times 100$$

PF: Poids Frais

PS: Poids Sec

Ppt: Poids en pleine turgescence

b. Mesure de la perte d'eau RWL (Rate Water Loss)

La perte d'eau par transpiration est évaluée selon la méthode de CLARKE et al (1989). La feuille est coupée à la base du limbe, la partie sectionnée est trempée immédiatement dans un tube à essai rempli d'eau distillée et placée à l'obscurité à une température de 4°C pendant 12 heures.

A la pleine turgescence, les feuilles sont essuyées et pesées, ce qui constitue le poids initial (Pi). Elles sont ensuite placées sur une pailleasse au laboratoire, à température ambiante.

Des pesées sont effectuées à trois temps différents : après 30, 60 et 120 mn, ce qui donne trois valeurs du RWL, soit RWL30, RWL60 et RWL120.

Afin d'évaluer l'intensité de la transpiration, il est indispensable de mesurer la surface foliaire (SF). Celle-ci est déterminée sur ces mêmes échantillons de feuilles (en cm²) sur papier calque. La transpiration résiduelle ou RWL est calculée comme suit:

$$RWL = (P_i - P_t) / (SF \times T)$$

RWL : perte d'eau par transpiration (mg.cm⁻².mn⁻¹).

Pi: Poids initial après douze heures (g).

Pt: Poids de la feuille (g) après 30 mn pour RWL1, après 60 mn pour RWL2 et après 120 mn pour RWL3.

SF: Surface Foliaire (cm²).

T : Temps (mn).

2.5.1.2. Mesure de la surface foliaire

La surface foliaire a été déterminée selon la méthode de PAUL *et al.*, (1979), qui consiste à placer l'échantillon de feuille sur du papier calque, puis pesé. D'autre part, on prend 1cm² du papier calque que l'on pèse, on en déduit la surface assimilatrice par la formule suivante:

$$S/P=S1/F \Rightarrow S1= S \times F / P$$

S1: Surface foliaire (cm²).

S: 1cm² du papier calque.

P: Poids de 1cm² du papier calque (g).

F: Poids de l'échantillon (g).

2.5.2. Teneur en chlorophylles

Les teneurs en chlorophylle A, chlorophylle B, et chlorophylle A+B des feuilles apicales et médianes sont déterminées selon la méthode de EKANAYAKE et ADELEK (1996).

Les feuilles sont prélevées et mises dans des sachets en papier Kraft de manière à les protéger de la lumière, puis conservées au réfrigérateur avant d'effectuer l'extraction.

100g de feuilles fraîches sont broyées dans un mortier, avec 80% d'acétone dilué à l'eau distillée (20%), additionnée de sable. La solution est ensuite filtrée à l'aide d'un papier filtre dans un Erlen Meyer, puis conservée dans des tubes couverts de papier aluminium.

Le dosage se fait par prélèvement de 3ml de la solution dans la cuve à spectrophotomètre de marque (WPA) et le passage à la lecture à des densités optiques respectives de 645 et 663 nm pour la chlorophylle A et la chlorophylle B (EKANAYAKE et ADELEK, 1996).

L'appareil est étalonné avec la solution témoin à base d'acétone à 80%. Les concentrations des différents pigments sont calculées selon les formules suivantes:

$$\text{Chl A} = (20,2 \times \text{DO } 645) \times (50/1000) \times (100/5) \times (1/\text{PF})$$

$$\text{Chl B} = (8,02 \times \text{DO } 663) \times (50/1000) \times (100/5) \times (1/\text{PF})$$

$$\text{Chl A+B} = (20,2 \times \text{DO } 645 + 8,02 \times \text{DO } 663) \times (50/1000) \times (100/5) \times (1/\text{PF})$$

DO: Densité Optique.

PF: Poids frais de l'échantillon.

La teneur en chlorophylle est exprimée en mg/ gPF.

1.3. Analyses statistiques

Des analyses statistiques basées sur des testes de comparaison des moyennes ont été appliquées aux différents paramètres physiologiques étudiés : turgescence, transpiration et teneur en chlorophylle, à l'aide du logiciel statistique R (2004).

Chapitre III

Résultats et discussions

CHAPITRE III : Résultats et discussion

1. variation de la teneur relative en eau (TRE)

1.1. Chez l'*Atriplex halimus*

Les résultats de la turgescence obtenus après 7 jours du stress chez *Atriplex halimus* sont représentés dans les figures n°1 et n°2:

a- Action de l'eau de mer

La figure n°1 représente l'effet de l'eau de mer sur la turgescence chez *Atriplex halimus*. Les résultats obtenus montrent que la teneur relative en eau des feuilles est importante lorsque celle-ci sont arrosées à l'eau de mer diluée de moitié (67,97%), puis diminue à 64,27% chez les plantes stressées à l'eau de mer pure. La TRE des plantes témoins est de l'ordre de 65,34%.

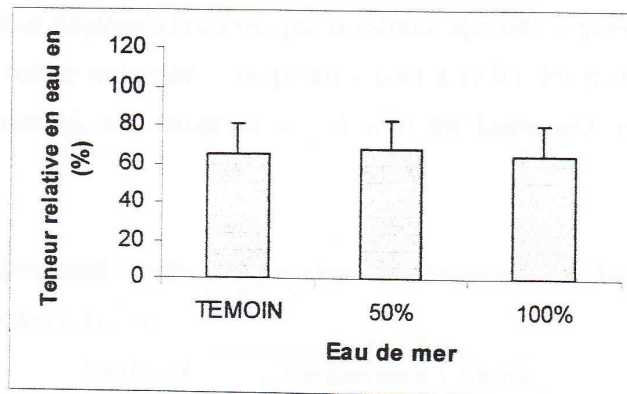


Figure 1 : Teneur relative en eau (TRE) des feuilles des plantes d'*Atriplex halimus* (âgées de 120 jours du semis) stressées à l'eau de mer

b- Action du NaCl +CaCl₂

La figure n°2 représente la teneur relative en eau d'*Atriplex halimus* stressé aux sels combinés, elle indique que la turgescence de feuilles est inversement proportionnelle à la concentration des sels combinés. En effet, à 400 meq, la teneur relative en eau est de 62,20%, alors qu'à 600 meq, elle est de 56,39%. En revanche, chez les feuilles des plantes témoins, cette teneur est égale à 65,35%.

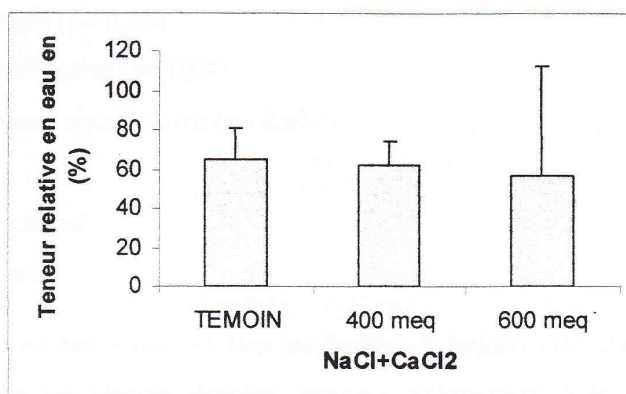


Figure 2 : Teneur relative en eau (TRE) des feuilles des plantes d'*Atriplex halimus* (âgées de 120 jours du semis) stressées aux sels combinés

Afin de tester la significativité des différences de turgescences chez *Atriplex halimus* nous avons effectué des tests de Kruskal-Wallis pour toutes les variables (tableau 3).

L'analyse statistique (tableau 3) montre que la salinité agit très significativement sur la turgescence, quelques soit le traitement, comparativement à celles des plantes témoins. Par contre, l'effet de la salinité, au traitement à 600 meq est hautement significatif sur la turgescence.

Tableau 3: Tests de Kruskal-Wallis comparaison de moyennes sur les variables de la turgescence d'*Atriplex halimus*.

Salinité	Turgescence	Codes
TRE 0	65,34±15,27	*
TRE 1	67,97±14,36	**
TRE 2	64,27±15,60	**
TRE 3	62,27±12,17	**
TRE 4	56,39±10,60	***

TRE 0 : Turgescence du témoin

TRE 1 : Turgescence à 50% eau de mer

TRE 2 : Turgescence à 100% eau de mer

TRE 3 : Turgescence à 400 meq de sels combinés

TRE 4 : Turgescence à 600 meq de sels combinés

* : Différence significative ($p < 0,05$)

** : Différence très significative ($p < 0,01$)

*** : Différence hautement significative ($p < 0,001$)

1.2. Chez *Atriplex canescens*

a- Action de l'eau de mer

La teneur relative en eau, analysée dans les feuilles d'*Atriplex canescens* (fig 3) montre qu'elle est élevée chez les plantes témoins, arrosées uniquement à la solution nutritive (66,25%). Les teneurs enregistrées chez les plantes stressées à 50% et à 100% d'eau de mer sont plus faibles, respectivement égales à 56,79% et 55,51%.

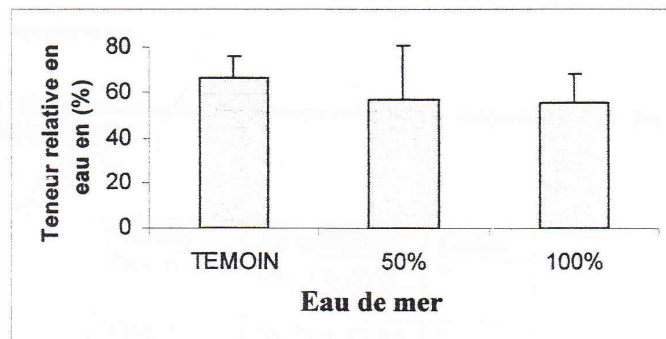


Figure 3: Teneur relative en eau (TRE) des feuilles des plantes d'*Atriplex canescens* (âgées de 120 jours du semis) stressées à l'eau de mer

b- Action du NaCl + CaCl₂

D'après la figure 4, qui représente l'effet des sels combinés sur *Atriplex canescens*, nous remarquons que les teneurs relatives en eau des plantes stressées aux sels combinés sont faibles par rapport au témoin (66,25%) et diminue au fur et à mesure que la concentration du milieu augmente. En effet, à 400 meq de sels, la TRE est de 49,23 % et à 600 meq, elle est de 45,48 %.

D'après les résultats obtenus, il semble que l'*Atriplex halimus* présente une tolérance à la salinité plus élevée que l'*Atriplex canescens*, étant donné le maintien de la turgescence plus important chez la première espèce et donc une meilleure régulation osmotique.

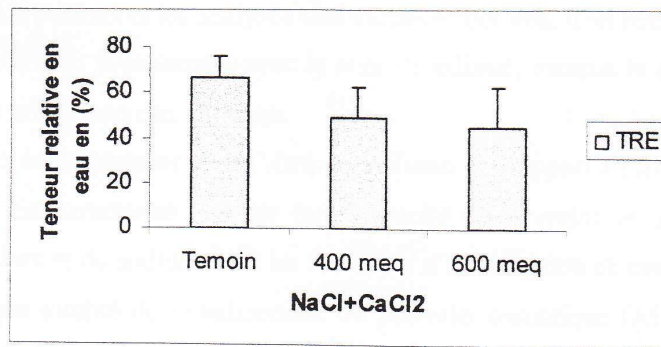


Figure 4: Teneur relative en eau (TRE) des feuilles des plantes d'*Atriplex canescens* (âgées de 120 jours du semis) stressées aux sels combinés

L'analyse statistique (Tableau 4) indique une différence significative de la turgescence par rapport à la salinité avec les différents traitements, sauf à 600 meq (TRE 4) où nous constatons une différence hautement significative.

Tableau 4: Tests de Kruskal-Wallis de comparaison de moyennes sur les variables de la turgescence d'*Atriplex canescens*

Salinité	Turgescence	Codes
TRE 0	66,24 ± 9,99	*
TRE 1	56,79 ± 23,94	*
TRE 2	55,51 ± 12,95	**
TRE 3	49,23 ± 13,13	**
TRE 4	45,48 ± 17,05	***

TRE 0 : Turgescence du témoin.

TRE 1 : Turgescence à 50% eau de mer.

TRE 2 : Turgescence à 100% eau de mer.

TRE 3 : Turgescence à 400 meq de sels combinés.

TRE 4 : Turgescence à 600 meq de sels combinés.

* : Différence significative ($p < 0,05$)

** : Différence très significative ($p < 0,01$)

*** : Différence hautement significative ($p < 0,001$)

A travers les résultats obtenus et les analyses statistiques effectuées, il en ressort que :

La turgescence varie inversement avec le taux de salinité, lorsque la salinité du milieu augmente, la teneur relative en eau diminue.

Cette variation est importante chez l'*Atriplex halimus* par rapport à l'*Atriplex canescens*. L'*Atriplex halimus* est caractérisé par une forte capacité d'absorption et une accumulation préférentielle du chlore et du sodium dans les feuilles. La contribution de ces ions peut rendre compte de la presque totalité de l'abaissement du potentiel osmotique (ALBOUCHI *et al.*, 2003).

La teneur relative d'eau dans les feuilles est un bon indicateur de l'état hydrique. Elle diminue légèrement chez les plantes stressées à la salinité. Cela se remarque particulièrement lorsque le végétal est soumis à 100% d'eau de mer et 600 meq de sels, qui semblent être un comportement de résistance au stress salin. En effet, les teneurs relatives en eau obtenues sont de 65,34%, 67,97%, 64,27%, 62,20%, et 56,39% pour *Atriplex halimus* et de 66,25%, 56,79%, 55,51%, 49,23% et 45,48% pour l'*Atriplex canescens*, représentant respectivement le témoin, l'eau de mer diluée, l'eau de mer non diluée et les sels combinés à 400 et 600 meq.

L'absorption d'eau est maintenue à un niveau suffisant pour éviter la déshydratation des tissus de la plante et pouvoir ainsi diluer les sels introduits dans les cellules.

Ces constatations sont confirmées par plusieurs travaux. En effet, le stress salin, induit des changements au niveau du statut hydrique de la plante (HASEGAWA *et al.*, 2000 ; FRICKE et PETERS, 2002), réduit le contenu relatif en eau des feuilles (ALBOUCHI *et al.*, 2003), diminue la transpiration (RENGASAMY, 2006) et l'absorption hydrique par les racines (SNOUSSI *et al.*, 2004). Ce fait a été établi chez des plantes de résistance différentes comme *Zygophyllum album* et *Atriplex verrucifera*.

Nos résultats peuvent aussi s'expliquer par le phénomène d'ajustement osmotique, caractérisé par la diminution du potentiel hydrique, permettant ainsi de maintenir les mouvements d'eau vers les feuilles et par conséquent leur turgescence (MORGAN, 1983 ; LUDLOW *et al.*, 1985 ; MONNEVEUX, 1989). En effet, lors d'un stress salin, il y'a l'accumulation au niveau cellulaire d'osmoprotecteurs qui sont des composés fortement solubles, neutres, incluant des métabolites secondaires tels que la glycine bêtaïne, des polyols tels que le mannitol, ou autres composés tels que les sucres. (LEVITT, 1980 ; YEO, 1983 ; YEO, 1998 ; HU, 2000 ; MANSOUR, 2000 ; CHEN et MURATA, 2002 ; GARG *et al.*, 2002).

2. Variation de la perte d'eau par transpiration (RWL) sous stress salin

Les mesures de transpiration sont effectuées après 30 mn, 60 mn et 120 mn d'exposition.

2.1. Chez *Atriplex halimus*

a- Action de l'eau de mer

D'après la figure 5 nous remarquons que la transpiration évolue avec l'augmentation de la concentration en sel, et diminue en fonction du temps, ainsi :

- A 30 mn, le RWL indique 32.10^{-5} mg eau/cm²/mn pour les plantes soumises uniquement à la solution nutritive est 44.10^{-5} mg eau/cm²/mn et 54.10^{-5} mg eau/cm²/mn respectivement pour les plantes traitées à 50% et à 100% d'eau de mer.

- Au bout de 60 mn, les résultats montrent que la transpiration diminue par rapport aux résultats précédents, ils sont respectivement de : 20.10^{-5} mg eau/cm²/mn, 26.10^{-5} mg eau/cm²/mn et 33.10^{-5} mg eau/cm²/mn pour les plantes témoins non traitées et pour celles traitées à l'eau de mer diluée à 50% et eau de mer non diluée à (100%).

- A la fin de l'expérience (120 mn), les valeurs enregistrées sont davantage plus faibles et sont de 13.10^{-5} mg eau/cm²/mn, 17.10^{-5} mg eau/cm²/mn et 20.10^{-5} mg eau/cm²/mn pour les traitements respectifs témoin, eau de mer diluée et eau de mer non diluée.

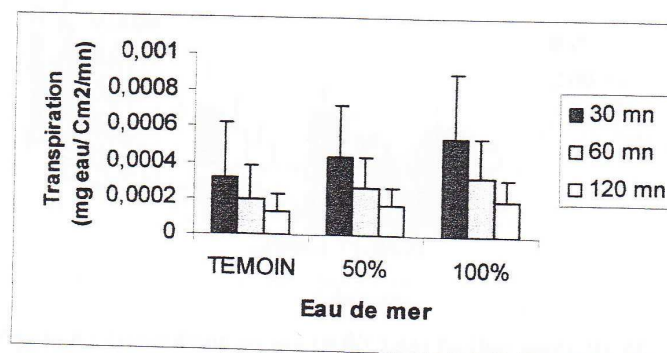


Figure 5 : Déperdition en eau (RWL) des feuilles après 30, 60 et 120 mn chez *Atriplex halimus* stressé à l'eau de mer

b- Action de NaCl +CaCl₂

Pour l'ensemble des traitements à base de NaCl +CaCl₂ à 400 et 600 meq, nous constatons également que la transpiration diminue en fonction du temps (Figure 6):

- Après 30 mn, la valeur moyenne de RWL obtenue pour les plantes traitées à la solution nutritive uniquement, est de 32.10^{-5} mg eau/cm²/mn. Chez les plantes stressées au sel sels combinés (NaCl +CaCl₂), à 400 et 600 meq, les valeurs respectives sont de 30.10^{-5} mg eau/cm²/mn, 23.10^{-5} mg eau/cm²/mn.

- Après 60 mn d'exposition, les valeurs moyennes indiquent les pertes en eau des plants non stressés sont de 20.10^{-5} mg eau/cm²/mn et celles des plants traités à 400 et 600 de NaCl +CaCl₂, indiquent respectivement 18.10^{-5} mg eau/cm²/mn et 14.10^{-5} mg eau/cm²/mn.

- Nous constatons par la suite une diminution de la transpiration après 120mn d'exposition, aussi bien pour les plants témoins que pour ceux stressés au NaCl +CaCl₂ à 400 meq, les valeurs moyennes enregistrées sont respectivement de 13.10^{-5} mg eau/cm²/mn et 13.10^{-5} mg eau/cm²/mn. Quant aux plantes arrosées à 600 meq de sel, le RWL est de 9.10^{-5} mg eau/cm²/mn.

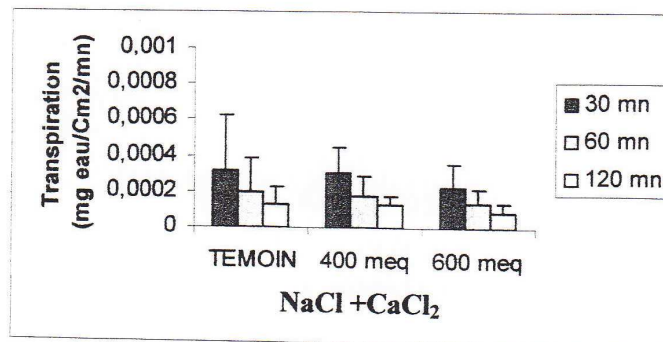


Figure 6 : Déperdition en eau (RWL) des feuilles après 30, 60 et 120 mn chez *Atriplex halimus* stressé aux sels combinés

Afin de tester la signification des différences de l'effet de la salinité sur la transpiration de l'*Atriplex halimus* par rapport aux différents temps, nous avons effectué des tests de Kruskal-Wallis (Tableau 5).

Ces tests montrent que la transpiration chez *Atriplex halimus*, est hautement significative pour les traitements à 400 meq (RWL 3) et 600 meq (RWL 4) par rapport aux autres traitements.

Tableau 5: Tests de Kruskal-Wallis de comparaison des moyennes sur les variables de la transpiration d'*Atriplex halimus*

Salinité	Transpiration à 30 mn	Transpiration à 60 mn	Transpiration à 120 mn	Codes
RWL 0	0,00032 ± 0,00029	0,00020 ± 0,00018	0,00013 ± 0,00010	*
RWL 1	0,00043 ± 0,00028	0,00026 ± 0,00017	0,00016 ± 0,00010	**
RWL 2	0,00053 ± 0,00035	0,00032 ± 0,00021	0,00020 ± 0,00011	*
RWL 3	0,00030 ± 0,00014	0,00018 ± 0,00010	0,00012 ± 0,00005	***
RWL 4	0,00022 ± 0,00012	0,00013 ± 0,00008	0,00009 ± 0,00005	***

RWL 0 : Transpiration du témoin.

RWL 1 : Transpiration à 50% eau de mer.

RWL 2 : Transpiration à 100% eau de mer.

RWL 3 : Transpiration à 400 meq de sels combinés.

RWL 4 : Transpiration à 600 meq de sels combinés.

* : Différence significative ($p < 0,05$)

** : Différence très significative ($p < 0,01$)

*** : Différence hautement significative ($p < 0,001$)

2.2. Chez *Atriplex canescens*

a- Action de l'eau de mer

La figure 7 représente l'évolution de la perte en eau par la feuille chez *Atriplex canescens*. Elle indique une diminution de la transpiration au cours du temps et en fonction de la salinité:

- A 30 mn, les quantités perdues d'eau par les plantes soumises uniquement à la solution nutritive sont de l'ordre de 17.10^{-5} mg eau/cm²/mn puis augmentent à 26.10^{-5} mg eau/cm²/mn et 22.10^{-5} mg eau/cm²/mn pour les plantes traitées à l'eau de mer dilué à 50% et non dilué (100%).

- A 60 mn, les résultats obtenus montrent également une diminution par rapport aux résultats précédents. Ils sont respectivement de 11.10^{-5} mg eau/cm²/mn, 16.10^{-5} mg eau/cm²/mn et 14.10^{-5} mg eau/cm²/mn pour les plantes témoins, celles stressées à l'eau de mer diluée à 50% et à l'eau de mer non diluée.

- A la fin de l'expérience (120 mn), les valeurs de la RWL s'atténuent par rapport à celles enregistrées précédentes après (30 et 60 mn). On relève 5.10^{-5} mg eau/cm²/mn, 10.10^{-5}

$5 \cdot 10^{-5}$ mg eau/cm²/mn et $9 \cdot 10^{-5}$ mg pour les traitements respectifs : témoins, plantes stressées à l'eau de mer diluée à 50% et celles traitées à l'eau de mer non diluée.

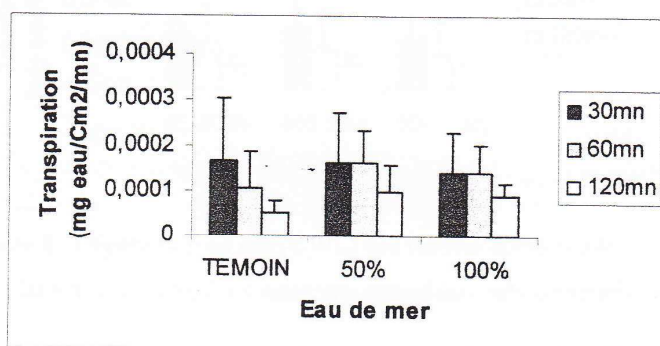


Figure 7 : Déperdition en eau (RWL) des feuilles après 30, 60 et 120 mn chez *Atriplex Canescens* stressé à l'eau de mer

b- Action du NaCl +CaCl₂

Les résultats enregistrés (figure 8), montrent que les plantes réagissent en diminuant leur déperdition en eau, lorsque la concentration saline augmente et au cours de temps, ainsi:

- A 30mn, les pertes en eau par les feuilles sont respectivement égales à $17 \cdot 10^{-5}$ mg eau/cm²/mn, $13 \cdot 10^{-5}$ mg eau/cm²/mn et $11 \cdot 10^{-5}$ mg eau/cm²/mn pour les plantes témoins, celles stressés à 400 meq et 600 meq de NaCl +CaCl₂.

- A 60 mn, les résultats montrent que la transpiration régresse par rapport aux résultats précédents. Les valeurs respectives sont de l'ordre de $11 \cdot 10^{-5}$ mg eau/cm²/mn, $9 \cdot 10^{-5}$ mg eau/cm²/mn et $7 \cdot 10^{-5}$ mg eau/cm²/mn pour les traitements aux sels combinés et pour les feuilles témoins.

- A 120 mn, les pertes en eau deviennent plus intenses par rapport à celles enregistrés après 30 et 60 mn. Cependant, les plantes non stressées et celles traitées à 400 meq montrent un même comportement. En effet, les pertes en eau sont de $5 \cdot 10^{-5}$ mg eau/cm²/mn, ces valeurs diminuent chez les plantes stressés à 600 meq, pour atteindre $4 \cdot 10^{-5}$ mg eau/cm²/mn

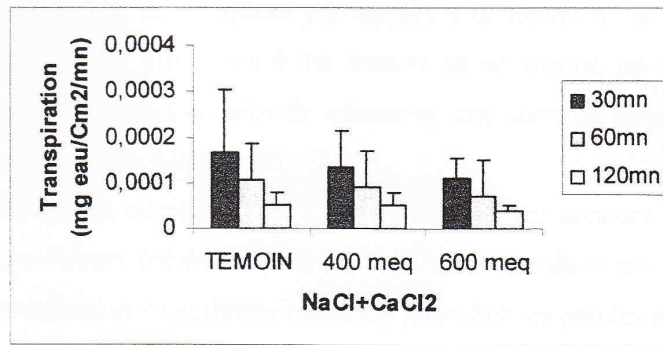


Figure 8 : Déperdition en eau (RWL) des feuilles après 30,60 et 120 mn chez *Atriplex Canescens* stressé aux sels combinés.

L'analyse statistique (Tableau 6) montre que la salinité influe de manière significative sur la transpiration, avec les traitements à 400 et 600 meq par rapport aux autres traitements.

Tableau 6 : Tests de Kruskal-Wallis de comparaison des moyennes sur les variables de la transpiration d'*Atriplex canescens*

Salinité	Transpiration à 30 mn	Transpiration à 60 mn	Transpiration à 120 mn	Codes
RWL 0	0,00016 ± 0,00013	0,00010 ± 0,00008	0,00005 ± 0,00003	**
RWL 1	0,00016 ± 0,00011	0,00016 ± 0,00007	0,00010 ± 0,00006	*
RWL 2	0,00014 ± 0,00009	0,00014 ± 0,00006	0,00009 ± 0,00003	**
RWL 3	0,00013 ± 0,00008	0,00009 ± 0,00008	0,00005 ± 0,00003	***
RWL 4	0,00011 ± 0,00004	0,00007 ± 0,00008	0,00004 ± 0,00001	***

RWL 0 : Transpiration du témoin.

RWL 1 : Transpiration à 50% eau de mer.

RWL 2 : Transpiration à 100% eau de mer.

RWL 3 : Transpiration à 400 meq de sels combinés.

RWL 4 : Transpiration à 600 meq de sels combinés.

* : Différence significative (p< 0,05)

** : Différence très significative (p< 0,01)

*** : Différence hautement significative (p< 0,001)

Le comportement des deux espèces par rapport à la transpiration, en fonction de la salinité semble identique. En effet, face à des teneurs en sel élevés, les pertes en eau des feuilles diminuent considérablement afin de conserver une certaine turgescence cellulaire permettant une bonne tolérance à la salinité.

D'après ces résultats, on note d'importantes variations des données, enregistrées chez les deux espèces. Les valeurs obtenues montrent que l'influence du stress salin à travers les pertes en eau par transpiration s'expriment beaucoup plus chez les plantes d'*Atriplex halimus* qu'*Atriplex canescens*.

plusieurs travaux ont montré que lorsque la salinité augmente la transpiration, la surface foliaire et la densité stomatique diminue.

La transpiration varie en fonction de la surface foliaire, par relation de proportionnalité. AUGÉ *et al* (1986) indiquent que les concentrations élevées de NaCl réduisent fortement la surface foliaire et augmentent la succulence des feuilles et la densité stomatique. De même, CHRETIEN (1992) précise que, le sel induit à une augmentation de l'épaisseur des feuilles et de la taille des cellules palissadiques chez les halophytes et une réduction de la densité stomatique. On en déduit donc que les feuilles d'*Atriplex* ferment généralement leurs stomates lorsque le stress salin s'intensifie, pour minimiser les pertes en eau. Le maintien d'une certaine quantité d'eau intracellulaire permet également de diluer les sels introduits, ce qui explique l'impossibilité d'observer les stomates au microscope optique. ABOUSSOUANE et PLANCHAN (1985), MONNEVEUX et NEMMAR (1986) pensent que cette résistance stomatique se manifeste par une présence de nombreux stomates de petites tailles et à fermeture rapide.

NOGEIRA *et al* (2004) notent que, les plantes soumises à un stress salin ferment leurs stomates plus tôt que les plantes en conditions normales, cela augmente la résistance stomatique du fait de la diminution de l'absorption hydrique. En outre, SNYDER *et al* (2003), NILSON *et al* (2007) ont établi la relation entre la transpiration et la résistance stomatique chez *Arabidopsis thaliana*, par l'augmentation de cette résistance lors du stress salin, afin de minimiser les pertes d'eau. Selon HOPKINS (2003) et HELLER *et al* (2004), la transpiration devient plus importante dans le cas des feuilles à cuticule mince.

D'après nos résultats, la transpiration chez *Atriplex halimus* est plus importante que chez *Atriplex canescens*, ceci s'explique par la taille des feuilles (photos 1 et 2) et donc une surface foliaire plus importante chez la première espèce par rapport à la seconde.



Photo 1 : Feuillage d'*Atriplex halimus*

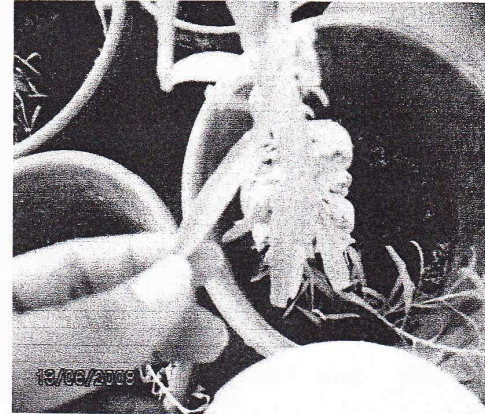


photo 2 : Feuillage d'*Atriplex canescens*

Nous avons constaté également que la transpiration varie en fonction du taux de salinité, elle diminue en cas d'un excès de sel du milieu. A cet effet, AJMAL KHAN (2000) a démontré que l'accroissement de la salinité aboutit à une baisse de la RWL et cause des changements biochimiques grâce à l'ajustement osmotique. KARIMI *et al* (2007) signalent que la transpiration chez *Atriplex verrucifera* chute au bout de trois semaines de traitement salin et parallèlement, il y'a accumulation de sucres. A cet effet, CORTES et SINCLAIR (1987) enregistrent une augmentation de sucres solubles chez plusieurs espèces exposées au stress salin. Par contre, d'autres travaux rapportent que la transpiration augmente lors d'un stress salin. En effet, SLAMA *et al* (2007) signalent une augmentation de la transpiration lors d'un stress salin chez une halophyte *Sesuvium portulacastrum*.

Durant l'expérimentation, nous avons remarqué un épaissement de feuillage des plantes, qui pourrait être expliqué par des condensations possibles de sel dans les parois cellulaires. Nous avons également observé sur la surface foliaire, la présence de cristaux de sel ; ce phénomène a été signalé par BIRANE en 1994. De même, AYADI *et al* (1980) montrent que le sodium absorbé par les racines, emprunte les vaisseaux du xylème et migre vers les vacuoles des cellules foliaires pour s'y accumuler. Selon WINICOV(1998) dans le cas d'une présence excessive de sodium, ce dernier sera utilisé à la place du potassium dans le fonctionnement des stomates.

3. variation de la teneur en chlorophylle

3.1. *Atriplex halimus*

Les résultats de la teneur en chlorophylle (A), (B) et en chlorophylle totale (A+B) des feuilles sont rapportés dans les figures n°9 et n°10.

a- Action de l'eau de mer

- Nous constatons d'une manière générale les teneurs en chlorophylle (A) enregistrées varient peu. En effet, ces teneurs sont de 0,28 mg/gPF pour les plantes témoins et pour celles stressées à l'eau de mer pure (100%). Elles augmentent légèrement (0,30 mg/gPF) chez les feuilles traitées à 50% d'eau de mer.

- Concernant les teneurs en chlorophylle (B), celle-ci également sont presque identiques, et sont de 0,14 mg/gPF, 0,17 mg/gPF et 0,16 mg/gPF respectivement pour les plantes témoins, celles stressées à l'eau de mer à 50% et à 100%. Une légère élévation (0,17 mg/gPF) est enregistrée au niveau des plantes stressées à 50% d'eau de mer.

- La chlorophylle totale (A+B) marque des valeurs plus importante par apport aux chlorophylles (A) et (B) et sont de 0,42 mg/gPF, 0,48 mg/gPF et 0,44 mg/gPF pour les traitements respectifs Témoin, eau de mer dilué à 50% et eau de mer non diluée (100%). Ces valeurs sont néanmoins assez proche, avec toutefois une augmentation un peu plus marquée chez les plantes traitées à 50% d'eau de mer.

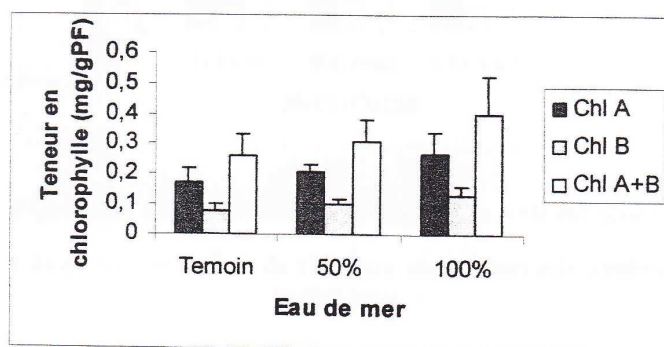


Figure 9 : Teneurs en chlorophylles A, B et A+B des plants d'*Atriplex halimus* âgés de 120 jours, stressés à l'eau de mer

b- Action du NaCl +CaCl₂

- Il ressort d'après la figure n°10 que la teneur en chlorophylle A est importante chez les plantes témoins. Elle est de 0,28 mg/gPF et représente environs le double de celles enregistrés chez les plantes stressées à 600 meq de sel (0,16 mg/gPF) et une fois plus, chez celles stressées à 400 meq (0,21 mg/gPF).

Les teneurs en chlorophylle B présentent des valeurs à peu près identiques, aussi bien chez les plants témoins (0,14 mg/gPF) que ceux traités à 400 meq de sel (0,16 mg/gPF). Ces valeurs diminuent à (0,12 mg/gPF) chez les plantes stressées à 600 meq de sel.

- Concernant la teneur en chlorophylle A+B, les résultats montrent que celle-ci est importante au niveau des plantes témoins (0,42 mg/gPF), puis diminue progressivement à 0,37 mg/gPF pour 400 meq de sel pour atteindre 0,29 mg/gPF meq de sel.

Il est a noter que les teneurs en chlorophylle A sont plus importantes que celles de la chlorophylle B. D'autre part, la teneur en chlorophylle totale est très importante par apport aux teneurs en chlorophylle A et en chlorophylle B, aussi bien pour les témoins que pour les plantes stressées aux différents traitements.

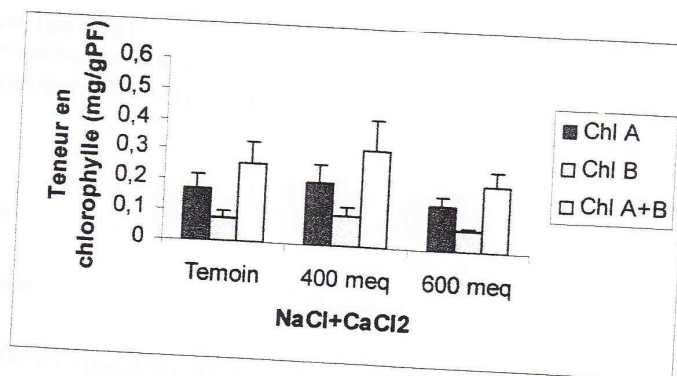


Figure 10 : Teneurs en chlorophylles A, B et A+B des plants d'*Atriplex halimus* âgés de 120 jours, stressés aux sels combinés

Les tests de Kruskal-Wallis (Tableau 7) montrent que l'effet de la salinité sur la teneur en chlorophylle chez *Atriplex halimus*, est hautement significatif pour le traitement à 600 meq par rapport aux autres traitements.

Tableau 7 : Tests de Kruskal-Wallis de comparaison des moyennes sur les variables de la chlorophylle d'*Atriplex halimus*.

Salinité	Chl A	Chl B	Chl A+B	Codes
Chl 0	0,28 ± 0,23	0,14 ± 0,14	0,42 ± 0,37	*
Chl 1	0,30 ± 0,22	0,17 ± 0,14	0,48 ± 0,37	*
Chl 2	0,28 ± 0,24	0,16 ± 0,16	0,44 ± 0,40	**
Chl 3	0,21 ± 0,21	0,16 ± 0,15	0,37 ± 0,37	**
Chl 4	0,16 ± 0,25	0,12 ± 0,16	N.E	***

Chl 0 : Chlorophylle du témoin.

Chl 1 : Chlorophylle à 50% d'eau de mer.

Chl 2 : Chlorophylle à 100% de eau de mer.

Chl 3 : Chlorophylle à 400% de sels combinés.

Chl 4 : Chlorophylle à 600% de sels combinés.

* : Différence significative ($p < 0,05$)

** : Différence très significative ($p < 0,01$)

*** : Différence hautement significative ($p < 0,001$)

N.E : Non effectué

3.2. *Atriplex canescens*

a- Action de l'eau de mer

Les résultats des teneurs en chlorophylle A, B et A+B sont représentés dans la figure 11:

- La teneur en chlorophylle A, montre une augmentation chez les plantes arrosées à l'eau de mer, diluée à 50% et à 100% par rapport aux plantes arrosées à la solution nutritive (témoins) qui sont respectivement 0,27 mg/gPF, 0,21 mg/gPF et 0,17 mg/gPF.

- En outre, pour la chlorophylle B, les teneurs enregistrées sont importante aussi bien chez les plantes traitées à 100% d'eau de mer (0,13 mg/gPF) que celles stressées à 50% (0,10 mg/gPF). Par contre, les plantes témoins enregistrent des teneurs plus faibles (0,08 mg/gPF).

- Concernant les teneurs en chlorophylle totale A+B, elles augmentent en allant des plantes stressées à 50% (0,21 mg/gPF), donc le moins concentré vers le milieu le plus concentré à 100% d'eau de mer (0,40 mg/gPF). En revanche, les plantes témoins enregistrent des teneurs plus faibles (0,26 mg/gPF).

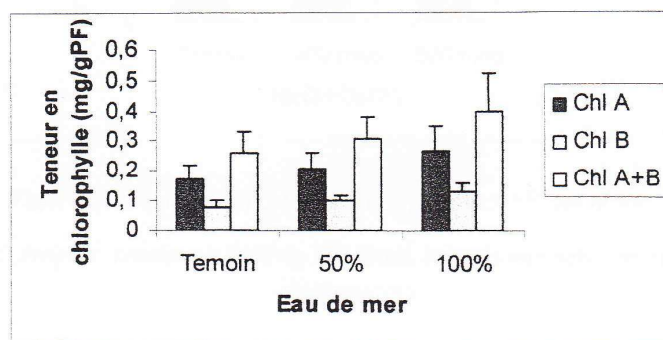


Figure 11 : Teneurs en chlorophylles A, B et A+B des plants d'*Atriplex canescens* âgés de 120 jours, stressés à l'eau de mer

b- Action de NaCl +CaCl₂

La figure 12, indique les teneurs en chlorophylles A, B et A+B des plantes d'*Atriplex canescens* stressées à base de sels combinés NaCl +CaCl₂

- La chlorophylle A, chez les plantes traitées à 400 meq de sel, enregistre une valeur maximale de 0,21 mg/gPF par rapport aux plantes témoins (0,17 mg/gPF), puis une régression du taux de chlorophylle chez les plantes traitées à base de NaCl +CaCl₂ à 600 meq (0,15 mg/gPF).

- Par contre, la chlorophylle B marque une diminution par rapport à la chlorophylle A, où l'on note 0,08, 0,10 et 0,07 mg/gPF pour les traitements respectifs : témoin, 400 meq et 600 meq.

- Contrairement à la chlorophylle B, la chlorophylle A+B enregistre une augmentation, dont les valeurs respectives sont: 0,26, 0,32 et 0,22 mg/gPF pour les plantes témoins, et celles traitées à 400 et 600 meq.

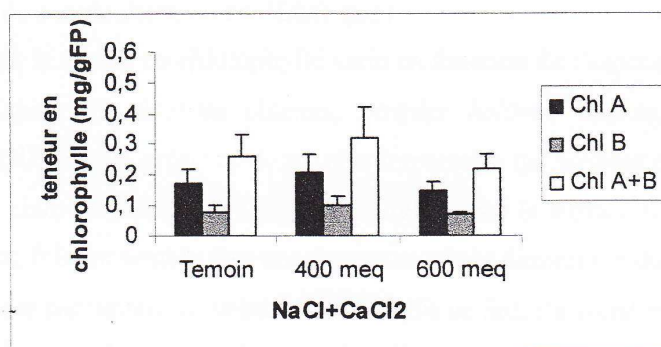


Figure 12 : Teneurs en chlorophylles A, B et A+B des plants d'*Atriplex canescens* âgés de 120 jours, stressés aux sels combinés

L'analyse statistique (Tableau 8) montre que l'influence de la salinité est hautement significative sur le taux de la chlorophylle à 600 meq par rapport aux autres traitements (différence significative).

Tableau 8 : Tests de Kruskal-Wallis de comparaison des moyennes sur les variables de la chlorophylle d'*Atriplex canescens*

Salinité	Chl A	Chl B	Chl A+B	Codes
Chl 0	0,17 ± 0,05	0,08 ± 0,02	0,26 ± 0,07	*
Chl 1	0,21 ± 0,05	0,10 ± 0,02	0,31 ± 0,07	**
Chl 2	0,27 ± 0,08	0,13 ± 0,03	0,40 ± 0,12	*
Chl 3	0,21 ± 0,06	0,10 ± 0,03	0,32 ± 0,10	**
Chl 4	0,15 ± 0,03	0,07 ± 0,01	N.E	***

Chl 1 : Chlorophylle à 50% d'eau de mer.

Chl 2 : Chlorophylle à 100% de eau de mer.

Chl 3 : Chlorophylle à 400% de sels combinés.

Chl 4 : Chlorophylle à 600% de sels combinés.

* : Différence significative ($p < 0,05$)

** : Différence très significative ($p < 0,01$)

*** : Différence hautement significative ($p < 0,001$)

N.E : Non effectué

A partir de l'analyse de ces résultats, on en déduit que :

L'effet du sel sur la teneur en chlorophylle varie en fonction de l'espèce. En effet, nous remarquons que, d'après les résultats obtenus, *Atriplex halimus* semble maintenir une biosynthèse chlorophyllienne en présence de sel plus importante qu'*Atriplex canescens*. Cette variation du taux de chlorophylle est entièrement corrélée avec la surface foliaire. Ainsi, la réduction de la surface foliaire semble être une des causes de la diminution de la chlorophylle chez *Atriplex canescens* par rapport à *Atriplex halimus*. De ce fait, l'activité photosynthétique est également dépendante de la surface foliaire. 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. De même, PEZESHKI *et al* (1986) montrent que la salinité entraîne une importante diminution de la conductance stomatique ainsi qu'une diminution de la photosynthèse nette chez les feuilles, aussi bien jeunes qu'âgées. 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). Ceci suppose l'existence de différence de densité stomatique entre les différentes feuilles des plantes. Aussi, WINICOV (1998) précise que l'assimilation de carbone par la plante serait affectée par la salinité.

Selon nos résultats, la salinité entraîne une diminution de la teneur en chlorophylle (A+B), suivie par la chlorophylle (A) puis la chlorophylle (B) quelque soit le type de stress. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par YOUNIS *et al* (2003) sur *Vigna sinensis* et *Zea mays*. Il a été rapporté que la salinité diminue la teneur en pigments photosynthétiques de plusieurs plantes (DE HERRALDE *et al.*, 1998 ; SULTANA *et al.*, 1999).

Les données de DOWNTON *et al.* (1985) montrent que la capacité photosynthétique du chloroplaste de certaines cultures telles que l'épinard, est maintenue quand cette dernière est stressée à 200 Mm de NaCl, alors que la conductance stomatique et la chlorophylle sont diminuées.

De même, GOLDSCHMIDT et POLJAKOFF MAYBER (1968) in BAJJI *et al.* (1997) ont observé une réduction significative de la croissance des plantes d'*Atriplex* au-delà de 300 mM (17,64 g/l) de NaCl, avec d'importants dommages au niveau des structures des chloroplastes et autres organites cellulaires.

ZID et BOUKHRIS (1977) ont observé au-delà de 25 g/l de NaCl, un léger jaunissement, accompagné d'une chute des feuilles les plus basses (indice de proximité de la zone de toxicité). Chez les plantes cultivées en milieu salin, LEVIGNERON *et al* (1995) ont montré une réduction de la photosynthèse.

Par ailleurs, DELFINE *et al* (1999) n'ont pas noté de changements significatifs dans le chloroplaste, chez les épinards exposés au stress salin à 30 g/l de NaCl pendant 20 jours.

La diminution des teneurs en chlorophylle sous l'effet d'un stress salin est peut être due à une diminution de l'azote au niveau des pigments chlorophylliens. En effet, ZID et BOUKHRIS (1977), ont remarqué une diminution de l'assimilation de l'azote au niveau des feuilles, suite à l'augmentation de sel. La chlorophylle étant un tétra pyrole substitué; les quatre atomes d'azote des pyroles sont liés par coordinance à l'atome de magnésium (figure n°13). La chlorophylle se trouve à l'intérieur de la membrane thylacoïdale des chloroplastes qui contiennent leur propre ADN et ARN, et d'autres protéines codées par l'ADN nucléaire.

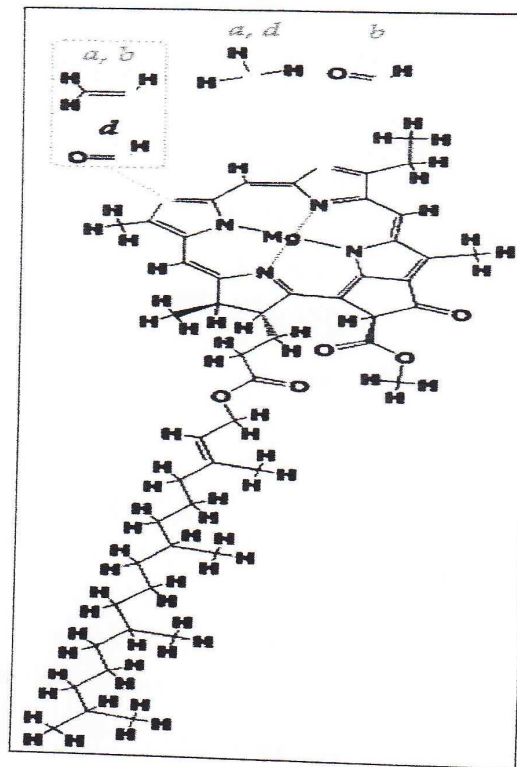


Figure 13 : Structure chimique de la chlorophylle.

(HELLER *et al.*, 2004)

ALBERT et THORNER (1977) et BHARDWAJ et SINGHAL (1981) montrent que cette réduction en chlorophylle est concomitante d'une diminution de la teneur des protéines thylacoïdales, associées aux chlorophylle A et B. Ces auteurs considèrent que la réduction de la teneur en pigments chlorophylliens est peut être due soit à une diminution de la synthèse de ces protéines, soit à une activation de leur dégradation.

L'augmentation de sel induit une réduction de l'absorption de certains éléments nutritifs, comme l'azote, qui favorise la végétation (AUGE *et al.*, 1986). De même, BINET (1982) et BAJJI *et al* (1997), notent que l'augmentation de NaCl dans le milieu, induit une diminution des teneurs en NO_3^- et en acides aminés et à leur absorption par les végétaux.

De ce fait, nous pouvons dire que la diminution de la teneur en chlorophylle lors d'un stress salin est probablement due à la diminution de l'absorption de l'azote, probablement bloqué par le sel.

CONCLUSION

The first part of the report deals with the general situation of the country and the second part with the specific situation of the region.

The first part of the report deals with the general situation of the country and the second part with the specific situation of the region.

The first part of the report deals with the general situation of the country and the second part with the specific situation of the region.

Conclusion

The first part of the report deals with the general situation of the country and the second part with the specific situation of the region.

The first part of the report deals with the general situation of the country and the second part with the specific situation of the region.

The first part of the report deals with the general situation of the country and the second part with the specific situation of the region.

The first part of the report deals with the general situation of the country and the second part with the specific situation of the region.

The first part of the report deals with the general situation of the country and the second part with the specific situation of the region.

CONCLUSION

A travers le présent travail, nous avons étudié l'effet de différents niveaux de salinité sur quelques paramètres physiologiques chez deux espèces d'*Atriplex* : *Atriplex halimus* et *Atriplex canescens*, soumises à différentes concentrations salines.

Nous avons dans un premier temps constaté que plus le stress salin s'intensifie et plus la teneur relative en eau (TRE ou RWC) chute. Des remaniements osmotiques sont possibles suite à une augmentation des teneurs en sel, ce qui est indiqué par l'existence de corrélations significatives entre les sels et la teneur relative en eau, exprimée par une diminution de la TRE et une augmentation des concentrations salines.

Le maintien de la turgescence est plus important chez *Atriplex halimus* qu'*Atriplex canescens*. En effet, nous assistons à une stimulation de la turgescence chez le témoin (solution nutritive), mais à partir de la concentration à 50% d'eau de mer, nous avons remarqué une diminution progressive de la turgescence chez *Atriplex halimus*. Par contre chez *Atriplex canescens* nous observons une diminution brutale. Concernant les traitements à base de sels combinés ($\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$) à 400 et 600 meq, la turgescence diminue chez les deux espèces.

Pour le paramètre transpiration, nous assistons également à une diminution de la quantité d'eau évaporée, lorsque la salinité augmente; la surface foliaire subir également une régression, due au traitement salin.

A partir des valeurs obtenues, la transpiration (RWL) varie en fonction de la surface foliaire ; celle-ci étant supérieure chez *Atriplex halimus*, ce qui conduit à une transpiration plus importante enregistrée chez cette espèce.

Nous remarquons aussi que la transpiration chez *Atriplex halimus* est stimulée à partir du traitement avec la solution nutritive (témoin), mais à partir de 100% d'eau de mer, la transpiration diminue. En revanche, chez *Atriplex canescens*, on assiste à une régression de la transpiration à partir du traitement avec l'eau de mer non diluée à 50%. En outre, les traitements à base de sels combinés $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ à 400 et 600 meq, provoquent une diminution brutale de la transpiration.

La transpiration varie en fonction du temps. Ainsi, nous avons enregistré une valeur importante de la transpiration à 30 mn, suivie d'une diminution progressive de la transpiration, à 60 et 120 mn.

Les résultats ont également montré au niveau foliaire que les traitements salins à fortes ou moyennes concentrations, sont capables d'induire des changements au niveau structural. Ceci indique que les deux espèces d'*Atriplex* réagissent au stress salin par des mécanismes d'adaptation 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 démontré que, les plantes soumises à un stress salin ferment leurs stomates plus tôt que les plantes en conditions normales, cela augmente la résistance stomatique du fait de la diminution de l'absorption hydrique. En effet, le stress salin induit des changements au niveau du statut hydrique de la plante (HASEGAWA et al., 2000 ; FRICKE et PETERS, 2002), par la réduction du contenu relatif en eau des feuilles (ALBOUCHI et al., 2003) , il diminue la transpiration (RENGASAMY, 2006)

Concernant la chlorophylle, nous avons mis en évidence l'influence de la salinité sur la teneur en ce pigment. En effet, lorsque la salinité augmente le taux de chlorophylle diminue.

L'effet de la salinité sur la teneur en chlorophylle chez *Atriplex halimus* est beaucoup plus marqué que chez *Atriplex canescens*.

La teneur en chlorophylle chez *Atriplex halimus* est importante. La chlorophylle A+B enregistre des valeurs plus élevées que celles des chlorophylles A et B. La chlorophylle B marque une valeur faible chez les deux espèces.

Nous remarquons aussi que la chlorophylle chez *Atriplex halimus* est stimulée à partir du traitement à la solution nutritive (témoin), mais à partir de 50% d'eau de mer diluée nous enregistrons une diminution de la teneur chlorophyllienne. En revanche, chez *Atriplex canescens* nous assistons à une diminution de teneur de la chlorophylle à partir du traitement avec l'eau de mer non diluée à 100%. En outre, les traitements à base de sels combinés NaCl+CaCl₂ à 400 et 600 meq, nous distinguons une diminution du taux chlorophyllien.

Les résultats ont montré également que quelque soit le paramètre étudié (turgescence, transpiration, surface foliaire, et taux de chlorophylle), la solution nutritive stimule ces paramètres, mais dès que la concentration dépasse 50% et /ou 100% d'eau de mer chez les deux espèces, on note une diminution de ces paramètres et le sel devient nocif.

Nous distinguons aussi que quelque soit le paramètre étudié (turgescence, transpiration ou teneur en chlorophylle) les valeurs sont plus importantes chez *Atriplex halimus* par rapport à *Atriplex canescens*.

Les résultats ont montré encore qu'il y'a une relation étroite entre ces paramètres. Ainsi, lorsque l'on assiste à une réduction de la teneur relative en eau (RWC) la perte en eau (RWL), diminue progressivement.

A l'issu de ce travail, nous pouvons conclure que l'effet de différentes concentrations salines sur le comportement physiologique d'*Atriplex halimus* et *Atriplex canescens* sont soumises à différentes concentrations salines, nous 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.

- ABDELLY C., 2004** – Effet du déficit hydrique sur la croissance et l'accumulation de la proline chez *Sesuvium portulacastrum*. Revue des régions Arides, Tome 1, No. Spécial : 234-241.
- ABOUSSOUANE C., et PLANCHAN C., 1985** – la réponse de la photosynthèse de deux variétés de blé à un déficit hydrique foliaire. Edit. Agron, Vol. 5(7) pp639-644.
- ADJAB M., 2002** - Recherche des traits morphologiques, physiologiques et biochimiques d'adaptation au déficit hydrique chez différents génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) Mémoire de magister faculté des sciences, université Badji Mokhtar Annaba, 84 p
- AJMAL KHAN M., 2000** –Effets of salinity on growth, water relation and Ion accumulation of the subtropical perenniel halophyte, *Atriplex griffithii var stocksii*. Annals of Botany U.S.A. Vol 85. pp : 225-232.
- ALARCON J.J., SANCHEZ-BLANCO MJ., BOLARIN MJ., et TORRECILLAS., 1999** - Growth and osmotic adjustment of two tomato cultivars during and after saline stress. Plant Soill 66 : 75-82.
- ALBERT, THORNBUR, 1977** – Water Stress Eeffect on the content and organization of chlorophyll in Mesophyll and Bundle Sheath Chloroplasts of Maize. Edit. Plant Physiol.Vol.(3), pp351-353.
- ALBOUCHI A., SEBEIS H., MEZNI MY., et EL AOUNI MH., 2000** – Influence de la durée d'une alimentation hydrique déficiente sur la production de biomasse, la surface transpirante et la densité stomatique d'*Acacia cyanophylla* Lindl. Edit. *Annales de l'INRGREF*, Vol. 4, pp138-161.
- ALBOUCHI A., BEJAOUI Z., et HEDI EL AOUNI M., 2003** – Influence d'un stress hydrique modéré ou sévère sue la croissance de jeunes plants de *Casuarina glauca* Sieb. Edit. Science et changements planétaires. Sécheresse. Vol. 14, (3), pp137-142.
- ALLEN R., 1995** -Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. *Plant Physiol.*, 107: 1049-1054.
- AL NIEMI., 1992**- Observation sur une méthode de dosage de la proline libre dans les extraits de la Cons.B.D.T57 pp 1851-1854.

- AYADI A., MONNIERA A., DEMARTY M. et THELLIER M., 1980 – Echanges ioniques cellulaires : Cas des plantes en milieu salé. Rôle particulier des parois cellulaires. Physiologie végétale, Volume 18 pp : 89-104.
- AYRES R.S et WESCOTT D.W., 1984- La qualité de l'eau en agriculture. Bull., F.A.O. d'irrigation et de drainage, Rome ; 167p.
- AUGE R., BEAUCHSNE G., BOCCON-GIBOD J., DECOURTYE L., DIGAT B., JALOUZOT R., MORAND J-CI., REYNOIRD JP., STRULL DG et VIDALIE M., 1986 – La culture in-vitro et ses applications horticoles. Techniques et documentations. Ed. Lavoisier, 256 p.
- BAJJI M., LUTTUSS et KINET JM., 1997 – Effets du stress salin sur la croissance et l'accumulation de solutés inorganique chez *Atriplex halimus L.* : Etude aux niveau des feuilles, des racines.
- BAJJI M., LUTTS S., and KINET M., 1998 – Salt stress effect on roots and leaves of *Atriplex halimus L.* and their cooresponding callus cultures. Plant science. Ed. : ELSERVIER SCIENCE. Irland. (137); pp : 131-142.
- BALL M.C., 1994 – Salinity tolerance in the mngroves *Aegiceras corniculatum* and *Avicennia marina*. I. Water use in relation to growth, carbon partitioning, and salt balance. *Australian Journal of plant physiology* 15, 447-464.
- BARRS H.D. end WEATHERLEY P.E., 1962 - Are-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Aust. J. Sci.* 15-412.
- BELDJOUDI Z., et DAOUD Y., 2002- Conséquence de la salinité sur l'antagonisme Na⁺/K⁺ chez six cultivars de blé dur. IIIème Journées scientifiques sur le blé. 11-12-13 Février G.B.B.V.-D.S.N.V.- I.T.G.C., Univ. Mentouri., Constantine : 98-99.
- BELKHODJA M., et BIDAI Y., 2001 -La réponse des graines d'*Atriplex halimus L.* à la salinité au stade de la germination. Edit. Sécheresse, vol.15, N°4pp 331-335.
- BEN AHMED H., ZID, E., El GAZZAH, M. et GRIGNON., C., 1996 –Croissance et accumulation ionique chez l'*Atriplex halimus l.* Cahiers Agricul 5, pp 367- 372.
- BHARDWAJ R., et SINGHAL GS., 1981 – Effect of Water Stress on Photochemical Activity of Chloroplasts during greening of Etiolated Barley Seedlings, *Plant and Cell Physiology*, 1981, Vol. 22, No.2, pp155-162.

- BILLARD J.P., BINET P., BOUCAUD J., COUDRET A., et LESAOS J., 1976** –Halophilie et résistance au sel. Réflexions sur l'halophilie et quelques- uns de ses aspects physiologiques. Ed. : R. JACQUES. Paris. pp : 39-55.
- BINET P., 1982** – Adaptation physiologique à la salinité des végétaux supérieurs en environnement naturel, Bull. Soc. Eco. Physiol. 07.02.1982, pp : 139-168.
- BINET P., 1989** – Adaptation physiologique à la salinité des végétaux supérieurs en environnement naturel, Bult.Soc.Eco.Physiol.07.02.1982, pp : 139-168.
- BIRANE N.,1994** – Culture d'organe et influence de la salinité sur la morphogénèse d'*Atriplex halimus* en culture in-vitro. Thèse Ing. INES Agro. Blida, 98p.
- BLACK L., 1973** -Adventitious roots, tillers and grain yield of spring wheat as influence by N-P fertilisation. Edit. Agron. Vol. 62, pp 32- 36.
- BOUTELIER., 1986**- Effet du chlorure du sodium sur l'acquisition de la résistance à la sécheresse du cotonnier. Colloque sur les végétaux en milieu aride. FST/ACCT. Tunisie (Jerba, 8-10 septembre) :370-390.
- BOUTEYRE G., et LOYER J.Y., 2000** –Sodisols et salsodisoles. Ed.: Science et vie Paris.
- BOUZOUIDJA A., 1995** – Effet de l'irrigation avec des eaux chargées en sels sodiques sur la culture de tomate *Lycopersicum exulentum mill* sous serre. Thèse Ing. INES Blida 72 p.
- BRAWN S.C., GREGORY P.J., et WAHBI A., 1989** - Root characteristics and water use in mediterranean environments. In Drouth tolerance in winter cereals (SRIVASTAVA J.P., PROCEDDU E., ACEVEDO E. and VARMA S. eds.) Wiley and Sons Chichester UK pp. 387.
- CHAMPIGNY M.L., et MOYSE A., 1983** – Les différents types métaboliques végétaux et l'assimilation de CO₂, leur diversité botanique. Bull. Soc. Bot. Fr., 130, Actual. Bot. (1), 71-83.
- CHEESEMAN J M., 1988** –Mechanisms of salinity tolerance in plants. *Plant Physiol.* 87 :547-550.
- CHEN T.H.H., et MURATA N., 2002** - Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes, current opinionin Plant Biology, 5: 250- 257.

- CHERFAOUI A.E.K., 1987** – Contribution à l'étude comparative de la germination des graines de quelques *Atriplex* de provenance Djelfa. Th. I.N.A. EL-HARRACH. Alger pp.34 -36.
- CHING Q., and MATASUMOTO O., 1989**- Drought and salinity differentially influence activities of superoxide dismutases in narrow-leaved lupins, *Plant Sci.* 142: 1-11.
- CHRETIEN D., 1992** –La résistance au sel chez le Jojoba (*Simmondsia chinensis* LS) : croissance et modifications du contenu lipoprotéique de calcs cultivés en présence d'une teneur élevé en Na Cl. *Thèse doct.* Univ. Paris VI, 144p.
- CHUNYANG J., 2003**- the C4 syndrome : a structural analysis. *Ann. Aev. Plant physiol.* 25, 27-52.
- CLARKE J.M., and MCLAIG T.M., 1989**- Excised leaf water Capability as an indicator of drought resistance of triticum genotypes. *Can. J. Plant Sci.*, 62: 571- 578.
- COOPER H.M., 1967** – Biological clocks: Mechanisms and application in Amsterdam: Elsevier science B.V., 181-188 p.
- CORRELA C., 1987** – Les arbustes fourragers source d'alimentation pour le bétail et frein à l'érosion des zones arides départements de production animale, Murcie Espagne 120p.
- CORTES P.M., and SINCLAIR T.R., 1987** - Osmotic potential and starch accumulation in leaves of field grown soybean. *Crop Sci.*, 27: 80-84.
- CRAMER P.J., 1980** – Drought, stress and origin of adaptations. In adaptation of plants to water (TURNER N.C. and KRAMER P.J. eds.) Wiley, New York pp. 7-29.
- CRUISIAT P., 1995** La circulation de l'eau dans les plantes .INRA. PHM. *Revue Horticole*, 363: 17-23.
- DAVENPORT R.J., REID R.J., and SMITH FA., 1997** – Sodium-calcium interactions in two wheat species differing in salinity tolerance. *Physiologia Plantarum* 99, 323-327. (Cross Ref)(ISI).
- DE HERRALDE F., BIEL C., SAVE R., MORALES M.A., TORRECILLAS A., ALARCON J.J., SANCHEZ-BLANCO M.J., 1998** -Effect of water and salt stresses on the growth, gaseous exchange and water relations in *Argyranthemum coronopifolium* plants. *Plant Sci.*, 139: 9-17.

- DELFIN S., ALVINO A., VILLANI MC., LORETO F., 1999** – Restrictions to carbon dioxide conductance and photosynthesis in spinach leaves recovering from salt stress. *Plant Physiology* 19, 1101-1106. (Abstract/free full text).
- DENDEN M., LEMEUR R., 1999** - Mesure de la transpiration par le modèle de Penman-Monteith. Edit ; *Sécheresse*; Vol. 10, pp39-44.
- DENDEN M., et LEMEUR R., 2000** - Modélisation de la résistance stomatique en fonction des caractéristiques morphologiques et anatomiques des stomates, du rayonnement et du potentiel hydrique. Edit. *Sécheresse*. Vol. 11,1 pp 29-36.
- DENDEN M., BOUSLAMA M., SLIMI H., et BOUAOUINA T., 2005** – Action du trajet foliaire de diffusion de l'eau et de l'épaisseur de la cuticule sur la transpiration. Edit. *Revue Sécheresse*, Vol. 16 (2), pp 125-129.
- DOHMAN A.J., GASH J.H.C., ROBERTS J., and JAMES W., 1991** - Stomatal and surface conductance of tropical rainforest. Edit. *Agric Forest Meteo.* 54, pp 303-18.
- DOWNTON W.J.S., GRANT W.J.R and ROBINSON S.P., 1985** – Photosynthetic and stomatal responses of spinach leaves to salt stress- *Plant physiol.* 77: 85-88.
- EKANAYAKE I.J., and ADELEK M.T.V., 1996** – Selected procedures for instrumentation in ecophysiological studies of root crops. Procedures manual N°. 3, Crop improvement division (CID), IITA, Ibadan, Nigeria. 103p.
- EI DJAAFARI S., 2000** - Durum wheat breeding for abiotic stresses resistance: Defining physiological traits and criteria. *Option Mediterranean*, 40 : 251- 256.
- EL MEKAOUI M., 1991** – Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé dur et l'orge. Recherches de tests précoces de sélection. Thèse Doctoral en Sciences Agronomiques, Montpellier, 191 p.
- ERIK T., 1996** – Physiology of plants. Under stress. Abiotic factors. 662p.
- F.A.O., 1989** – Techniques de développement pastoral. Volume 03. Plantations d'arbustes fourragères. Projet F.A. ; RAB84.025.
- FERCHICHI H., 1994** – Etude de la diversité biologique de l'*Atriplex halimus* pour le repérage in-vivo et in-vitro d'individus résistants à des conditions extrêmes du milieu. Thèse DEA Univ. De Tunis II 37 p.

- FLOWERS T.J., TROK P.F., and YEO A.R., 1977** –the mechanism of salt tolerance in halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28 :89-121.
- FLOWERS T.J., and YEO AR., 1991** – Breeding for salinity resistance in corp plants : Where next ? *Aust.J. Plant Physiol.* 22 :875-884.
- FORMENT D., 1972-** Et abolissement des cultures fourragères d'Atriplex en Tunisie centrale. 590-600 p.
- FRANCLET A., et LE HOUEROU H.N., 1971** – Les Atriplex en Tunisie et en Afrique du Nord. Doc. F.A.O. Rome. 1971. 189 p.
- FRICKE W., and PETERS W.S., 2002** - The biophysics of leaf growth in salt sressed barley. A study at the cell level. *Plant Physiol* 129: 374 - 388.
- GAR AK., Kim JK., OWENS TG., RANWALA AP., CHOI YD., KOCHIAN LV., and WU RJ., 2002** - Trehalose accumulation in rice plants confers high tolerance levels to different abiotic stresses. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 99 : 15898-15903.
- GAUTHIER M.F., LABHILI M., et JOUDRIER S., 1993** – Marqueur de tolérance au stress hydrique de fin de cycle chez le blé dur. In la tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier. Edit. INRA, Paris, 1993 (les colloques n°64). 423-427 p.
- GOUNY S., et CORNILLON M., 1973-** Accumulation de proline dans les tissus foliaires de tomate en réponse à la salinité. Académie des sciences. Editions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Paris, PP, 551-557.
- GREENWAY H., and MUNNS R., 1980** – Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31p. 149-190.
- HAMZA M., 1980** – Réponses des végétaux à la salinité. *Physiol. Vég.*, 18, 69-81 p.
- HASEGAWA P.M., BRESSAN RA., ZHU JK., and BOHNERT HJ., 2000** – plant cellular and molecular responses to high salinity. Edit. *Plant Mol Biol* Vol. 51, pp 463-499.
- HASSAN S., 1983** – Multiplication et clonage de l'*Atriplex halimus* par le bourgeonnement axillaire. Mémoire d'ingénieur d'Etat en Agronomie. I.N.E.S. Blida. 54p.

- HELLER R., ESNAULT R., et LANCE C., 2004** – physiologie végétal. II développement. 6 éditions. Edit. Dunod. 366p.
- HOAGLAND D., 1938** – The water culture method for growing plant without soil. *Calif. Agric. Exptl. Sta. Cir.* 347 :1-39.
- HOPKINS G.W., 2003** – physiologie végétale/ traduit de l'anglais par RAMBOUR S. Edit. De Boeck, pp. 38-58 ; 451-458.
- HU W.Y., 2000** - Carbohydrate deposition and partitionning in elongating leaves of Weat under saline soil conditions. *Australian Journal of Plant physiology*, 27: 363- 370.
- INRF et l'INRA Tunisie en 1971** - Global Network on Integrated Soil Management for Sustainable Use of Salt- affected Soils. Rome, Italy: FAO Land and Plant Nutrition Management Service
- JESCHKE W.D., and WOLF O., 1983** – External potassium supply is not required for growth in saline conditions. Experiments with *Ricinus communis* L grown in a reciprocal root system. *J.Exp. Bot.* 39 (1988), pp. 1149-1167.
- JOHNSON J.W., and BOX J.E., 1991** – Breeding for rooting potential under stress conditions. Colloques. INRA N°55, pp 307-318.
- KAPLAN A. and GALE J., 1972** – Effect of sodium chloride salinity on the water balance of *Atriplex halimus*. *Aust., J., biol ., Sci.* 25pp : 895-903.
- KARIMI G., HEIDARI H., and ASSAREH M., 2007** - Investigation of salt tolerance mechanisms in range species of *Atriplex verrucifera* MB., *Pajouhesh et Sazandehi* 73: 42-48.
- KATERDJI, 1995-** Salt tolerance analysis of chickpea, faba bean and durum wheat varieties:II. Durum wheat . *Agric. Water Mangt.* In Press.
- KEIFFER CH., and UNGAR IA., 1995** – Germination responses of halophytes seeds exposed to prolonged hypersaline conditions. In : KHANIA eds. *Biology of salt tolérant plants.* Karachi. pp 43-50.
- KILLIAN C.H., 1953** – La végétation autour du chott HODNA indicatrice des possibilités culturales et son milieu édaphiques ann. *Inst. Agro- Tome VII. Fax*, pp51-80.

- KINET JM., BENREBIHA F.Z., BOUZID S., LALHACAR S., et DUTUIT P., 1998** –Réseau Atriplex. Allier biotechnologie et écologie pour une sécurité alimentaire accrue en régions arides et semi- aride. Cahier agriculture, Vol. 7, N°6, pp505-509.
- KREIMER M., HOLTUM J. A., and LATZKO E., 1988** – Stromal free ca concentration and light mediated activation of chloroplast fructose 1.6 Bio Phosphatase. Plant Physiol, 86p. 428-428.
- LE HOUEROU H.N., 1985** – Aménagement écologique des parcours arides et semi-aride d'Atriplex. Rapport technique F.A.O Rom 58p.
- LE HOUEROU H.N., et PONTANIER R., 1987** – les plantations sylvo- pastorales dans zone aride de Tunisie. Extrait de la revue pastoralisme et développement, 24 Mai au 9 Juillet. 1988 Robot Montpellier.
- LE HOUEROU H.N., 1992-** The role of saltbushes (*Atriplex* sp.) in arid land rehabilitation in the Mediterranean Basin: a review. *Agroforestry Systems* 18: 107-148.
- LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P., FOURCROY P., CASSE DELBART F., 1995-** Les plantes face au stress salin. *Agricultures*, 4, (4), p.263-273p.
- LEVITT L.K., 1980** – promotion of stomatal opening by indoleacetic acid and ethrel in epidermal strips of *Vicia faba* L. Edit. *Plant Physiology*, Vol. 85, pp318-321.
- LUDLOW M.M., FISHER M.J., and WILSON J.R., 1985** – Stomatal adjustment to water deficits in three tropical legume grown in controlled conditions and in the field-Austr. Edit. *Plant Physiol*. Vol. 12, pp131-149.
- MAATOUGUI M.E., 2001** – Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance. Edit. *Céréaliculture*, Vol. 29, pp 6-14.
- MAHMOUDI Y., 2002** - Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé par le *Rhizobium* *Agronomie* 23 : 553-560
- MANSOUR M., 2000** – compared effects of sudden and progressive impositions of salt stress in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars. *Journal of plant physiology* 154, 743-752.
- MARTINEZ V., and LAUCHLI A., 1993** – Effects of Ca²⁺ on the salt-stress response of barley roots as observed by in vivo ³¹P- nuclear magnetic resonance and in-vitro analysis. *Planta* 4, 519-524.

- MATASUMOTO W., 1988-** Bases de la multiplication végétative, les méristèmes et l'organogenèse. Ed. INRA, Paris, 262 p.
- MAZLIAK P., 1978-** la photosynthèse. 78 p.
- MESSAILI I., 1995** – Systématique des spermaphytes cours destiner aux agronomes ; 91p.
- MEFTI M., ABDELGUERFI A., et CHEBOUTI A., 2000** – Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques espèces de *Médicago truncatula* (L.) Gaertn. Edit. Revue sécheresse, pp173-176.
- Ministère de l'Agriculture., 1998** – la steppe Algérienne statistique agricole N°14.
- MONNEVEUX P., et NEMMAR M., 1986** – Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre et chez le blé dur. Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. Edit. Agronomie, n°06. pp583-590.
- MONNEVEUX P., 1989** – les céréales à paille : présentation générale in *Amélioration des espèces végétales cultivées*. Edit. INRA. Paris, pp. 13-21.
- MORGAN J. A., 1983** – osmorégulation as a selection criterion for drought tolerance in wheat. Aust. J. Agric. Res. 34, 607-614.
- MOZAFAR A., and GOODIN J.R., 1970** – Vesiculed hairs : A mechanism for salt tolerance in *Atriplex halimus* pp.62-65. pp43-47.
- NEGER R., 1961** – Petite flore des régions arides du Maroc occidental. Ed. : C.N.R.S. . Paris. T. : 1. 179 p.
- NILSON S.H., and ASSMMAN SH., 2007** - the control of transpiration. In sights from rabadopsis. Plant physiology, 143: 19-27.
- NOGEIRA R.J.M.C., ALOUFA M.A.I., and DE ALBUQUERQUE M.B., 2004** - Stomatic behaviour and leaf water potential in young plants of *Annona squamosa*. Submitted to saline stress. Fruits, 59: 209-214.
- ORCUTT D.M., et NILSEN E.T., 2000** - physiology of plants under stress. 96p.
- OSMOND C.B., LUTTGE U., WEST K.R., PLLAGHY C.H., and SHACHER- HILL BS., 1969** – Ion absorption in *Atriplex* leaf tissue II. Section epidermal bladders, Aust. J. Biol.Sc.22 pp 797-814.

- OWNBEY J., and MAHALL L., 1983** - Chlorophyll fluorescence as a non intrusive indicator for rapid assessment of *in vivo* photosynthesis. *Ecol Stud* 100: 49-70.
- PAUL MH., PLANCHAN C., et COCHARD R., 1989** - Etude des relations entre le développement foliaire, et le cycle de développement à la productivité chez le soja. *Ann. Physiol.* 29 (5) :479-492.
- PEZESHKI M., HUBER JT., and TUCKER TC., 1986** -Protein synthesis in grean beans under salt stress with two nitrogen sources. *J. Plant Nutr.*, 12 : 1261-1377.
- POUGET M., 1971** - Etudes agropédologique du bassin de Zehrez EL Gharb (feuille de roche de sel) RADP Secrétariat d'état à l'hydraulique, Alger ; 160p+carte.
- QUEZEL P., et SANTA T., 1962** - Nouvelle flore de l'Afrique et les régions désertiques méridionales. Ed. Anatol. France 228 p.
- RENGASAMY P., 2006** - World salinization with emphasis on Australia .*Journa of Experimental Botany.* 57, (5), 1017-1023 p.
- SANTIAGO L.S., LAU T.S., MELCHER P.J., STEELE O.C., and GOLDSTEIN G., 2000** - Morphological and physiological responses of hawaiian *Hibiscus tiliaceus* populations to light and salinity, *Int. J. Plant Sci.* 161: 99-106.
- SALAMA S., TRIVEDI S., BUSHEV M., ARAFA A.A., GARAB G., ERDEI L., 1994** -Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chloroplast structure and function in wheat cultivars differing in salt tolerancc. *J. Plant Physiol.*, 144: 241- 247.
- SCIPPA G., DI MICHELE M., ONELLI E., PATRIGNANI G., CHIATANTE D., and BRAY E., 2004** - The histone-like protein H1-S and the response of tomato leaves to water deficit. *J.Exp.Bot.* 55: 99-109.
- SLAMA A., GHNAYA T., MESSEDI D., HESSINI K., LABIDI N., SAVOURE A., and ABDELLY C., 2007** - Effect of sodium chloride on the halophyte species *Sesiviumportulacastrum* grown in mannitol- induced water stress. *Journ. Plant. Rest.*,120 (2) 291- 299 p.
- SNOUSSI S.A., HALITIM A., et VALLES V., 2004** - Absorption hydrique en milieu salin chez la tomate et le haricot. *Agriculture*, 13, (3), 283-287 p.

Annexe 1 : Photo d'Atriplex

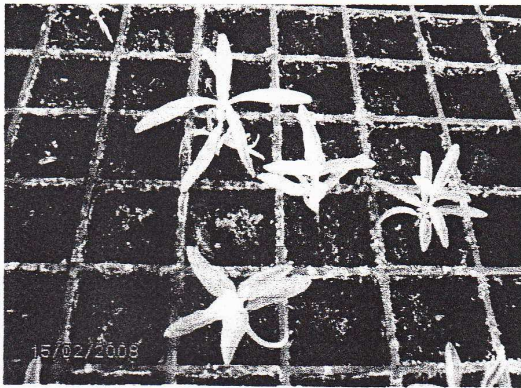
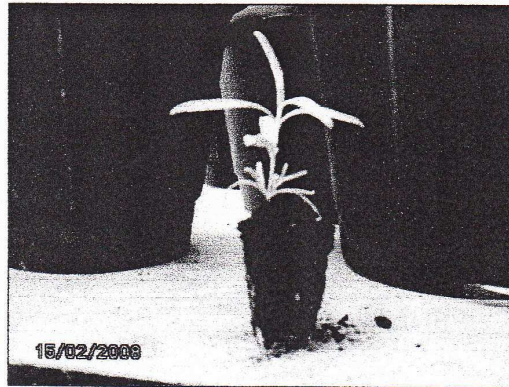
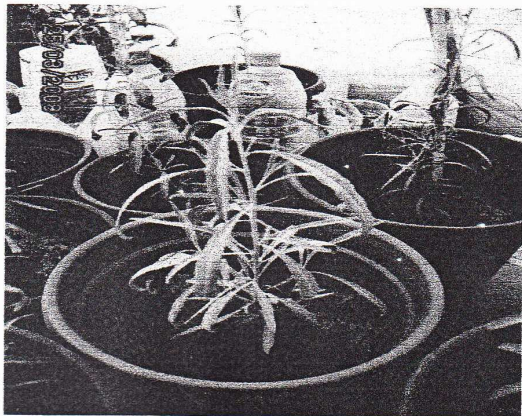


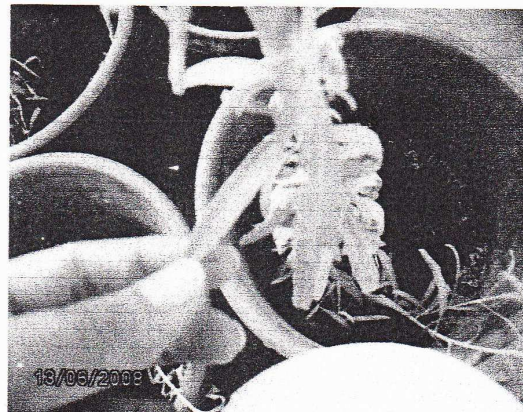
Photo : Germination d'*Atriplex canescens*



Plantule d'*Atriplex canescens*



Atriplex canescens après 2 mois de repiquage



Feuillage d'*Atriplex canescens*



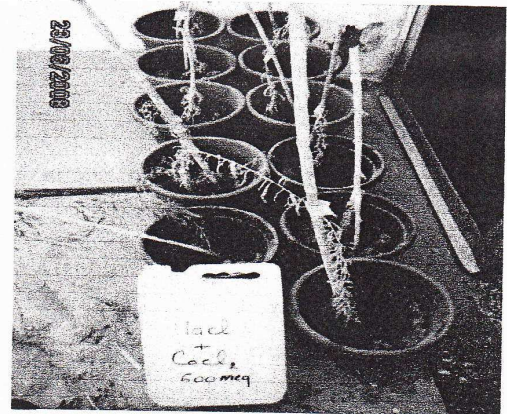
Atriplex canescens après stress salin irrigué à l'eau de mer à 50%



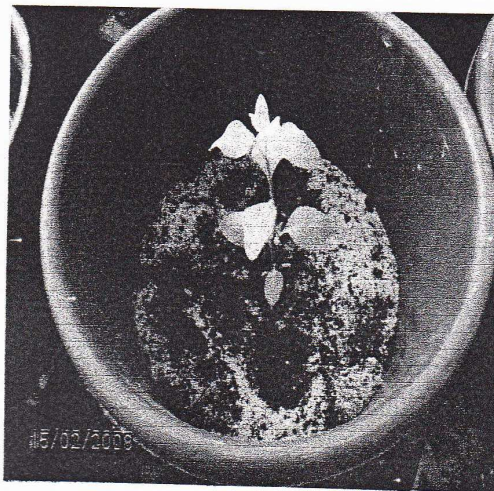
Atriplex canescens après stress salin irrigué à l'eau de mer à 100%



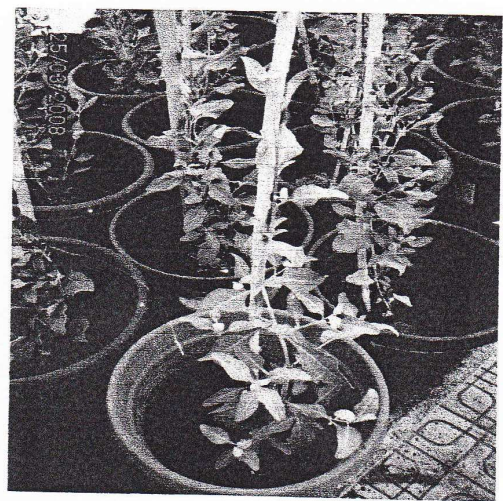
Atriplex canescens après stress salin irrigué
au $\text{CaCl}_2 + \text{NaCl}$ à 400 meq



Atriplex canescens après stress salin irrigué
au $\text{CaCl}_2 + \text{NaCl}$ à 600 meq



Atriplex halimus après 1 mois de repiquage



Atriplex halimus après 2 mois de repiquage



Feuillage d'*Atriplex halimus*



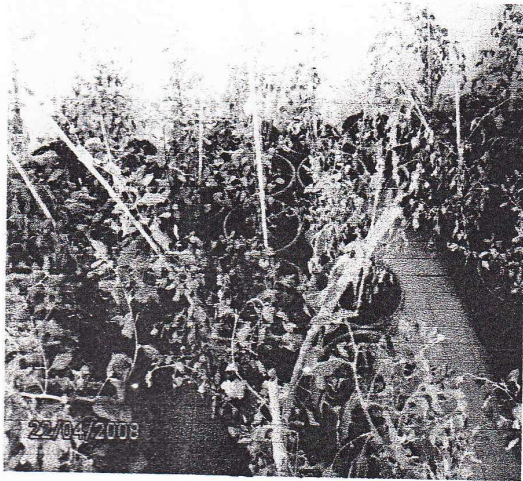
Atriplex halimus avant stress salin



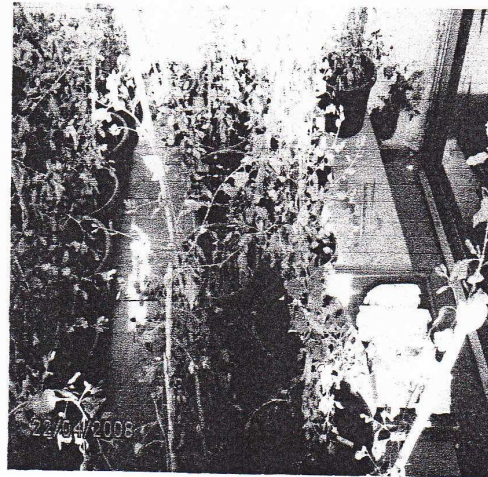
Atriplex halimus après stress salin



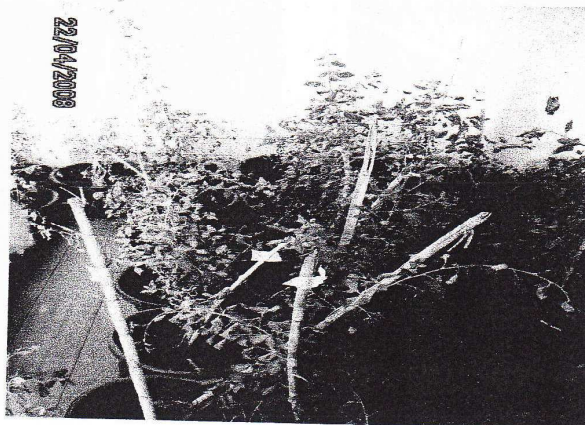
Atriplex halimus après stress salin irrigué par
eau de mer à 100%



Atriplex halimus après stress salin irrigué par
Eau de mer à 50%



Atriplex halimus après stress salin irrigué par
 $\text{CaCl}_2 + \text{NaCl}$ à 600 meq



Atriplex halimus après stress salin irrigué par

$\text{CaCl}_2 + \text{NaCl}$ à 400 meq

Annexe 2 : Calcul de la capacité de rétention

P0 : Poids du pot de yaourt: 4,35 g

P1 : poids du sable: 100g

P2 : poids après 48h de saturation 124,43g

$C1 = (P2 - P1) - P0 = (124,43 - 100) - 4,35 = 20,08g$

20,08 ml est la capacité de rétention pour 100g de sable.

Calcul de la capacité de rétention pour le substrat du pot C2 :

20,08 ml \longrightarrow 100g

C2 ml \longrightarrow 2280g

$C2 = 2280 \times 20,08 / 100 = 457,824 \text{ ml}$

Calcul la capacité de rétention à 30% et 60% pour un pot :

• **Pour 30% :**

457,834 ml \longrightarrow 100%

X1 ml \longrightarrow 30%

$X1 = 457,834 \times 30 / 100 = 137,3502 \text{ ml}$

• **Pour 60% :**

457,834 ml \longrightarrow 100%

X2 ml \longrightarrow 60%

$X2 = 457,834 \times 60 / 100 = 274,7004 \text{ ml}$