

**UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA**  
**Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie**  
**Département Des Sciences Biologiques**



**Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de**  
**MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine:** Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière :** Biologie

**Spécialité :** Biotechnologie végétale

**Présenté par :**

**M<sup>elle</sup> :** Oudina Aicha Bia

**M<sup>elle</sup> :** Selfaoui Hanane

**Thème**

**Effet de la salinité combinée à l'acide salicylique sur les paramètres biochimiques et de croissance de l'*Atriplex halimus* L. au stade juvénile.**

Soutenu publiquement

Le : 31/05/2016

Devant le jury

<b>Mr.</b> Slimani Noureddine.	MC(B)	Président	UKM Ouargla
<b>M<sup>elle</sup>.</b> Salhi Nasrine .	MC(A)	Examineur	UKM Ouargla
<b>M<sup>me</sup>.</b> Djerroudi Ouiza.	MA(A)	Promotrice	UKM Ouargla

**Année universitaire : 2015/2016**



## *REMERCIEMENTS*

*Tout d'abord, nous tenons à remercier ALLAH, qui nous a donné la force Pour terminer ce modeste travail.*

*Nous exprimons nos sincères remerciements*

*A nos PARENTS pour leur contribution pour chaque travail que nous avons effectué.*

*A notre encadreur M<sup>me</sup> DJERROUDI Ouiza pour ses idées sa confiance et ses orientations et ses conseils.*

*Nous remercions Mr SLIMANI Nouredine pour avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.*

*Nous remercies également M<sup>lle</sup> SALHI Nesrine d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.*

*A l'ensemble des enseignants du département de biologie.*

*Merci aussi à tous les membres du laboratoire pédagogique de notre département, pour leur soutien et leur aide.*

*A tous les étudiants de notre promotion MASTER biotechnologie végétale.*

*Sans oublier ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma mère qui a été à mes côtés et ma soutenu durant toute ma vie,  
Mon cher père que dieu le bénisse.*

*merci mes parents.*

*A mes très chers frères : Laid, Lahcen, Houari, Messaoud, Abdo et Hicham, les femmes des mes frères et leur enfants et à ma très chère sœur Noura et ses enfants surtout Nesrine.*

*A mes sœurs Botaghan Alima, et BEN Cheikh Amina*

*Egalement à toute ma famille : SELFAOUI sans exception.*

*A ma binôme OUDINA Aicha Bia qui a contribué à la réalisation de ce travail.*

*A mon encadreur DJERROUDI Ouiza*

*Aussi à Tous les enseignants de notre département.*

*Sans oublier les amis Hanane, Imane-R, Zineb, Ahlam, Rabiaa, fayza, Imane-B, Fatima, et Hassiba, Aida., Aicha, khawla pour leurs aide et leurs conseils.*

*A Toute la promotion 2016 Biotechnologie végétale.*

*Et toute personne que je connais.*

***SELFAOUI Hanane***

## *Dédicace*

*Dieu nous a ordonné et a dit: «et la bonté envers vos parents"»*

*A ma douce mère, qui a toujours su, m'orienter et d'un simple sourire  
m'encourager*

*A celle qui m'a donné de l'amour, de la compassion et de la tendresse  
elle m'a appris la tolérance et l'amour d'autrui*

*A celle qui s'est fatigué pour moi, et qui m'a toujours soutenu dans la  
vie*

*A papa le MIGNON a qui je souhaite une longue vie*

*A mon frère "Zohir" et mes soeurs "Sara, Rayel et Amira"*

*A mon encadreur DJERROUDI Ouiza*

*A SELFAOUI Hanane Pour son aide et son soutien*

*A mes amies et soeurs: Kaouther, Zineb, Ahlam, Imane R, Imene B,  
rabia, Fayza, Assma, Mamia, Hassiba, Aida, Khaoula et Imene N.*

*A tous mes amis dans la division de Biotechnologie végétale.*



*OUDINA Aicha Bia*

## Résumé

La mise en valeur des zones sahariennes, constitue certainement pour l'Algérie un espoir pour augmenter sa production agricole. Mais, cela ne peut se réaliser sans la sélection d'espèces et de variétés végétales mieux adaptées et surtout celles manifestant une résistance à la salure comme les halophytes.

Ce travail est réalisé sur des jeunes plantules d'*Atriplex halimus* L. soumises au stress salin seul avec 50, 300 et 550 mM NaCl ou bien traitées avec l'association 0.1 et 0.5 mM acide salicylique ajouté à 300 et 550 mM NaCl.

Le comportement biochimique vise à analyser la teneur en protéines, le dosage des minéraux ( $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ ), la teneur en flavonoïdes et certains paramètres de croissance tels que la hauteur de la tige et des racines principales, le poids frais et sec des feuilles, tiges et racines.

Les résultats ont montré que sous la salinité seule, la biomasse sèche aérienne augmente, les autres paramètres de croissance et la teneur en protéines varie en fonction de la concentration du milieu et de l'organe. En effet la longueur des tiges et le nombre des feuilles sont plus important sous 50 mM NaCl et le poids sec des feuilles augmente avec l'application de 550 mM NaCl. La teneur en flavonoïdes des feuilles et l'accumulation du  $\text{Na}^+$  augmente dans les organes alors que la teneur en  $\text{K}^+$  diminué uniquement dans les racines.

L'application de 0.5 mM AS combiné à 550 mM NaCl a augmentée la longueur de la tige principale, les teneurs en protéines et en flavonoïdes. La teneur en  $\text{Na}^+$  a diminuée dans les feuilles et les racines avec l'application de 0.5 mM AS + 300 mM NaCl, et celle du  $\text{K}^+$  a baissée sous le traitement 550 mM NaCl + 0.1 mM AS.

**Mots clés:** *Atriplex halimus* L., acide salicylique, salinité, protéines, cations, paramètres de croissance, halophytes.

## Abstract

The development of Sahara areas, constitute certainly for Algeria a hope to increase agricultural production. But this can not be achieved without the selection of species and plant varieties better adapted especially those which resist to salinity as halophytes.

This work is performed on young seedlings *Atriplex halimus* L. submitted only to salt stress with 50, 300 and 550 mM NaCl or treated with the association 0.1 and 0.5 mM salicylic acid added to 300 and 550 mM NaCl.

The biochemical behavior is to analyze the protein content, minerals dosage ( $\text{Na}^+$  and  $\text{K}^+$ ), the content of flavonoid and certain growth parameters such as the height of the stem and main roots, fresh and dry weight of leaves, stems and roots.

The results showed that under salinity, aerial dry biomass increases, other growth parameters and protein content varies depending on the environment concentration and the organ. Indeed stem length and number of leaves are most important in 50 mM NaCl and dry weight of leaves increases with the application of 550 mM NaCl. The flavonoid content in leaves and the accumulation of  $\text{Na}^+$  increases in organs while the  $\text{K}^+$  content decreased only in the roots.

The application of 0.5 mM AS combined to 550 mM NaCl increased the length of the main stem, the contents of protein and flavonoids. The  $\text{Na}^+$  has decreased in the leaves and roots with the application of 0.5 mM NaCl + 300 mM AS and that of  $\text{K}^+$  has bowed under the treatment of 550 mM NaCl + 0.1 mM AS.

**Keywords:** *Atriplex halimus* L., salicylic acid, salinity, protein, cations, growth parameters, halophytes.

## ملخص

يعتبر تطوير المناطق الصحراوية في الجزائر بالتأكد الأمل لزيادة الإنتاج الزراعي. ولكن هذا لا يمكن أن يتحقق دون اختيار الأنواع والأصناف النباتية المقاومة الأفضل و التي تتكيف للملوحة مثل النباتات الملحية.

تمت هذه الدراسة على نباتات الوغل الملحي الفتية تحت تأثير الإجهاد الملحي 50، 300 و 550 ملي مول كلوريد الصوديوم فقط أو مضافت مع 0.1 و 0.5 ملي مول من حمض الساليسليك إلى 300 و 550 ملي مول كلوريد الصوديوم. السلوك الكيميائي الحيوي يهدف الى تحليل محتوى البروتين والاملاح المعدنية (صوديوم و بوتاسيوم)، الاحتواء على الفلافونويد وبعض معايير النمو مثل ارتفاع الجذع والجذور الرئيسية، الوزن الرطب والجاف من الأوراق والسيقان والجذور.

أظهرت النتائج أنه في ظل الملوحة لوحدها تكون هناك زيادة في الكتلة الحيوية الجافة للجزء العلوي للنبتة، معايير النمو الأخرى ومحتوى البروتين تختلف تبعاً لتركيز الوسط وحسب العضو طول الجذع وعدد الأوراق هي الأكثر نمواً في التركيز 50 ملي مول كلوريد الصوديوم، الوزن الجاف للأوراق يتفوق في 550 ملي مول كلوريد الصوديوم. محتوى الفلافونويد في الأوراق وتراكم زيادات الصوديوم في الأعضاء بينما محتوى الـ  $K^+$  ينخفض فقط في الجذور

التطبيق المشترك لـ 0.5 ملي مول من حمض الساليسليك و 550 ملي مول كلوريد الصوديوم أدى إلى زيادة طول الساق الرئيسي، محتويات البروتين والفلافونيدات. انخفاض لثمية  $Na^+$  في الأوراق و الجذور في التركيز في 0.5 ملي مول حمض الساليسليك + 300 ملي مول كلوريد الصوديوم، أما الخاصة تحت 0.1 ملي مول حمض الساليسليك +  $K^+$  فتتخفف 550 ملي مول كلوريد الصوديوم.

**الكلمات الهامة:** الوغل الملحي، حمض الساليسليك، الملوحة، البروتين، الشوارد، معايير النمو، النباتات الملحية.



## *Liste des abréviations*

<b>°C</b>	Degré Celsius
<b>%</b>	Pourcent
<b>AS</b>	Acide salicylique
<b>Cm</b>	Centimètre
<b>CR</b>	Capacité de rétention
<b>Ddl</b>	Degré de liberté
<b>Do</b>	Densité optique
<b>F</b>	F calculé (test de Fisher).
<b>Fig</b>	Figure
<b>h</b>	Heure
<b>H.C.D.S</b>	Haut Commissariat au Développement de la Steppe
<b>HTD</b>	Hauteur de la tige dominant
<b>G</b>	Gramme
<b>K<sup>+</sup></b>	Potassium
<b>Kg</b>	Kilogramme
<b>M</b>	Molaire
<b>Meq</b>	Milliéquivalent
<b>Mg</b>	Milligramme
<b>ml</b>	Millilitre
<b>mM</b>	Millimole
<b>mn</b>	Minutes
<b>MF</b>	matière fraîche
<b>MS</b>	matière sèche
<b>Na<sup>+</sup></b>	Sodium
<b>NaCl</b>	Chlorure de sodium
<b>PF</b>	Poids frais
<b>PH</b>	Potentiel d'hydrogène
<b>Pr</b>	Probabilité
<b>T</b>	Tour
<b>V</b>	Volume
<b>µg</b>	Microgramme
<b>µl</b>	Microlitre

## *Liste des photos*

N°	Titre	Page
<b>Photo 01</b>	Plante d' <i>Atriplex halimus</i> L.	<b>11</b>
<b>Photo 02</b>	Graines d' <i>Atriplex halimus</i> L.	<b>14</b>
<b>Photos 03</b>	Semis des graines d' <i>Atriplex halimus</i> L. dans les alvéoles.	<b>15</b>
<b>Photos 04</b>	Préparation du substrat de culture et des pots.	<b>16</b>
<b>Photos 05</b>	Prélèvement des plantules et repiquage.	<b>16</b>
<b>Photos 06</b>	Dispositif expérimental	<b>19</b>

## *Liste des figures*

N°	Titre	Page
<b>Fig. 1</b>	Hauteur de la tige dominante des jeunes plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. traitées au chlorure de sodium en présence ou en absence de l'acide salicylique.	<b>25</b>
<b>Fig. 2</b>	Nombre de feuilles des jeunes plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. traitées au chlorure de sodium en présence ou en absence de l'acide salicylique.	<b>26</b>
<b>Fig. 3</b>	Longueur de la racine des jeunes plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. traitées au chlorure de sodium en présence ou en absence de l'acide salicylique.	<b>27</b>
<b>Fig. 4</b>	Biomasse des feuilles des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. selon la concentration en NaCl et en acide salicylique.	<b>29</b>
<b>Fig. 5</b>	Biomasse de tige des jeunes plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. traitées au chlorure de sodium en présence ou en absence de l'acide salicylique.	<b>31</b>
<b>Fig.06</b>	Teneurs en protéines ( $\text{mg.g}^{-1}\text{PF}$ ) des feuilles, tige et racine des jeunes plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. traitées au chlorure de sodium en présence ou en absence de l'acide salicylique.	<b>33</b>
<b>Fig.07</b>	Teneur en $\text{Na}^+$ dans les organes des jeunes plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. traitées au chlorure de sodium en présence ou en absence de l'acide salicylique.	<b>35</b>
<b>Fig.08</b>	Teneur en $\text{k}^+$ de feuille, tige et racine des jeunes plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. traitées au chlorure de sodium en présence ou en absence de l'acide salicylique.	<b>38</b>
<b>Fig.09</b>	Teneurs en flavonoïdes ( $\mu\text{g.g}^{-1}\text{PF}$ ) des jeunes feuilles plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. traitées au chlorure de sodium en présence ou en absence de l'acide salicylique	<b>40</b>

## Liste des tableaux

N°	Titre	Page
<b>Tableau 1</b>	La composition de la solution nutritive de <b>HOAGLAND 1938</b> .	<b>17</b>
<b>Tableau 2</b>	Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la longueur de tige après le stress des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.	<b>25</b>
<b>Tableau 3</b>	Analyse de la variance à l'aide du test Anova de nombre de feuilles après le stress des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.	<b>26</b>
<b>Tableau 4</b>	Analyse de la variance à l'aide du test Anova de nombre de feuilles après le stress des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.	<b>28</b>
<b>Tableau 5</b>	Analyse de la variance à l'aide du test Anova de Biomasse de feuilles des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.	<b>29</b>
<b>Tableau 6</b>	Analyse de la variance à l'aide du test Anova Matière sèche de feuilles des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.	<b>30</b>
<b>Tableau 7</b>	Analyse de la variance à l'aide du test Anova matière sèche tige des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.	<b>31</b>
<b>Tableau 8</b>	Analyse de la variance à l'aide du test Anova Matière sèche de tige des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.	<b>32</b>
<b>Tableau 9</b>	Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la teneur en protéine des feuilles des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.	<b>33</b>
<b>Tableau 10</b>	Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la teneur en protéine de tige des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.	<b>34</b>
<b>Tableau 11</b>	Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la teneur en protéine de racine des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.	<b>34</b>
<b>Tableau 12</b>	Analyse de la variance à l'aide du test Anova de Na <sup>+</sup> des feuilles des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.	<b>35</b>
<b>Tableau 13</b>	Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la teneur Na <sup>+</sup> de tige des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.	<b>36</b>
<b>Tableau 14</b>	Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la teneur en Na <sup>+</sup> de racine des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.	<b>37</b>
<b>Tableau 15</b>	Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la teneur en K <sup>+</sup> de feuille des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.	<b>39</b>
<b>Tableau 16</b>	Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la teneur en K <sup>+</sup> de tige des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.	<b>38</b>

<b>Tableau 17</b>	Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la teneur en K <sup>+</sup> de racine des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.	<b>39</b>
<b>Tableau 18</b>	Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la teneur en flavonoïde des feuilles des plantes d' <i>Atriplex halimus</i> L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.	<b>41</b>

## TABLE DES MATIERES

- Liste des abréviations	
- Liste des tableaux	
- Liste des figures	
- liste des photos	
Introduction générale.....	01

### Partie I- Synthèse bibliographique

#### Chapitre I : Généralités sur le stress et la salinité chez les végétaux

I-1- Définition d'un stress .....	04
I-2- Définition de la salinité .....	04
I-3- Impact de la salinité sur les plantes .....	05
I-3-1- Le stress hydrique .....	06
I-3-2- Le stress ionique .....	06
I-3-3- Le stress nutritionnel .....	06
I-4- Mécanismes d'adaptation à la salinité .....	06
I-4-1- Exclusion .....	07
I-4-2- Inclusion .....	07
I-5- Effet de la salinité sur les protéines .....	07
I-6- Effet de la salinité sur les flavonoïdes .....	07

#### Chapitre II- Acide salicylique

I- Acide salicylique .....	08
I-1- L'histoire de l'acide salicylique .....	08
I-2- Rôle de l'acide salicylique .....	09
I-3- Acide salicylique et les stress abiotiques .....	09

#### Chapitre III- Rappels bibliographiques sur l'espèce utilisée

<u>I- Description de la famille des Chénopodiaceés .....</u>	<u>10</u>
<u>II-Description du genre d'<i>Atriplex</i> .....</u>	<u>10</u>
<u>II-1- Présentation d'<i>Atriplex halimus</i> L. ....</u>	<u>11</u>
<u>II-1-1- Systématique .....</u>	<u>11</u>
<u>II-1-2- Origine .....</u>	<u>11</u>
<u>II-1-3- Description .....</u>	<u>11</u>

<a href="#">III- Intérêts écologiques et économiques</a> .....	12
<a href="#">IV- Utilisation dans la médecine traditionnelle</a> .....	13

## Partie II- Matériel et méthodes

I- Objectif de l'étude.....	14
II- Matériel végétal .....	14
III- Techniques expérimentales .....	14
1- Production de plantules .....	14
2- Préparation du substrat et des pots .....	15
3- Repiquage .....	16
4- Préparation des solutions d'arossage .....	17
5- Traitements utilisés et application du stress .....	18
6-Prélèvement du matériel végétal pour les analyses .....	20
IV- Paramètres étudiés .....	20
1- Paramètres de croissance .....	20
1-1- Hauteur de la tige dominante .....	20
1-2- Nombre de feuille par plante .....	20
1-3- Longueur de la racine principale .....	20
1-4- La biomasse sèche aérienne .....	20
2- Paramètres biochimiques .....	20
2-1- Extraction et dosage des protéines totales .....	20
2-2- Teneur en sodium et potassium .....	21
2-3- Extraction et dosage de flavonoïdes .....	22
3- Analyse statistique.....	23

## Partie III- Résultats et discussion

III- Résultats .....	24
1- Effet du NaCl seul ou associé à l'AS sur les paramètres biométriques .....	24
1-1- Hauteur de la tige dominante.....	24
1-1-2- Nombre de feuilles.....	25
1-1-3- Longueur de la racine.....	27
1-2- Biomasse fraîche et sèche aérienne.....	28

1-2-1- Matière fraîche et sèche foliaire.....	28
1-2-2- Matière fraîche et sèche de la tige.....	30
1-3- Teneur en protéines totales.....	32
1-4- Effet de la salinité sur la teneur en cations.....	34
1-4-1- Teneur en Na <sup>+</sup> dans les différents organes.....	34
1-4-2- Teneur en K <sup>+</sup> dans les différents organes.....	37
1-5- Les flavonoïdes .....	40
IV- Discussion générale.....	42
Conclusion générale .....	47
Références bibliographies.....	
Annexes.....	

# INTRODUCTION



---

**Introduction**

La salinisation est le processus majeur de la dégradation des terres. En moyenne, le monde perd 10 hectares de terres cultivables par minute, dont 3 hectares à cause de la salinisation. 10 à 15% des surfaces irriguées (20 à 30 millions d'hectares) souffrent, à des degrés divers, de problèmes de salinisation (**MERMOUD., 2006**). L'Algérie se situe parmi les pays touchés, presque 3.2 million d'hectares de la surface sont salines (**HAMDY., 1999**) et possède d'importantes quantités d'eaux de qualité médiocre (**MEZNI et al., 2002**).

Le fort ensoleillement et la faible pluviométrie ont conduit les agriculteurs à irriguer en quantité importante leurs cultures souvent avec une eau saumâtre (**BELKHODJA et BIDAL., 2004**). Ainsi les sels s'accumulaient au cours des années à la surface des sols sans pouvoir être lessivés par les rares eaux de pluie, rendant ainsi peu à peu des milliers de surfaces de terres impropres à la culture (**DJILI et al., 2003**).

L'accumulation de sels dans les sols entraîne des modifications dans la physiologie des plantes, responsables d'une diminution de la productivité agricole, il apparaît nécessaire que des modifications dans les pratiques agricoles doivent être engagées plus tôt (**HERNANDEZ., 1997**).

Ces sols peuvent être affectées ensuite de fortes concentrations en sels conduisant à l'effet toxique dû à l'excès de cations comme le Na<sup>+</sup> (**HOPKINS., 2003; WAHID., 2004**) créant un déséquilibre minéral affectant la balance nutritionnelle au niveau du sol (**LAPEYRONIE., 1982**) et de la plante (**BELKHODJA et al., 2000**).

La salinité joue un rôle important dans l'existence et la distribution des plantes, elle reste la plus grande contrainte, qui franchit les sols agricoles et les parcours ; parce qu'elle diminue gravement le taux de la fertilité de ses sols, même arrivant à être stérile non adaptés à la culture ou pour le développement d'une végétation multi-espèces sauf les halophytes. Elle entraîne une réduction des surfaces cultivables et combinée à d'autres facteurs, elle représente une menace pour l'équilibre alimentaire des régions arides et semi-arides (**DUTUIT., 1999**). Ces zones couvrent une grande partie des pays de la frange méridionale du pourtour méditerranéen. L'introduction des espèces tolérantes au stress salin est l'une des techniques utilisées pour faire face à ce problème. A la différence des glycophytes, les halophytes s'épanouissent sur un sol riche en sels (**ABDELKADER et SALEH., 2002**).

Ces plantes, non seulement tolèrent des hauts niveaux de salinité dominées par la richesse en sodium et en chlore, mais la présence de sels dans le milieu de culture est nécessaire pour leur croissance et leur développement (**BOHNERT et JENSEN., 1996; HASEGAWA et al., 2000**).

Le fait que les végétaux ne puissent se soustraire à des contraintes de l'environnement, les a conduit à mettre en place des mécanismes leur permettant de percevoir et de discriminer des stimuli variés d'origine abiotique ou biotique et de développer un réseau de signalisation complexe, leur permettant de produire une réponse adaptative selon la nature et l'intensité du signal perçu (**HELLER., 2004**).

Maintenant il est bien connu que le stress provoque un certain nombre d'effets sur les plantes tel que la toxicité des ions, déséquilibre hormonal (**ASHRAF., 2004; FLOWERS., 2005**). Cette réaction se traduit par des changements de nature métabolique, physiologique et morphologique (**GARG et al., 2002**). L'un des principaux caractères physiologiques de tolérance aux contraintes du milieu est l'ajustement osmotique jouant un rôle primordial dans la résistance ou la tolérance de la plante à un stress. Celui-ci est réalisé grâce à une accumulation de composés osmorégulateurs conduisant à une réduction du potentiel osmotique permettant ainsi le maintien du potentiel de turgescence (**EL MIDAOUI et al., 2007**).

Une des stratégies d'adaptation à la salinité consiste à synthétiser des osmoprotecteurs, principalement des composés aminés et des sucres, et à les accumuler dans le cytoplasme et les organites (**BELFAKIH et al., 2013**). L'accumulation de ces composés organiques a été mise en évidence chez plusieurs espèces végétales soumises à la contrainte saline.

Les Chénopodiacées représentent une famille d'halophytes hyper-accumulatrices très importante qui mérite une attention toute particulière. Cette famille de plantes halophiles est très répandue en Algérie et est utilisée pour l'alimentation humaine et animale. A cette famille appartiennent les genres *Atriplex* qui peuvent contribuer à la valorisation des sols marginaux et l'amélioration de la production végétale et animale.

La caractérisation physiologique de la tolérance des végétaux à la salinité résulte des processus qui permettent au végétal d'absorber l'eau et les sels minéraux à partir de substrats à faibles potentiels hydriques, mais aussi de vivre en acceptant la présence importante de sels dans ses tissus ; les halophytes (**GUERRIER., 1984**).

Des études récentes ont démontré que l'acide salicylique participe à la signalisation dans les réponses aux stress abiotiques tels que la sécheresse, haute et basse température et la salinité etc...

L'application appropriée de l'acide salicylique pourrait fournir une protection contre plusieurs types de contraintes environnementales, son effet dépend de nombreux facteurs tels que l'espèce et le stade de développement de la plante, le mode d'application et la concentration appliqués (IYUKI *et al.*, 2013).

Récemment, de nombreuses études ont montré que l'application exogène de l'acide salicylique chez les plantes stressées peut potentiellement atténuer les effets toxiques générés par la salinité (TARI *et al.*, 2002, 2004; SZEPESI *et al.*, 2005).

L'intérêt porté aux caractères biochimiques d'adaptation aux contraintes environnementales a nécessité de notre part l'étude certains paramètres tels que les protéines, sels minéraux et les flavonoïdes. L'analyse de ces différents paramètres nous a ainsi permis de discriminer la famille de Chénopodiacées étudiée, pour leur tolérance au stress salin.

Dans ce contexte, l'objectif de notre travail est d'étudier l'influence de la salinité et l'acide salicylique sur les comportements des jeunes plantes d'*Atriplex*, afin de comprendre les différents mécanismes d'adaptations mises en place.

L'étude complète comptera trois chapitres:

Partie I, est une synthèse bibliographique: présentation générale sur la salinité, l'acide salicylique et l'espèce étudiée l'*Atriplex*.

Partie II, expose la méthodologie que nous avons utilisée et développée.

Enfin, Partie III, est réservée à l'ensemble des résultats portant sur l'identification et les mesure effectuée, ainsi que la discussion des résultats obtenus, et nous terminons avec une conclusion générale.



**Généralités sur le stress  
et la salinité chez  
les végétaux**

---

**Chapitre I- Généralités sur le stress et la salinité chez les végétaux****I-1- Définition d'un stress**

Le stress (du latin stringer: porter atteinte à l'équilibre) est une déviation significative des conditions optimales pour la vie. Il implique des réponses à tous les niveaux de l'organisme.

Les stress environnementaux (ou abiotiques), comme la sécheresse, la salinité et les basses températures sont des conditions de stress qui affectent la croissance et le rendement des plantes. Les plantes ont développé des stratégies d'adaptation pour répondre aux changements environnementaux en contrôlant et en ajustant leurs systèmes métaboliques (HOPKINS., 2003).

D'après WILLIAM., 2003 ; les principaux stress environnementaux auxquels les plantes sont confrontées sont:

- Températures élevées (chaleur).
- Faibles températures (froid et gel).
- Excès d'eau (inondation).
- Faible potentiel hydrique (déficit hydrique, salinité et sécheresse).
- Radiations (lumière visible, ultra violet).
- Produits chimiques (pesticides, métaux lourds, polluants atmosphériques).

Tous ces stress environnementaux sont donc perçus par la plante comme des stimuli qui, par un phénomène de transduction du signal au sein de la cellule végétale, vont à leur tour induire tout un ensemble de réponses biochimiques, moléculaires (expression ou répression de certains gènes) ou physiologiques (TAFFOREAU., 2002).

**I-2- Définition de la salinité**

Salinité est parmi les problèmes environnementaux les plus défavorables pour l'agriculture car elle affecte environ 5% des surfaces cultivées dans le monde entier. La Salinité du sol fait partie des écosystèmes naturels dans des conditions arides et semi-arides (IDREES et al., 2011).

Concentration en sel dans l'environnement d'une plante varie énormément, elle peut être insuffisante ou excessive, mais le stress salin s'applique surtout à un excès d'ions (**DREVON et al., 2001**), pas exclusivement aux ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  (**WILLIAM., 2003**).

La salinité peut provoquer des perturbations dans le métabolisme de la plante (**EL TAYEB., 2005**).

Les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités l'absorption des éléments nutritifs du sol (**TESTER et DAVENPORT., 2003 in JABNOUNE., 2008**).

En présence de sel, l'absorption des cations  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  dépasse souvent celle des anions  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{PO}_4^-$  et  $\text{NO}_3^-$ , ce qui engendre un déficit anionique pour le végétal. Dans les feuilles, les Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) sont toujours accumulés proportionnellement à la teneur globale en sel et en plus grande quantité que le  $\text{Na}^+$  (**RAHMOUNE et al., 2000**).

Le chlore, en entrant en compétition avec le  $\text{NO}_3^-$ , inhibe dans les plantes sensibles aux sels l'absorption et le transport à longue distance de cet anion vers les parties aériennes et engendre ainsi une carence nutritionnelle qui est estimée par la différence entre la teneur globale en cations majeurs  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Na}^+$  et la teneur en  $\text{Cl}^-$  (**SLAMA., 1986**).

### **I-3-Impact de la salinité sur les plantes**

La tolérance d'une culture à la salinité est une valeur relative basée sur les conditions de croissance de cette culture, la résistance au sel dépend de la complexité anatomique et physiologique de la plante (**ZHU., 2001**).

Les fortes concentrations en sel altèrent la structure des sols; comme la diminution de la porosité, l'aération et la conductance hydrique des sols peuvent être affectées; des concentrations salines élevées génèrent de bas potentiel hydrique du sol, une forme de sécheresse physiologique créant une acquisition d'eau et de nutriments par les plantes, très difficile (**SINGH et CHATRATH., 2001; HOPKINS., 2003**).

Le chlorure de sodium peut augmenter la croissance et le développement des plantes, mais à un certain taux, le sel peut nuire et endommager la croissance et le développement des plantes à cause du changement du potentiel osmotique, du déséquilibre ionique et de la toxicité ionique dans les cellules (**RUBIO et al., 2008**).

### **I-3-1- Le stress hydrique**

Le sel inhibe la capacité des plantes à capter l'eau du sol (ANITA., 2000). La sécheresse menant au stress hydrique dans la plante (LEAKEY et al., 2006), il se traduit par une série de modifications qui touchent les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques à partir du moment où les besoins en eau de la plante sont supérieurs aux quantités disponibles. Le déficit hydrique joue un rôle direct sur la physiologie des plantes; toutes les fonctions physiologiques ne sont pas affectées en même temps et avec la même ampleur (BRISSON., 2008).

### **I-3-2- Le stress ionique**

Des concentrations excessives d'ions chlorures et de sodium dans la solution du sol peuvent causer une toxicité dans la plante (MAILLARD., 2001) survient lorsque l'accumulation de sels dans les tissus perturbe l'activité métabolique.

### **I-3-3- Le stress nutritionnel**

Certains sels peuvent être toxiques pour les plantes et peuvent en affecter la balance nutritionnelle s'ils sont présents en forte concentration (SNOUSSI et HALITIM., 1998).

L'accumulation des ions  $\text{Na}^+$  dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$ . Le sodium entre en compétition avec le potassium et le calcium, et le chlorure avec le nitrate, le phosphore et le sulfate (HAOUALA et al., 2007).

## **I-4- Mécanismes d'adaptation à la salinité**

La capacité des cellules à maintenir de basses concentrations cytosoliques en sel est un processus essentiel pour les halophytes (BORSANI et al., 2003).

L'adaptation aux environnements salins par des halophytes peut prendre la forme de tolérance de sel (halotolérance) ou d'éviter le sel. Parmi les stratégies utilisées par les halophytes, pour faire face au stress salin, c'est minimiser l'entrée du sel et réduire sa concentration dans le cytoplasme et la paroi cellulaire, en réduisant le taux de Na et de Cl dans les feuilles ; en les incluant dans la vacuole, afin d'éviter la toxicité cellulaire (MUNNS., 2002).

#### **I-4-1- Exclusion**

Les halophytes peuvent empêcher l'absorption excessive de sel par exclusion du sel au niveau des racines et de la partie inférieure de la tige. la sortie de  $\text{Na}^+$  des vaisseaux du xylème en échange d'une entrée de  $\text{K}^+$  venant des cellules parenchymateuses du xylème et du parenchyme avoisinant, joue un rôle important dans la tige et les racines (**LUTTGE et al., 2002**).

#### **I-4-2- Inclusion**

La plante capte le sel, qui parvient aux feuilles, au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de "pompes" moléculaires. Les vacuoles sont des compartiments fermés au sein de la cellule. Le sel est ainsi isolé des constituants cellulaires vitaux (**EL MADIDI, 2003**) ou excrété par des glandes vers l'extérieur (**ALEM et AMRI, 2005**).

#### **1-5- Effet de la salinité sur les protéines**

Sous les conditions salines il y a un changement dans le modèle d'expression des gènes, et des changements qualitatifs et quantitatifs dans la synthèse des protéines (**REYNOLDS et al., 2001**).

La salinité peut imposer des effets spécifiques ioniques sur les plantes parce que les fortes concentrations d'ions ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) accumulés dans les cellules, agissent en désactivant des enzymes, en inhibant la synthèse des protéines ou en favorisant le dépliage menant à la dénaturation des protéines, ainsi le contenu des protéines solubles des feuilles diminue en réponse à la salinité (**PARIDA et al., 2002; RASANEN., 2002**). **AGASTIAN et al (2000)** ont rapporté que les protéines solubles augmentent à des niveaux bas de salinité et diminuent en hautes concentrations de salinité chez les mûres.

#### **1-6-Effet de la salinité sur les flavonoïdes**

Les flavonoïdes sont parmi les métabolites secondaires les plus actifs chez les plantes, ils ne sont pas essentiels à la survie de la plante mais ils sont bioactifs et influencent le transport des hormones de la plante surtout l'auxine ainsi que leur activité antioxydante. Il était trouvé qu'il y a une augmentation considérable dans les niveaux des flavonoïdes lors de stress salin, celles qui sont dérivé de la voie biosynthétique phénylpropanoïdes sont reconnus d'être responsive au stress (**TREUTTER., 2006 in SAILAJA et SUJATHA., 2013**).



## Chapitre II- Acide salicylique

### I- Acide salicylique

L'acide salicylique, molécule synthétisée par la plante, semble être impliquée dans la signalisation et l'établissement des mécanismes de résistance à plusieurs contraintes environnementales (**KORKMAZ et al., 2007**).

Son application exogène à des plantes sous différents stress a été étudiée par plusieurs chercheurs et son rôle dans l'activation de la germination, de la croissance sous stress salin a été signalé chez le blé (**ARFAN et al., 2006**), l'orge (**EL TAYEB., 2005**) et le maïs (**GUNES et al., 2005**). Cette molécule joue un rôle important dans la défense des plantes contre les deux conditions de stress biotiques et abiotiques (**ÜNLÜ et al., 2009**).

#### I-1- L'histoire de l'acide salicylique

L'acide salicylique est découvert en 1828 quand Johann Buchner a isolé avec succès une petite quantité de salicyline, le glucoside d'alcool salicylique, à partir de l'écorce de saule. Le nom d'acide salicylique vient du nom latin *Salix* et a été donné à cet ingrédient actif du Saule par **RAFFAELE PIRIA en 1838**. La première production commerciale d'AS synthétique a débuté en 1874 en Allemagne. Son dérivé acétylé (acide acétylsalicylique) a été introduit sous le nom commercial d'aspirine par l'entreprise **BAYER en 1898** et est rapidement devenu le médicament le plus vendu dans le monde (**RASKIN., 1992**).

Les régulateurs de la croissance des plantes jouent un rôle important dans la régulation des processus de développement de la plante et les réseaux de signalisation car ils sont impliqués directement ou indirectement dans un large éventail de réponses et de la tolérance au stress biotique et abiotiques dans les plantes (**ASGHER et al., 2015**).

L'acide salicylique est un composé phénolique impliquée dans la régulation de la croissance et le développement des plantes et leurs réponses à des facteurs de stress biotique et abiotique (**KHAN et al., 2012; MIURA et TADA., 2014**).

L'acide salicylique est un constituant de l'aspirine (acide acétylsalicylique), en moindres quantités. Il est utilisé comme conservateur alimentaire et comme antiseptique, s'il est ingéré en grandes quantités, il peut être toxique pour les êtres vivants (**RASKIN et al., 1987**).

## **I-2- Rôle de l'acide salicylique**

Le rôle de l'acide salicylique comme une molécule clé dans la voie de transduction du signal de la réponse au stress biotique a déjà été bien décrite, il participe également à la signalisation des stress abiotique.

L'application appropriée de l'AS peut fournir une protection contre plusieurs types de contraintes environnementales mais il peut causer un stress oxydatif, partiellement lors de l'accumulation du peroxyde d'hydrogène. Mais une concentration basse de peroxyde d'hydrogène ainsi améliore la capacité anti-oxydative des plantes et stimule la synthèse des composés protecteurs qui mène à accroître la tolérance aux stress abiotiques (**HARA et al., 2012**).

## **I-3- Acide salicylique et les stress abiotiques**

A présent, un intérêt considérable a été suscité par le pouvoir de l'AS à produire des effets protecteurs sous l'action des facteurs de différentes natures de stress abiotique. Ainsi, des données obtenus indiquent que l'induction de l'AS augmente la résistance des semis du blé à la salinité (**SHAKIROVA et BEZRUKOVA., 1997**) et le déficit hydrique (**BEZRUKOVA et al., 2001**), et prévient la réduction du contenu en auxine et les cytokinine ce qui réduit l'inhibition du développement induit par le stress (**SAKHABUTDINOVA et al., 2003**). L'AS aussi augment la résistance de la tomate et la fève à la baisse et l'augmentation des température (**SENARATNA et al., 2000**), ainsi que l'action des métaux lourds sur le riz (**MISHRA et CHOUDHURI., 1999**).



Rappels  
bibliographiques  
sur l'espèce utilisée

### Chapitre III- Rappels bibliographiques sur l'espèce utilisée

#### I- Description de la famille des Chénopodiacées

Les *Atriplex* appartiennent à la famille des Chénopodiacées, qui fait, elle même, partie de la classe des dicotylédones. Il se caractérisent par leur grande diversité (**KINET et al., 1998**).

Les chénopodiacées comptent environ 1400 espèces distribuées dans 102 genres (**TALAMALI et al., 2003**). La petitesse de leurs fleurs, la fragilité de leurs rameaux et de leurs fruits, rendent difficile la récolte d'échantillons complets. Beaucoup d'espèces se ressemblent, même d'un genre à l'autre ; et surtout certaines entre elles présentent un polymorphisme étonnant qui fait que l'aspect de la plante varie d'un pied à l'autre, voire d'une branche à l'autre, suivant l'état de développement et la saison.

Les chénopodiacées sont en général des plantes buissonnantes, rarement des herbes. (**OZENDA., 2004**) et souvent halophiles (**YAAKOUB., 2006**).

De point de vue biochimique, les halophytes sont caractérisées en général, par une forte richesse de leurs tissus en sels ; une grande partie de ces sels étant dissoute dans le sac vasculaire, il en résulte une pression osmotique élevée (**UNIVERSALIS., 2002**).

#### II- Description du genre d'*Atriplex*

Les plantes du genre *Atriplex* sont présentées dans la plupart des régions du globe (**KEN et al.,1998**), ce sont des arbustes halophiles qui largement sont distribué dans les zones arides et semi-arides du bassin méditerranéen (**WALKER et al., 2013**), ce genre comprend 40 à 50 espèces de la totalité des espèces d'*Atriplex* présente dans le monde (**ORTIZ-DORDA et al., 2005**), une quinzaine d'espèces ont été mise en évidence en Algérie (**MAIRE., 1962**) ; parmi elles, *Atriplex halimus* L., *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt sont les plus réponsus, en particulier dans les habitats qui combinent la salinité relativement élevée du sol avec l'aridité (**NEDJIMI et al., 2006**), elles poussent sur les sables maritimes du littoral ou à l'intérieur du pays sur les étendus salées autour des Sabkhas (**EDMOND., 1963**).

## II-1-Présentation d'*Atriplex halimus* L.

### II-1-1– Systématique

D'après CHADEF AUD et EMBERGER (1960), la classification d'*Atriplex halimus* est la suivante:

<b>Règne</b>	Végétal
<b>Embranchement</b>	Spermatophytes (Phanérogames)
<b>Sous-embranchement</b>	Angiospermes
<b>Classe</b>	Dicotylédones
<b>Sous-classe</b>	Apétales
<b>Ordre</b>	Centrospermales
<b>Famille</b>	Chénopodiaceae (Amaranthaceae)
<b>Genre</b>	<i>Atriplex</i>
<b>Espèce</b>	<i>Atriplex halimus</i> L.
<b>Noms vernaculaires Français</b>	arroche maritime, ou pourpier de mer
<b>L.</b>	
<b>Noms arabes</b>	القطف, الرغل الملحي



**Photo 01** : Plante d'*Atriplex halimus*

### II-1-2- Origine

En Europe, l'*Atriplex halimus* est présente en plus de la zone méditerranéenne et aussi en Bulgarie (FLOCH., 1989), c'est une espèce autochtone de toute cette zone, des côtes de l'atlantique et de la Manche. L'espèce est spontanée en Tunisie (FRANCIET et Le HOUROU., 1971) et à l'intérieur d'une aire relativement vaste en englobant les pays du nord de l'Afrique et de proche et Moyen-Orient depuis les îles canaries jusqu'à l'Iran. Vers le sud, l'espèce atteint le massif de l'ahogar.

### II-1-3- Description

Cette espèce présente un grand polymorphisme, qui se manifeste tant au niveau de la morphologie des structures végétatives qu'au niveau des structures reproductives (DUTUIT., 1999), ainsi qu'un polymorphisme dans la production de la biomasse (BEN

**AHMED et al., 1996**). L'*Atriplex halimus* L. est une espèce qui se développe mieux dans les sols salés, possède un système racinaire très développé fixant les couches supérieures du sol et peut être utilisée comme moyen de lutte contre la désertification. C'est un arbuste très ramifié pouvant atteindre jusqu'à 4 m de hauteur (**NEGRE., 1961**).

La plante adulte est très ramifiée, ayant un aspect blanc argenté, à tige dressée d'une couleur blanche à grisâtre, à racine blanchâtre pivotante en surface pouvant atteindre 3 à 5 fois la longueur de tige (**BENREBIHA., 1987**).

Selon la description de (**SAKHI et BOUTAMINE SAKHI., 2004**), les feuilles d'*Atriplex halimus* sont assez grandes, de 2 à 5 cm de long, sont alternées, munies d'un pétiole court, ovales, argentées un peu grisâtres et les tiges sont très rameuses, ligneuses, un peu anguleuses.

Ces racines sont grosses, étalées obliques, puis s'enfoncent verticalement jusqu'à une profondeur variable avec le sol et l'âge de la plante (**NEGRE., 1961**).

L'*Atriplex halimus* L. fait partie des 10% d'Angiospermes qui développent des fleurs unisexuées monoïques (**TALAMALI et al., 2001**) inflorescences en panicules d'épis terminales, nues. Ces inflorescences portent souvent des fleurs mâles à cinq étamines au sommet et des fleurs femelles à la base dépourvue de périanthe (**KINET et al., 1998**).

Les fruits sont ovales, aplatis, renfermés dans les sépales agrandis, contenant une seule graine (**COUPLAN et STYNER., 1994**). La graine est verticale lenticulaire de couleur brune foncée, de 2 mm de diamètre environ.

Selon **MAIRE (1962)**, la graine de l'*Atriplex halimus* L. est peu saillante à son extrémité, sa floraison a lieu de Mai à Septembre. Sa fructification a lieu du mois d'Avril jusqu'à Novembre.

### **III- Intérêts écologiques et économiques**

Cette plante a des intérêts écologiques et économiques, pour son usage comme plante fourragère (**ALAZZEH et ABU-ZANAT., 2004**), ils peuvent fournir des fourrages riches en protéines (**MULAS et MULAS., 2004**) et pour sa tolérance à la salinité et à l'aridité (**ABBAD et al., 2004**).

Elle est considérée parmi les espèces végétales qui valorisent le mieux l'eau des terrains salés, grâce à sa pression osmotique vacuolaire élevée, due à de fortes concentrations en sels (**ESSAFI et al., 2007**).

En outre, les formations à base de buissons fourragers forment une bonne couverture végétale à feuillage dense qui protège le sol des agressions climatiques, sources d'érosion (pluie, vent, grêle, etc...) (**DUTUIT et al., 1991**). Cette plante a joué un rôle important comme brise-vent, pour la protection du sol et la création d'un microclimat favorable, permettant aux autres espèces fourragères, d'augmenter leurs productivités.

#### **IV- Utilisation dans la médecine traditionnelle**

Les *Atriplex* peuvent être aussi utilisées comme plantes médicinales dans la pharmacopée traditionnelle (**DUTUIT., 1991**), l'*Atriplex halimus* L. présente un caractère bien particulier, c'est une plante alcaline où la cendre aurait servi autrefois à la fabrication de savon et comme modérant de la teinture (**HALIMI., 1999**).

Les indiens américains ont bouilli des racines fraîches avec un peu de sel et ont bu une demi-coupe de café pour guérir les douleurs d'estomac et comme laxatif. Les racines sont aussi été broyées et appliquées comme remède de la rage des dents. Les espagnols américains utilisent la plante en cas de rhume et de grippe (**DANIEL et LOREN., 2005**).

# Matériel et méthodes



### I- Objectif de l'étude

Notre objectif est d'étudier l'action de la salinité et de l'interaction acide salicylique et salinité sur la réponse protéique et minérale de jeunes plantes halophytes : *Atriplex halimus* L.

### II- Matériel végétal

Les graines d'*Atriplex halimus* L. utilisées proviennent de la station de Hassi Ben Abdallah, localisée dans l'étage bioclimatique semi-aride, qui ont été récoltées d'un même pied-mère et sont conservées au froid (réfrigérateur).

Les graines sont décortiquées préalablement au laboratoire pour éliminer leurs bractées afin de faciliter leur germination.



**Photo 02:** Graines d'*Atriplex halimus* L.

### III- Techniques expérimentales

#### 1- Production de plantules

Afin de produire des plantules d'*Atriplex* nous avons pris le soin de les décortiquer manuellement les graines, les sélectionner et les désinfecter pendant 3 minutes en les trempant dans l'hypochlorite de sodium à 8 % et en fin rincées plusieurs fois à l'eau distillée avant de les semer.

Les graines sont semées dans des alvéoles contenant du terreau industriel. La germination a été suivie en arrosant avec de l'eau distillée, un jour sur deux, pendant un mois, jusqu'à développement des plantules au stade de 4 à 5 feuilles (Photo 03).



**Photo 03:** Semis des graines d'*Atriplex halimus* L. dans les alvéoles.

## 2- Préparation du substrat et des pots

Le substrat de culture utilisé comme support inerte pour la plante est le sable des dunes qui a subi une série de lavage :

- ✓ Un tamisage approprié afin d'éliminer les différents débris et les impuretés,
- ✓ Un lavage à l'esprit de sel pendant 15 minutes pour éliminer les sels (carbonates, les chlorures, le potassium, le magnésium, le calcium, le sulfate, le bicarbonate et le sodium),
- ✓ Des lavages successifs à l'eau filtrée,
- ✓ Des rinçages répétés à l'eau distillée afin d'éliminer toute trace de chlore. Le sable a été mis à sécher à l'air libre.

Dès que le sable est bien séché, nous l'avons menée dans des pots en plastique de capacité de 2kg. Ils sont remplis par une quantité de 1611 g de mélange sable et terreau (2V/1V). Ce poids est nécessaire car il nous permet de calculer la capacité de rétention de ce substrat, cette caractéristique hydrique nous permet de déterminer les quantités de solution nutritive à employer lors des arrosages durant la culture des plantes (Photo 04).

Le fond des pots est tapissé d'une couche de graviers afin d'assurer le drainage.



**Photo 04:** Préparation du substrat de culture et des pots.

### 3- Repiquage

Dès l'apparition des premières feuilles (4 à 5 feuilles), les plantules sont transférées soigneusement dans les pots, puis déposés sous serre (Photo 05). Ces plantules sont arrosées à la solution nutritive de **HOAGLAND (1938)** tous les deux jours (Tableau 1) à 30% de la CR soit environ 100 ml de solution nutritive par pot durant un mois, ensuite à 60% de la CR jusqu'à l'application du stress.



**Photo 05 :** Prélèvement des plantules et repiquage.

#### 4- Préparation des solutions d'arrosage

La solution nutritive utilisée est celle de **HOAGLAND (1938)** composée d'un ensemble d'éléments essentiels divisés en macroéléments et en microéléments, ces éléments assurant la croissance et le développement des plantes.

**Tableau 01** : La composition de la solution nutritive de **HOAGLAND 1938**.

Solution mère	Nomenclature	Concentration	
		g/l	Mole/l
Macroéléments			
Nitrate de potassium	$\text{KNO}_3$	191,90	1,90
Nitrate de calcium	$(\text{NO}_3)_2\text{Ca} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	129,80	0,55
Nitrate d'ammonium	$\text{NO}_3\text{NH}_4$	210,00	0,26
Sulfate de magnésium	$\text{SO}_4\text{Mg} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	61,50	0,25
Phosphate monopotassique	$\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$	54,40	0,40
Di-potassium hydrogénophosphate	$\text{PO}_4\text{K}_2\text{H} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	34,23	0,15
Microéléments			
Chlorure de manganèse	$\text{C}_{12}\text{Mn} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,80	-
Sulfate de cuivre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,176	-
Sulfate de zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,219	-
Acide borique	$\text{H}_3\text{BO}_3$	2,861	-
Molybdate d'ammonium	$\text{Mo}_7\text{O}_{24}(\text{NH}_4)_7\text{H}_2\text{O}$	0,285	-
Complexe ferrique	$(\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FeN}_2\text{NaO}_8)$	0,050	-

### 5- Traitements utilisés et application du stress

Après 90 jours du semi, nous avons appliqué le stress salin une seule fois en 7 traitements à raison de 5 répétitions (5 pots/traitement) en respectant la capacité de rétention. Le lot des plantes témoin est arrosé 3 fois durant la semaine du stress.

Les traitements appliqués sont :

- **Lot 1** : Plantes témoin arrosée à la solution nutritive.
- **Lot 2** : Plantes stressées à 50 mM NaCl.
- **Lot 3** : Plantes stressées à 300 mM NaCl.
- **Lot 4** : Plantes stressées à 550 mM NaCl.
- **Lot 5** : Plantes stressées à 300 mM NaCl + 0.1 mM AS.
- **Lot 6** : Plantes stressées à 300 mM NaCl + 0.5 mM AS.
- **Lot 7** : Plantes stressées à 550 mM NaCl + 0.1 mM AS.
- **Lot 8** : Plantes stressées à 550 mM NaCl + 0.5 mM AS.

**Lot 1****Traitement témoin: solution nutritive****Lot 2****50 mM de NaCl**



Lot 3



300 mM de NaCl

Lot 4



550 mM de NaCl

Lot 5



300 mM NaCl + 0.1 mM d'AS

Lot 6



300 mM NaCl + 0.5 mM d'AS

Lot 7



550 mM NaCl + 0.1 mM d'AS

Lot 8



550 mM NaCl + 0.5 mM d'AS

Photo 06 : Dispositif expérimental.

## **6- Prélèvement du matériel végétal pour les analyses**

Après une semaine de l'application du stress, les plantes de l'*Atriplex halimus* L. sont prélevées. Les feuilles et les racines sont séparées, ces dernières ont été rincées rapidement à l'eau du robinet pour éliminer les traces du substrat.

Une partie d'échantillons des différentes organes sont étudiées pendant 48h à 80°C pour les broyer et l'autre partie est utilisée fraîche.

### **IV- Paramètres étudiés**

#### **1- Paramètres de croissance**

##### **1-1- Hauteur de la tige dominante**

La longueur de la tige est mesurée à l'aide d'un mètre ruban (cm), de la surface du sol à l'extrémité de la tige principale chaque semaine durant la culture et après le stress.

##### **1-2- Nombre de feuille par plante**

La détermination du nombre de feuilles est réalisée en comptant le nombre de feuilles total de la plante chaque semaine durant la culture et après le stress.

##### **1-3- Longueur de la racine principale**

Elle s'effectue avec un papier millimètre (cm) en partant du collet après le stress.

##### **1-4- La biomasse sèche aérienne**

La biomasse sèche aérienne (BSA), exprimée en gramme a été effectuée par pesée de la matière sèche après étuvage à 80°C de la matière fraîche pendant 48h.

#### **2- Paramètres biochimiques**

##### **2-1- Extraction et dosage des protéines totales**

###### **- Extraction**

Environ 1 g de matière fraîche est mélangé à 10 ml de tampon d'extraction (tampon Phosphate pH 7) l'extraction se fait à froid (mortier dans un glace pilée). Puis centrifugé à 5000 g pendant 15 mn à 4°C.

- **Tampon phosphate**

- 8 g/l Chlorure de sodium.
- 0.2 g Chlorure de potassium
- 2.9 g Hydrogénophosphate de sodium.
- 0.29 g Phosphate de potassium monobasique.

- **-Dosage des protéines**

Prendre 1 ml d'échantillon à doser et ajouter 2 ml de réactif de Bradford, après 2 min du développement de la réaction, la densité optique est lu à 595 nm. Une courbe d'étalon est réalisé à partir d'une solution mère de sérum albumine préparée dans l'eau distillée pour des valeurs comprises entre 10 à 100  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Les résultats sont exprimés en  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  (BRADFORD., 1976).

## 2-2- Teneur en sodium et potassium

Nous avons choisi la méthode de (LAFON et *al.*, 1996) pour l'extraction et le dosage des sels minéraux. Elle consiste à mesurer la composition élémentaire d'une plante par calcination et la destruction complète de la matière organique (MARTIN-PREVEL et *al.*, 1984), le résidu est ensuite analysé.

- **Mode opératoire**

- Peser 100 mg d'échantillon végétale (broyée et séchée à 70°C dans une étuve pendant 16 h) dans des creusets au un four à moufle à 450° pendant 2 heures.

- Humecter les cendres obtenues par 2 ml d'acide nitrique après refroidissement des capsules, les placer sur une plaque chauffante pour évaporer l'acide, puis sont remises dans le four pendant 1 heure. Ajouter ensuite les cendres obtenues sont dissoutes dans 3 ml d'acide chlorhydrique (6N) au contenu du creuset, puis on le peser.

- Filtrer le contenu sur papier filtre (Wattman) dans une fiole jaugée de 50 ml. Rincer la capsule et le filtre à l'eau tiède, filtrer et ajuster à 50 ml dans une fiole jaugée avec l'eau bi distillé après refroidissement.

- Le dosage du contenu d'échantillons obtenues se fera par spectrophotomètre à flamme qui donnera les valeurs en mg/100mg pour chaque élément:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ .



- **Réactifs :**

- **Solution mère de sodium et de potassium**

Dissoudre dans de l'eau distillée 25,434 g de chlorure de sodium préalablement séché à l'étuve à 100 °C pendant 12 h puis refroidi au dessiccateur.

Dissoudre simultanément 3,823 g de chlorure de potassium préalablement séché à l'étuve à 100 °C pendant 12 h puis refroidi au dessiccateur.

Compléter le tout à 1000 ml par l'eau distillée.

On obtient une solution contenant 10000 mg/l en Na<sup>+</sup> et 2000 mg/l en K<sup>+</sup>.

- **Solutions étalant en Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup>**

Mettre successivement dans des fioles jaugées à 1000 ml : 50, 40, 30, 20, 15, 10, 5 et 2 ml de la solution mère en Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup> compléter à 1000 ml par de l'eau distillée.

On obtient des solutions étalons contenant respectivement :

**500, 400, 300, 200, 150, 100, 50 et 20 mg/l de Na<sup>+</sup>.**

**100, 80, 60, 40, 30, 20, 10 et 4 mg/l de K<sup>+</sup>.**

### **2-3- Extraction et dosage de flavonoïdes**

- ✓ **Extraction**

On a broyé 1g de matière végétal fraîche avec 5 ml de méthanol/eau (50:50 v/v), le mélange et agité au vortex pendant 15 mn, puis centrifuger à 3000 t/pdt 10 mn, récupérer le surnageant et répéter avec le culot deux fois. Stocker à 4 °C dans l'obscurité avant les analyses (XU et CHANG., 2008).

- ✓ **Dosage de flavonoïdes (KIM et al., 2003).**

1500 µl d'eau distillée sont mélangés à 500 µl d'extrait méthanoïque et de 150 µl de nitrate de sodium à 5% , on laisse le mélange 5 mn à températures ambiante à l'obscurité. Ce mélange est ensuite additionné de 150 µl de trichlorure d'aluminium à 10 %, après un repos de 11 mn à l'obscurité, 500 µl de soude à 1M est ajouté. Le mélange est soumis à une agitation au vortex.

L'absorbance est déterminée à 510 nm par un spectrophotomètre. La préparation de la courbe d'étalonnage est faite avec la rutine à différentes concentrations (0-200 µg/ml) et les résultats sont exprimés en µg équivalent en rutine par g d'échantillon.

### **3- Analyse statistique**

Les résultats obtenus vont traitée et analysée à l'aide d'un logiciel adoptée de Microsoft office Excel « Anova » et sont soumis à une analyse statistique descriptive et une analyse de la variance ; les histogrammes présentés rejoignent des valeurs moyennes encadrées par leur écart-type.

# Résultats et discussion

### **III-1-Résultats obtenus**

En se basant sur les résultats obtenus lors de l'essai effectué dans des pots sous serre, nous proposons une analyse des variations des mesures biométriques sur la tige et la racine principale, de la teneur moyenne des flavonoïdes (feuilles), des protéines totaux, du sodium et du potassium dans les organes (feuille, tige et racine) en fonction de différentes concentrations du NaCl seul et combiné à l'acide salicylique.

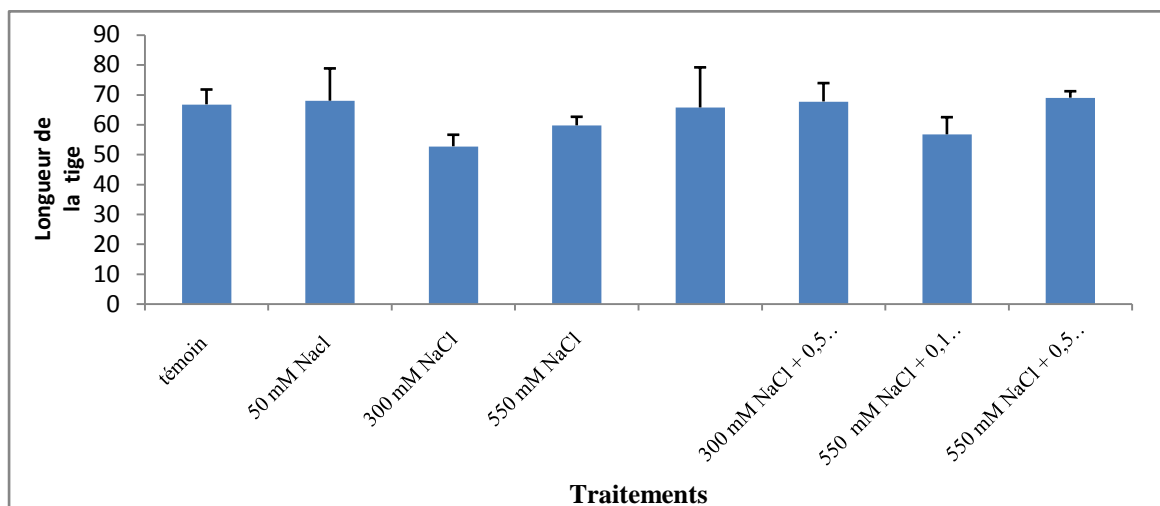
#### **1- Effet du NaCl seul ou associé à l'AS sur les paramètres biométriques**

##### **1-1- Hauteur de la tige dominante**

La figure 01 présente les valeurs moyennes de la hauteur de la tige principale des plantes stressées par les différents traitements comparés au témoin. Il ressort que la longueur moyenne de la tige la plus faible (52.75 cm) est notée pour les plantes stressées à 300 mM NaCl, et la plus élevée (69 cm) pour le traitement combiné 550 mM NaCl + 0.5 mM AS.

Pour les plantes traitées uniquement à la salinité, les longueurs enregistrées 52,75 et 59,75 cm pour les traitements 300 et 550 mM NaCl diminuent par rapport à celle des plantes témoins (66.78 cm), excepté le traitement 50 mM NaCl qui montre une élévation de la hauteur (68 cm), aucun effet remarquable de salinité seul sur les plantes.

Concernant l'action combinée, la hauteur de la tige notée pour l'ensemble des traitements additionnées de NaCl et AS montre une augmentation sauf pour le traitement 550 mM NaCl + 0.1 mM AS qui indique une baisse de la longueur en comparaison avec les plantes témoins. L'ajout de 0.5 mM d'AS au milieu salin a favorisé la croissance de la plante, en effet, les valeurs mesurées 67,75 et 69 cm pour 300 et 550 mM NaCl en comparaison aux plantes témoins et à celles stressées au chlorure de sodium seul.



**Fig.01:** Hauteur de la tige dominante des jeunes plantes d'*Atriplex halimus* L. traitées au chlorure de sodium en présence ou en absence de l'acide salicylique.

**Tableau 02 :** Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la longueur de tige après le stress des plantes d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	787,4688	112,4955	2,1884	0,0722
Erreur	24	1233,7500	51,4063		
Total corrigé	31	2021,2188			

L'analyse statistique de ce tableau 02, montre une différence non significative entre les traitements.

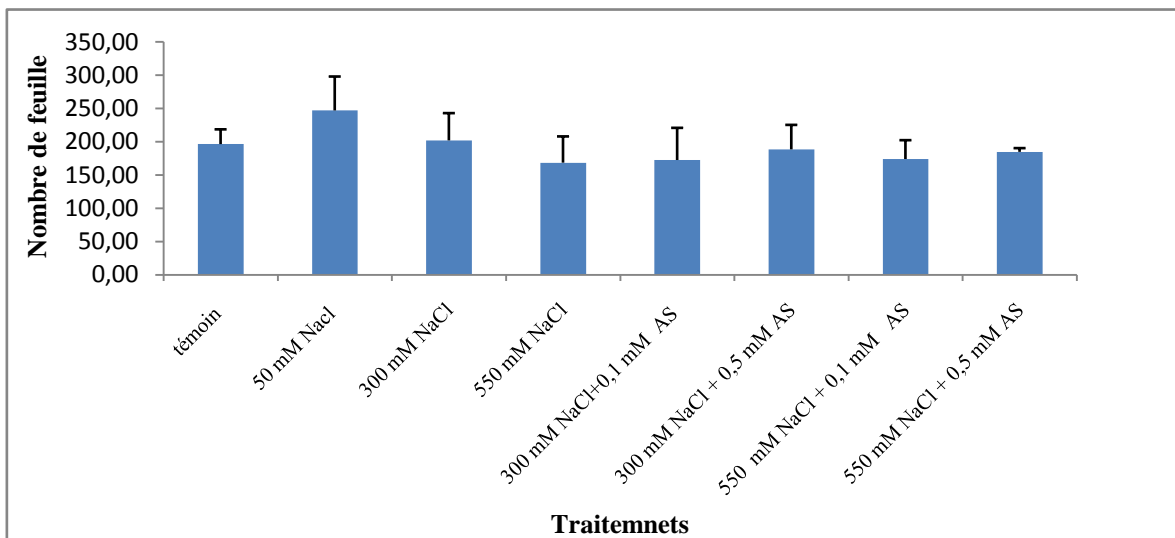
### 1-1-2- Nombre de feuilles

Pour mettre en évidence la réponse des plantules de l'*Atriplex halimus* soumises au stress nous avons mesuré également le nombre de feuilles après l'application du stress.

Sous l'effet du stress salin seul, la moyenne du nombre des feuilles (168,5) la plus faible est comptée pour les plantes stressées à 550 mM NaCl, et la plus élevée (247) pour le traitement 50 mM NaCl. Le traitement de 300 mM NaCl a marqué une valeur intermédiaire de (202 feuilles). Le nombre de feuilles des plantes témoins est 196,40. Nous constatons ici que le développement des feuilles est favorisé par la très faible salinité (50 mM NaCl). En effet ce nombre est très élevé par rapport celui des témoins.

Pour les feuilles stressées par les sels combinés à l'AS, on constate que l'apport de cette acide n'a pas induit une croissance des feuilles, en effet, la moyenne des feuilles de l'ensemble des traitements est faible par rapport à celle des plantes témoins. Néanmoins, nous notons que l'apport de 0,1 et 0,5 mM AS à 550 mM NaCl améliore le nombre le feuilles 174,00 et 184,75 respectivement par rapport au feuilles des plantes traitées à la salinité correspondante sans AS.

L'addition de 0,5 mM d'AS aux concentrations saline 300 et 550 mM améliore le développement des feuilles contrairement à l'apport de 0,1 mM d'AS.



**Fig.02:** Nombre de feuilles des jeunes plantes d'*Atriplex halimus* L. traitées au chlorure de sodium en présence ou en absence de l'acide salicylique

**Tableau 03:** Analyse de la variance à l'aide du test Anova de nombre de feuilles après le stress des plantes d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	26321,4688	3760,2098	2,6681	0,0342
Erreur	24	33823,7500	1409,3229		
Total corrigé	31	60145,2188			

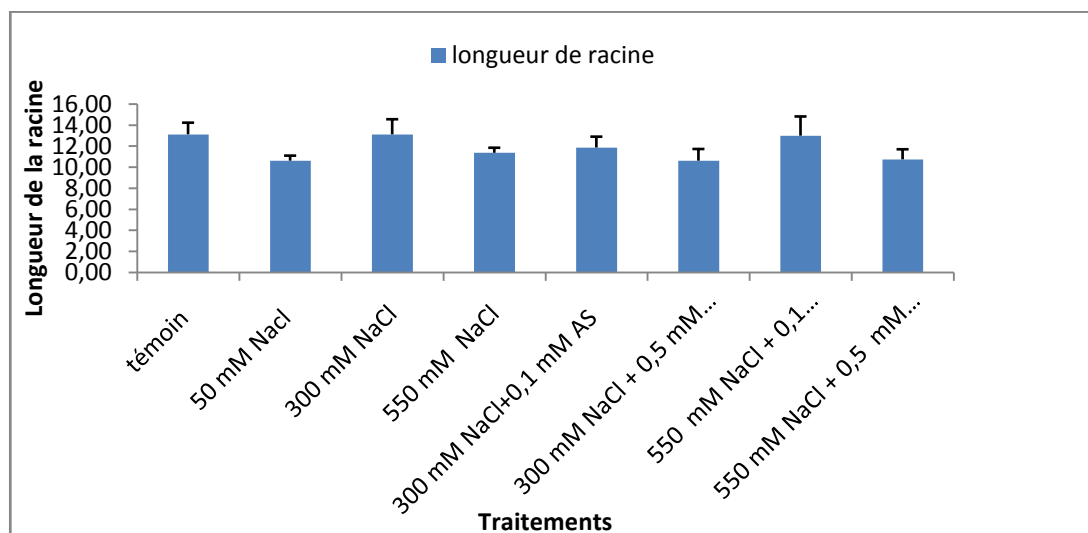
L'analyse statistique de ce tableau 03, montre une différence significative entre les traitements.

### 1-1-3- Longueur de la racine

La figure 03 présente les valeurs moyennes de la longueur de la racine principale des plantes stressées par les différents traitements comparés au témoin. Les résultats montrent que longueur moyenne la plus élevée et marquée aussi chez les plantes traitées à 300 mM NaCl, par contre la plus faible (10.63 cm) est mesurée pour les plantes stressées sous 50 mM NaCl et sous 300 mM NaCl + 0.5 mM AS.

Pour les plantes qui ont subies le traitement salin, la longueur des racines varie en fonction de la concentration du sel, néanmoins nous remarquons que sous les traitements 50 et 550 mM NaCl les moyennes mesurées sont proches (10,63 et 11,38 cm), elles sont légèrement élevées par rapport aux racines témoins (13.13 cm). La longueur des plantes stressées à 300 mM NaCl est identique à celle du témoin. L'ajout des concentrations de NaCl seul n'a donner aucun effet sur le développement des plantes.

L'addition de l'AS a maintenue les longueurs presque identiques à celles des plantes traitées au NaCl seul excepté pour le traitement 550 mM NaCl auquel on a ajouté 0.1 mM AS qui a favorisé la croissance de la racine et s'est élevée à 13cm, par rapport à celle des plantes traitées 550 mM NaCl seul.



**Fig.03:** Longueur de la racine des jeunes plantes d'*Atriplex halimus* L. traitées au chlorure de sodium en présence ou en absence de l'acide salicylique

**Tableau 04:** Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la longueur de racine des plantes d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	50,5938	7,2277	1,1516	0,3657
Erreur	24	150,6250	6,2760		
Total corrigé	31	201,2188			

L'analyse statistique de ce tableau 04, montre une différence non significative entre les traitements.

## 1-2- Biomasse fraîche et sèche aérienne

### 1-2-1- Matière fraîche et sèche foliaire

La lecture de la figure 04 montre que les résultats du poids frais des feuilles obtenus varient entre 6,67 et 8. 74g/plante sous le traitement 550 mM NaCl et le témoin.

Les plantes stressées au NaCl seul montrent une biomasse variable qui est faible par rapport au témoin. Les valeurs moyennes enregistrées sont de 6.93 ,7.65 et 6.67 g/plante respectivement pour 50, 300 et 550 mM NaCl contre 8. 74g/plante pour le témoin.

En ce qui concerne les traitements combinées, nous enregistrons une légère augmentation du poids frais sous l'apport de 0.1 et 0.5 mM AS associé à 300 et 550 mM NaCl par rapport au poids frais des plantes traitées uniquement au sel correspondant.

C'est le traitement 0.5 mM AS additionné à 300 mM AS qui a amélioré la biomasse fraîche (8,41g/plante) des feuilles.

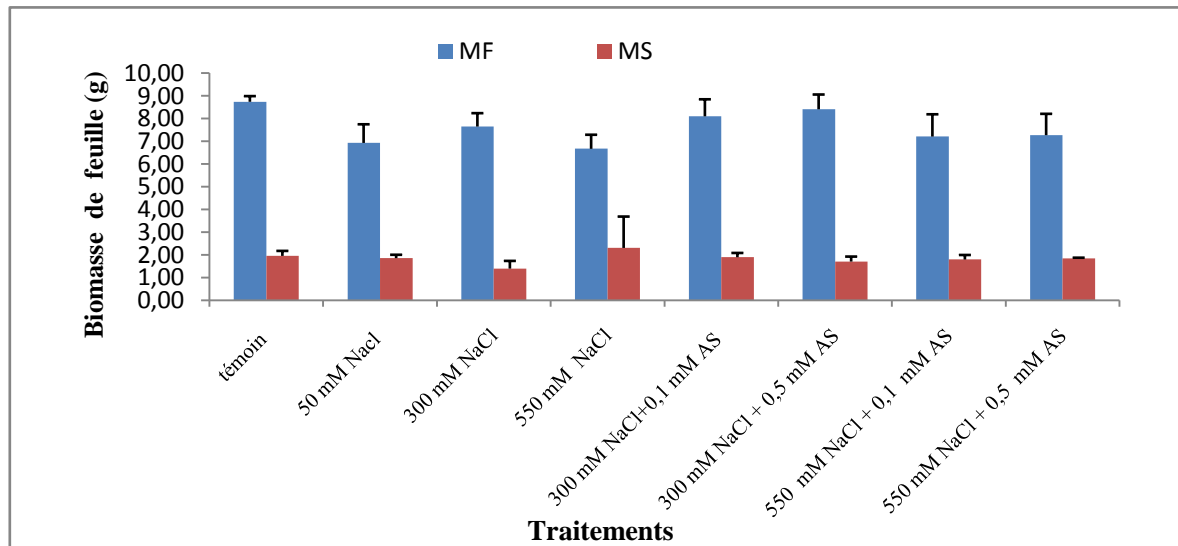
Les résultats du poids sec des feuilles obtenus sont très variables. Les stress à 300 et à 50 mM NaCl ont induit une baisse de la biomasse sèche des feuilles (1.40 et 1,86 g/plante) par rapport au plante témoin (1,96), par contre, les plantes stressées à 550 mM NaCl ont montés une augmentation remarquable du poids sec (2.31 g/plante).

Par rapport aux plantes témoins, l'apport de l'AS n'a pas favorisé la biomasse sèche des plantes ; par contre en comparaison aux plantes traitées à l'NaCl seul, nous notons que le traitement 300 mM NaCl associé à 0,1 et à 0,5 mM AS provoque une élévation de la



matière sèche (8,10 à et 8,41 g/plante) par rapport aux plantes traitées uniquement à 300 mM NaCl.

C'est également l'apport de 0,5 mM AS associé à 300 mM NaCl qui a amélioré la matière sèche foliaire de l'*Atriplex halimus* L.



**Fig.04:** Biomasse des feuilles des plantes d'*Atriplex halimus* L. selon la concentration en NaCl et en acide salicylique.

**Tableau 05:** Analyse de la variance à l'aide du test Anova de Biomasse de feuilles des plantes d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	15,1108	2,1587	4,0156	0,0048
Erreur	24	12,9018	0,5376		
Total corrigé	31	28,0127			

L'analyse statistique de ce tableau 05, montre une différence hautement significative entre les traitements, en effet, le test de **NEWMAN-KEULS**, forme un trois groupes homogène (A, B, C) (tableau 04 Annexe).

**Tableau 06:** Analyse de la variance à l'aide du test Anova Matière sèche de feuilles des plantes d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	1,8047	0,2578	0,8777	0,5382
Erreur	24	7,0498	0,2937		
Total corrigé	31	8,8545			

L'analyse statistique de ce tableau 06, montre une différence non significative entre les traitements, en effet, le test de **NEWMAN-KEULS**, forme un deux groupes homogène (A et B) (tableau 05 Annexe).

### 1-2-2- Matière fraîche et sèche de la tige

La figure 05 montre que les résultats des poids frais de la tige est varié entre 3.64 g et 6.28 g/plante pour le traitement 550 mM NaCl et le témoin.

Les plantes stressées à NaCl seulement ont une faible variation par rapport au témoin de moyennes 4,58, 3.64 et 4,92 g/plante progressivement pour 50, 300 et 550 mM NaCl contrairement au témoin (6.28 g/plante).

Ce qui concerne les traitements combinés à AS, une légère augmentation de poids frais remarquable chez 0.1 et 0.5 mM AS associée à 300 et 550 mM NaCl par rapport au poids frais des plantes traitées uniquement au sel.

C'est le traitement 0.5 mM AS additionné à 550 mM AS qui a amélioré la biomasse fraîche (4.46 g/plante) de la tige.

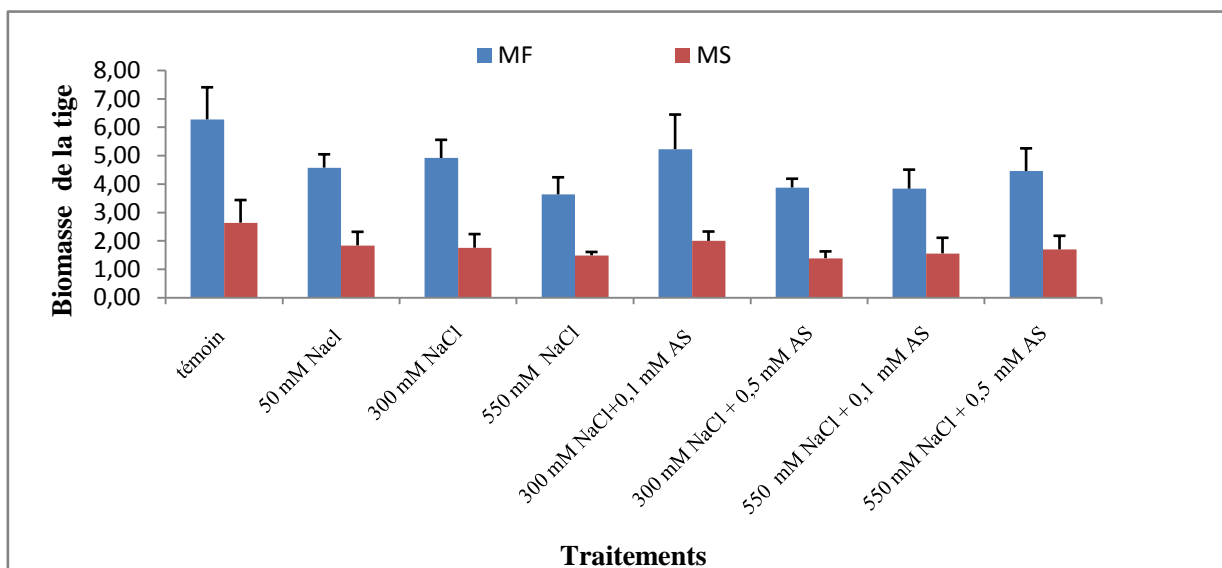
A propos de poids sec de tige, les résultats sont variés entre 1.39 et 2.64 g/plante pour les traitements suivant 300 mM NaCl + 0.5 mM AS et témoin.

Les résultats obtenus des plantes stressées à NaCl seulement ont une diminution de poids sec par rapport au témoin de moyennes 1.84, 1.76 et 1.49 g/plante respectivement pour les concentrations 50, 300 et 550 mM NaCl par opposition au témoin a enregistré 2.64 g/plante.

Par rapport aux plantes témoins, l'apport de l'AS n'a pas favorisé la biomasse sèche des plantes ; par contre en comparaison aux plantes traitées à l'NaCl seul, nous notons que le traitement 550 mM NaCl associé à 0,1 et à 0,5 mM AS provoque une élévation de la

matière sèche (1.56 à et 1.70 g/plante) par rapport aux plantes traitées uniquement à 550 mM NaCl.

C'est également l'apport de 0,5 mM AS associé à 550 mM NaCl qui a amélioré la matière sèche de la tige de l'*Atriplex halimus* L.



**Fig.05:** Biomasse de tige des jeunes plantes d'*Atriplex halimus* L. traitées au chlorure de sodium en présence ou en absence de l'acide salicylique.

**Tableau 07:** Analyse de la variance à l'aide du test Anova matière sèche tige des plantes d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	21,4227	3,0604	4,9639	0,0014
Erreur	24	14,7967	0,6165		
Total corrigé	31	36,2193			

L'analyse statistique de ce tableau 07, montre une différence hautement significative entre les traitements, en effet, le test de **NEWMAN-KEULS**, forme deux groupes homogènes (A et B) (tableau 06 Annexe).

**Tableau 08:** Analyse de la variance à l'aide du test Anova Matière sèche de tige des plantes d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	4,3318	0,6188	2,7464	0,0303
Erreur	24	5,4078	0,2253		
Total corrigé	31	9,7396			

L'analyse statistique de ce tableau 08, montre une différence significative entre les traitements, en effet, le test de **NEWMAN-KEULS**, forme deux groupes homogènes (A et B) (tableau 07 Annexe).

### 1-3-Teneur en protéines totales

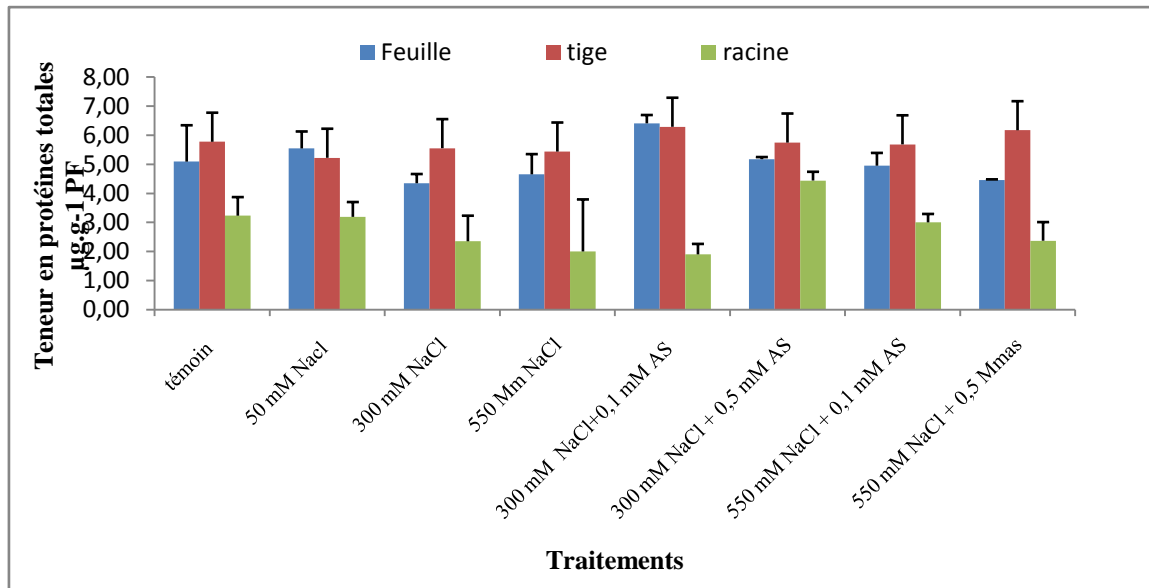
Les teneurs en protéines totales déterminées au niveau des feuilles, tiges et racines des plantes sont représentées dans la figure 06. La teneur en protéine, varie entre 1.90 et 6.41  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  PF, pour les plantes traitées sous 300 mM NaCl+ 0.1 mM AS au niveau des racines et des feuilles.

Chez les plantes témoins, les protéines solubles totales sont concentrées de préférence dans les tiges (5,77  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  PF) et dans les feuilles (5,09  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  PF). L'application du stress salin a affectée la teneur protéique des trois organes, qui ont indiqué une baisse de la teneur en protéines totales sauf pour les plantes traitées à 50 mM NaCl qui a enregistré une légère élévation (5,54  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  PF) par rapport aux plantes témoins (5,09  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  PF). Les teneurs en protéines varient selon l'organe et l'intensité du stress salin surtout au niveau des feuilles et tiges. Par contre au niveau racinaire, ces teneurs diminuent en fonction de l'accroissement du stress salin, ils sont respectivement de 3,19 ; 2,30 et 2.00 sous 50 300 550 mM NaCl.

Pour les plantes traitées par les sels combinés à l'AS, il ressort que la teneur en protéines dans les feuilles (6,41 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ PF) et les tiges (6,29  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ PF) est très élevée et augmente par rapport à celles du témoin (5,09 et 5,77  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ PF) sous le traitement 300 mM NaCl +0,1 mM AS ; ces teneurs diminuent avec l'apport de 0,5 mM AS. Contrairement aux racines qui indiquent une augmentation des protéines sous cette concentration d'AS.

Les teneurs en protéines foliaires (4,95  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ PF) ont légèrement augmenté en apportant 0,1 mM d'AS à la solution saline 550 mM NaCl par rapport à celles des plantes

stressées uniquement à 550 mM NaCl et aux témoins. Au niveau des tiges, les teneurs en protéines augmentent en fonction de la concentration de l'AS, elles passent de 5,68 à 6,17  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{PF}$  sous 0,1 et 0,5 mM d'AS. Ces teneurs s'élèvent également par rapport aux plantes traitées uniquement à 550 mM NaCl et les témoins. Les teneurs en protéines au niveau des racines, baissent sous l'apport de l'AS 0,1 et 0,5 mM de 3,00 à 2,37  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{PF}$  et en comparant aux plantes témoins et à celles traitées à 550 mM NaCl seul.



**Fig.06 :** Teneurs en protéines ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{PF}$ ) des feuilles, tige et racine des jeunes plantes d'*Atriplex halimus* L. traitées au chlorure de sodium en présence ou en absence de l'acide salicylique.

**Tableau 09:** Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la teneur en protéine des feuilles des plantes d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	12,5813	1,7973	5,0326	0,0013
Erreur	24	8,5713	0,3571		
Total corrigé	31	21,1526			

L'analyse statistique de ce tableau 09, montre une différence hautement significative entre les traitements, en effet, le test de **NEWMAN-KEULS**, forme deux groupes homogènes (A et B) (tableau 08 Annexe).

**Tableau 10** : Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la teneur en protéine de tige des plantes d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	3,4895	0,4985	4,3778	0,0030
Erreur	24	2,7329	0,1139		
Total corrigé	31	6,2224			

L'analyse statistique de ce tableau 10, montre une différence hautement significative entre les traitements, en effet, le test de **NEWMAN-KEULS**, forme trois groupes homogènes (A, B et C) (tableau 09 Annexe).

**Tableau 11** : Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la teneur en protéine de racine des plantes d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	19,7098	2,8157	9,7145	< 0.0001
Erreur	24	6,9562	0,2898		
Total corrigé	31	26,6660			

L'analyse statistique de ce tableau 11, montre une différence très hautement significative entre les traitements, en effet, le test de **NEWMAN-KEULS**, forme trois groupes homogènes (A, B et C) (tableau 10 Annexe).

#### 1-4- Effet de la salinité sur la teneur en cations

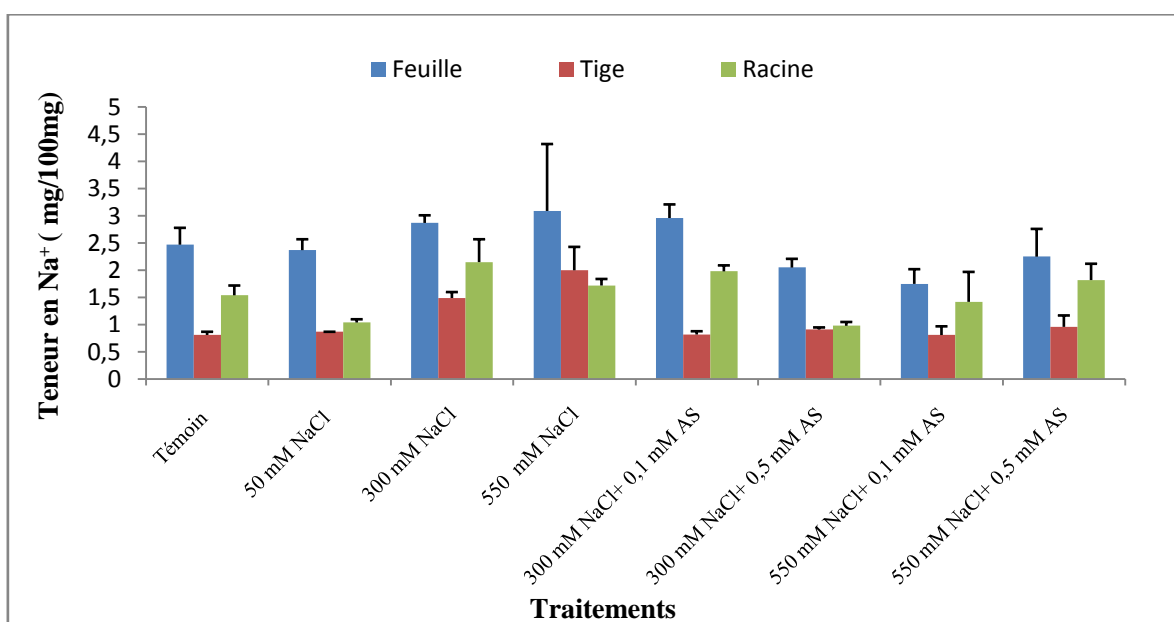
##### 1-4-1-Teneur en Na<sup>+</sup> dans les différents organes

Les teneurs en sodium déterminées au niveau des feuilles, tiges et racines des plantes sont représentées dans la figure 07. D'après les résultats de cette figure, il ressort que la teneur en Na<sup>+</sup> varie entre 0.81 et 3.09 mg/100mg PS, au niveau de la tige témoin et celle

traitée à 550 mM NaCl +0,1 AS et de la feuille sous 550 mM NaCl. Les feuilles sont donc plus riches en sodium que les autres organes aussi bien pour le témoin que sous les conditions de stress.

Pour les plantes sous stress salin uniquement, les résultats montrent que les teneurs en  $\text{Na}^+$  augmentent respectivement dans les feuilles en fonction de l'intensité du NaCl en comparant avec les feuilles témoins (2.37 ; 2.87 et 3.09 contre 2.37 mg/100 mg PS). Par contre l'ajout de 0.1 et 0.5 mM d'AS au concentration saline 300 et 550 mM NaCl ont provoqué une diminution de la teneur en  $\text{Na}^+$  par rapport aux plantes témoins, sauf pour les plantes traitées à 300 mM NaCl + 0.1 mM AS.

On note qu'une forte baisse du sodium foliaire est obtenu avec le traitement 550 mM NaCl + 0.1 mM AS.



**Fig .07 :** Teneur en  $\text{Na}^+$  dans les organes des jeunes plantes d'*Atriplex halimus* L. traitées au chlorure de sodium en présence ou en absence de l'acide salicylique.

**Tableau 12:** Analyse de la variance à l'aide du test Anova de  $\text{Na}^+$  des feuilles des plantes d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	6,1924	0,8846	3,3511	0,0123
Erreur	24	6,3356	0,2640		
Total corrigé	31	12,5280			

L'analyse statistique de la variance effectuée sur la teneur en  $\text{Na}^+$  des feuilles (tableau 12) montre une différence significative entre le témoin et les autres traitements. Le test-**NEWMAN-KEULS** a révélé 02 groupes homogènes (A et B) (tableau 11 Annexe).

Pour les tiges, la teneur en  $\text{Na}^+$  augmente également sous stress salin (0.87 ,1.49 et 2 mg/100mg) respectivement pour les traitements 50, 300 et 550 mM NaCl par rapport au témoin (0.81 mg/100mg PS), donc la présence du NaCl dans le milieu d'arrosage provoque une accumulation de  $\text{Na}^+$  dans la tige.

Par contre l'application de l'AS combinée au NaCl, induit une baisse de la teneur en  $\text{Na}^+$  par rapport aux plantes traitées au sel, cependant, les teneurs enregistrés augmentent en fonction de la concentration de l'AS. Elles passent de 0,82 à 0,91 et de 0,81 à 0,96 mg/100mg PS respectivement pour 300 et 550 mM NaCl associé à 0,1 et à 0,5 mM AS. Donc l'addition de l'AS réduit de l'accumulation de  $\text{Na}^+$ .

**Tableau 13** : Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la teneur  $\text{Na}^+$  de tige des plantes d'*Atriplex halimus* L .sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	2,2141	0,3163	4,7278	0,0019
Erreur	24	1,6056	0,0669		
Total corrigé	31	3,8197			

Selon l'analyse statistique de la variance de la teneur en  $\text{Na}^+$  des tiges (tableau 13), l'effet de NaCl et l'acide salicylique est très hautement significatif. Le test-**NEWMAN-KEULS** a révélé 03 groupes homogènes (tableau 12 Annexe).

La teneur en  $\text{Na}^+$  des racines des plantes traitées à la salinité seul est par contre variable, elle diminue sous les traitements 50 et 550 mM NaCl respectivement à 1.04 et 1.72 mg/100 mg PS mais augmente à 2.15 et mg/100 mg PS sous 300 mM NaCl par rapport aux plantes témoins (1.54 mg/100 mg PS).

Les résultats acquis pour le stress salin combiné à l'AS montre que les teneurs en  $\text{Na}^+$  sont élevés pour les plantes traitées à 300 mM NaCl + 0,1 mM AS et à 550 mM NaCl + 0,5 mM AS par rapport au témoin qui montre une teneur de 1.54 mg/100 mg PS. Alors

que le traitement 300 Mm additionné de 0.5 mM AS a fait baisser la teneur en sodium (0,98 mg/100 mg PS).



**Tableau 14** : Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la teneur en  $\text{Na}^+$  de racine des plantes d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	2,6637	0,3805	14,6748	< 0.0001
Erreur	24	0,6223	0,0259		
Total corrigé	31	3,2861			

L'analyse statistique de la variance de la teneur en  $\text{Na}^+$  de racine (tableau 14), montre un effet très hautement significatif entre le témoin et les différents traitements. Le test-**NEWMAN-KEULS** a révélé 03 groupes homogènes (tableau 13 Annexe).

#### 1-4-2- Teneur en $\text{K}^+$ dans les différents organes

Les teneurs en potassium déterminées au niveau des feuilles, tiges et racines des plantes sont représentées dans la figure 08. Selon les résultats de cette figure, il ressort que la teneur en  $\text{K}^+$  varie entre 0,73 et 2,68 mg/100mg PS, au niveau de la racine 300 mM NaCl +0.5mM AS et de la tige sous 550 mM NaCl. Les tige sont donc plus riches en potassium que les autres organes aussi bien pour le témoin que sous les conditions de stress.

Les plantes stressées à NaCl seulement, les résultats montrent que les teneurs en  $\text{K}^+$  augmentent respectivement dans les feuilles en fonction de l'intensité du NaCl en comparant avec les feuilles témoins (1.85, 1.78 et 2.36 contre 1.52 mg/100 mg PS). Par contre l'ajout de 0.1 et 0.5 mM d'AS à la concentration saline 300 et 550 mM NaCl ont provoqué une léger diminution de la teneur en  $\text{K}^+$  par rapport aux plantes traité par sel seul.

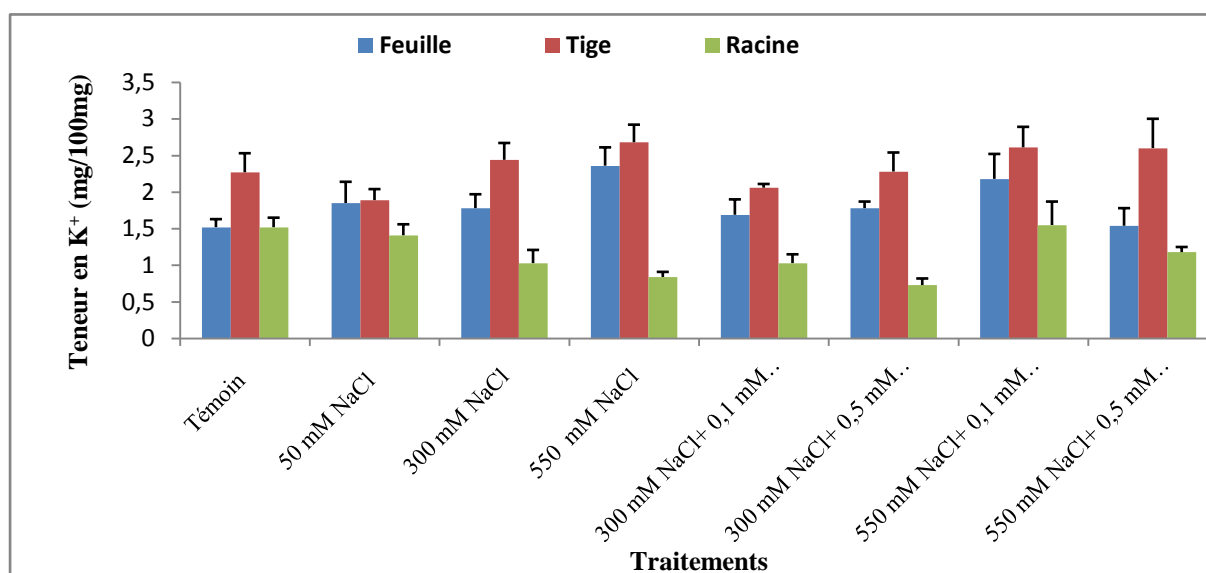
Pour les tiges, la teneur en  $\text{K}^+$  augmente également sous stress salin (2,44 et 2,68 mg/100mg) respectivement pour les traitements 300 et 550 mM NaCl par rapport au témoin (0.81 mg/100mg PS), sauf sous le traitement 50 mM NaCl la teneur a été diminuée (1,89 mg/100mg PS), donc la présence du NaCl dans le milieu d'arrosage provoque une accumulation de  $\text{K}^+$  dans la tige.

D'autre par l'application de l'AS combinée au NaCl, induit une baisse de la teneur en  $\text{K}^+$  par rapport aux plantes traitées au sel, cependant, les teneurs enregistrés augmentent en fonction de la concentration de l'AS. Elles passent de 2,06 à 2,28 et 2,61 à 2,6

mg/100mg PS respectivement pour 300 et 550 mM NaCl associé à 0,1 et à 0,5 mM AS. Donc l'addition de l'AS réduit de l'accumulation de  $K^+$ .

La teneur en  $K^+$  des racines des plantes traitées à la salinité seul est par contre variable, elle diminue sous les traitements 50, 300 et 550 mM NaCl respectivement à 1.41, 1.03 et 1.72 mg/100 mg PS par rapport aux plantes témoins (1.52 mg/100 mg PS).

Les résultats acquis pour le stress salin combiné à l'AS montre que les teneurs en  $K^+$  sont élevés pour les plantes traitées à 550 mM NaCl + 0,1 mM AS et à 550 mM NaCl + 0,5 mM AS par rapport aux plantes traitée au sel, Alors que le traitement 300 Mm additionné de 0.1 et 0.5 mM AS fait baisser la teneur en potassium (1.03 et 0.73 mg/100 mg PS).



**Fig. 08** : Teneur en  $k^+$  de feuille, tige et racine des jeunes plantes d'*Atriplex halimus* L. traitées au chlorure de sodium en présence ou en absence de l'acide salicylique.

**Tableau 15** : Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la teneur en  $k^+$  de feuille des plantes d'*Atriplex halimus*L.sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	2,4727	0,3532	6,4383	0,0002
Erreur	24	1,3168	0,0549		
Total corrigé	31	3,7895			

L'analyse statistique de la variance de la teneur en  $k^+$  de feuilles (tableau 15), montre un effet très hautement significatif entre le témoin et les différents traitements. Le test-**NEWMAN-KEULS** a révélé 03 groupes homogènes (tableau 14 Annexe).

**Tableau 16** : Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la teneur en  $K^+$  de tige des plantes d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	2,2141	0,3163	4,7278	0,0019
Erreur	24	1,6056	0,0669		
Total corrigé	31	3,8197			

L'analyse statistique de la variance de la teneur en  $K^+$  de tige (tableau 16), montre un effet très hautement significatif entre le témoin et les différents traitements. Le test-**NEWMAN-KEULS** a révélé 03 groupes homogènes (tableau 15 Annexe).

**Tableau 17** : Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la teneur en  $K^+$  de racine des plantes d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	2,6637	0,3805	14,6748	< 0.0001
Erreur	24	0,6223	0,0259		
Total corrigé	31	3,2861			

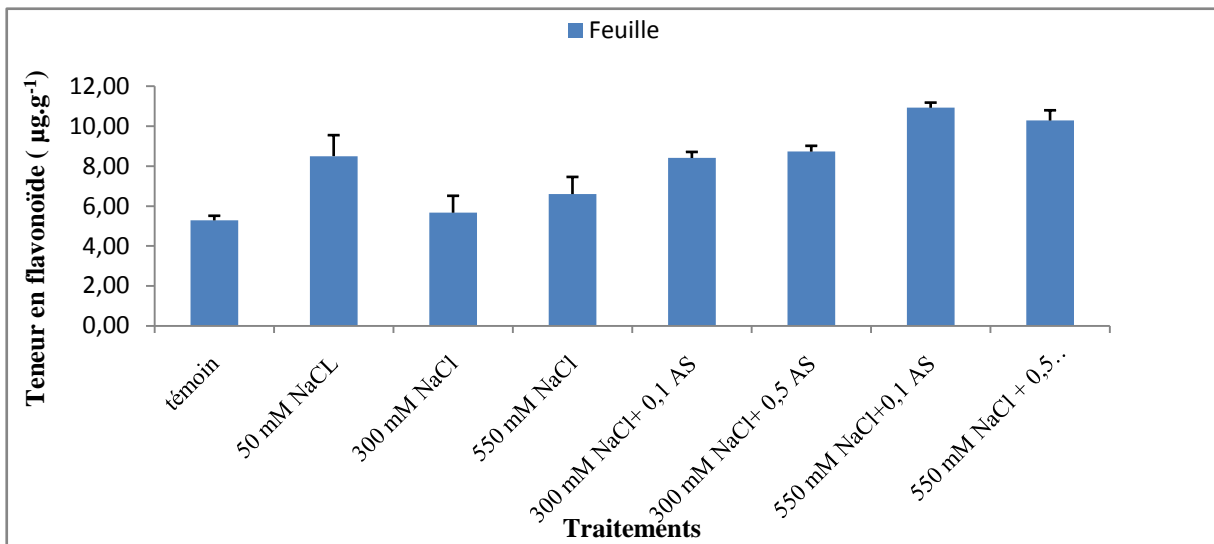
L'analyse statistique de la variance de la teneur en  $K^+$  de racine (tableau 17), montre un effet très hautement significatif entre le témoin et les différents traitements. Le test-**NEWMAN-KEULS** a révélé 04 groupes homogènes (tableau 16 Annexe).

### 1-5- Les flavonoïdes

D'après les résultats consignés dans la figure 09, la teneur en flavonoïde des feuilles varie entre 5.28 et 10.92  $\mu\text{g.g}^{-1}$  PF, pour les plantes témoins et celles traitées à 550 mM NaCl+ 0.1 mM AS.

Chez les plantes stressées au NaCl seul, la teneur en flavonoïde augmente rapidement sous 50mM NaCl à 8.50  $\mu\text{g.g}^{-1}$  PF par rapport au témoin 5,28  $\mu\text{g.g}^{-1}$  PF. Puis chute en fonction de l'intensité du stress à 5.66 et 6.60  $\mu\text{g.g}^{-1}$  PF pour les traitements 300 et 550 mM de NaCl, mais ces valeurs restent toujours élevées en comparaison des feuilles témoins.

Les traitements au stress salin associés à l'AS, montrent que les apports de 0,1 et 0,5 mM d'AS augmentent les teneurs en flavonoïde des feuilles des plantes sous 300 et 550 mM NaCl par rapport aux témoins et à celles traitées uniquement au sel. La teneur la plus élevée en flavonoïde est enregistrée sous 550 mM NaCl + 0,1 mM AS.



**Fig.09** : Teneurs en flavonoïdes ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{PF}$ ) des jeunes feuilles plantes d'*Atriplex halimus* L. traitées au chlorure de sodium en présence ou en absence de l'acide salicylique.

**Tableau 18** : Analyse de la variance à l'aide du test Anova de la teneur en flavonoïde des feuilles des plantes d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin enrichi ou non en acide salicylique.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	118,0986	16,8712	43,1161	< 0.0001
Erreur	24	9,3911	0,3913		
Total corrigé	31	127,4897			

Selon l'analyse statistique de la variance de la teneur en flavonoïde des feuilles (tableau 18), l'effet de NaCl et l'acide salicylique est très hautement significatif.

Le test-**NEWMAN-KEULS** a révélé 04 groupes homogènes (tableau 17 Annexe)

### III-2- Discussion

La salinité peut constituer une gêne majeure au développement de la production agricole, notamment dans les zones semi-arides et arides. Ce phénomène crée des variations importantes du rendement.

Les stress abiotiques se traduisent par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance de la plante et sa productivité (BENNACEUR *et al.*, 2001).

❖ Pour la croissance

Le genre *Atriplex* contient beaucoup d'espèces qui peuvent accomplir leurs cycles de vie dans des conditions environnementales extrêmes telles que la salinité, sécheresse et hautes températures (SILVERA *et al.*, 2009).

D'après les résultats obtenus, la biométrie de la partie aérienne de l'*Atriplex halimus* sous l'application de stress salin a montré une croissance non significative pour les différents traitements de chlorure de sodium. En effet, selon LEVIGNERON *et al.* (1995), une augmentation brutale de la salinité du sol se traduit par une réduction immédiate de la croissance foliaire contrairement aux glycophytes qui indiquent un retard de croissance important dès 50 mM de NaCl dans la solution du sol. Les halophytes semblent diminuer sous l'action des concentrations beaucoup plus élevées; par exemple chez *Atriplex halimus* L. c'est à partir de 480 mM de NaCl que sa production diminue (BRUN., 1980).

En effet, nos résultats ont marquée une réduction de la biomasse aérienne chez l'*Atriplex halimus* sous les différentes concentrations de chlorure de sodium ; les mêmes résultats ont également été rapporté par plusieurs auteurs chez la luzerne (MEZNI *et al.*, 2002; IBRIZ *et al.*, 2004 ). Cette diminution peut s'expliquer selon (EPRON *et al.*, 1999., in DURAND., 2007) par un déséquilibre ioniques .

La réduction de la biomasse en fonction des traitements salins révèle des réactions variables selon le stade de développement et le paramètre pris en considération (ROCHDI *et al.*, 2004).

D'autre part, l'apport de l'acide salicylique a favorisé le développement de la hauteur de la tige et le nombre des feuilles pour l'ensemble des traitements appliquées en AS ; néanmoins l'augmentation est importante sous 0,5 mM 550 mM NaCl. L'acide salicylique protège la croissance des plantes et induit le système de défense antioxydant sous l'effort de sel (NAZAR *et al.*, 2011). C'est un composé phénolique de la plante,

considéré comme une hormone régulateur endogène dont le rôle est d'établir la tolérance de sel de la plante (NAZAR *et al.*, 2011).

L'application de l'acide salicylique, de l'acide acétylsalicylique ou d'autres analogues de l'AS, aux feuilles de maïs et du soja a accéléré leur surface foliaire et la production de masse sèche, mais la hauteur de la plante et la longueur des racines est demeurée inchangée (MOHAMED., 2014).

L'effet de l'acide salicylique combiné aux traitements salins sur la biomasse de la partie aérienne de l'*Atriplex halimus* a donnée des résultats moins importants que celle de l'application du stress salin seul.

#### ❖ Pour les protéines

Au cours de cette expérience et sous les trois différentes concentrations appliquées (50, 300 et 550 mM NaCl), nous avons noté une diminution de la teneur en protéines totales dans la partie aérienne et souterraine de la plante proportionnelle à la contrainte saline.

La teneur en protéines enregistré est réduite sous stress salin croissant ; nos résultats sont similaires à ceux de SHAKEEL et MANSOOR (2012) qui ont travaillé avec les mêmes concentrations sur *Vigna radiata* L. et à ceux de (KHEDR *et al.*, 2003) sur *Pancratium maritimum*.

Il a été rapporté que chez plusieurs espèces végétales, le sel induit des modifications quantitatives et qualitatives dans la synthèse des protéines (RAMAGOPAL., 1987). En effet les protéines sont considérées comme un critère biochimique dans la réaction des plantes lorsqu'elles sont soumises à des contraintes du milieu (OUIS et BELKHODJA., 2012).

Nos résultats confirment que de la teneur en protéines en fonction de l'organe et de l'espèce. L'effet du sel se manifeste une diminution des teneurs en protéines solubles (BEKKI *et al.*, 1987), due à une ralentissement de la synthèse protéique et inhibition de l'activité enzymatique (BLAHA *et al.*, 2000).

L'effet de la salinité de NaCl sur la synthèse des protéines serait plutôt dû à la toxicité de Cl<sup>-</sup> (MARSCHNER., 1986).

En revanche, l'effet combiné de la salinité et de l'acide salicylique ont montré une augmentation de l'accumulation de protéines totales libres dans les différents organes des plantes. Cependant, cette accumulation est restée supérieur au niveau des tiges par rapport feuille et racine.

## ❖ Pour le sodium

La salinité est l'un des facteurs environnementaux principaux limitant la croissance et la productivité de plantes. Des travaux sur l'action de la salinité sur la physiologie des plantes indiquent que le métabolisme est plus ou moins perturbé dans les milieux enrichis en sels (HOFFMANN *et al.*, 1989) ; les sels sont susceptibles entre autre de modifier le potentiel minéral (CHEESMAN., 1988).

Bien que le Na<sup>+</sup> a été considéré un micronutriment, excès Na<sup>+</sup> de niveau soit évidemment toxique aux plantes (BLUMWALD., 2000). La concentration élevée du NaCl dans le sol impose le déséquilibre d'ion et l'effort hyper osmotique à la plante, menant à la désorganisation de membrane, à la toxicité d'ion, et aux dommages oxydants (SHABALAAND CUIN., 2007).

Nos résultats montrent que la teneur en sodium chez l'*Atriplex halimus* a augmentée coïncidant avec l'élévation des concentrations salines au niveau des feuilles, tige et racine.

L'effet du sel sur l'accumulation du sodium est très marqué, car les variations par rapport aux témoins sont très hautement significatives.

Ces résultats sont identiques à celles de BABA SIDI KACI SAFIA (2010) ; le sodium s'accumule chez les deux espèces à savoir *Atriplex halimus* et *Atriplex canescens* au niveau des trois organes, d'une façon croissante avec l'augmentation de la concentration en sel.

L'accumulation de Na<sup>+</sup> en conditions de stress salin dans la partie aérienne a été aussi rapportée par plusieurs auteurs dont NAVARRO et RUBIO (2006). Le taux de sodium est nettement supérieur dans les feuilles par rapport aux tiges et aux racines. D'après BOUAOUINA *et al* (2000), l'accumulation cellulaire de Na<sup>+</sup> chez le blé augmente avec la concentration de NaCl. REIMAN (1993), rapporte que, chez les espèces du genre *Atriplex*, il y a une translocation préférentielle des ions Na<sup>+</sup> vers la partie aérienne.

La salinité combinée à l'acide salicylique appliquée a provoquée une diminution significative des teneurs en sodium chez les feuilles. Notons, également, que la plus grande partie de Na<sup>+</sup> diminuée aussi dans la tige et la partie racinaire.

Les teneurs en sodium diminuent en additionnant des doses concentrées d'acide sulfosalicylique aux milieux salins en comparaison avec les teneurs enregistrées chez les plantes stressées uniquement avec les différentes doses de sel (BOUKRAA., 2008).

## ❖ Pour le potassium

Les halophytes de la famille de chénopodiacée avaient concerné pour s'ajuster sur les concentrations de sels (**FLOWERS., 2008**).

L'analyse de l'élément minéral  $K^+$ , sous l'effet de la salinité suggère une augmentation de sa teneur dans la partie aérienne chez l'*Atriplex halimus* par contre la partie souterraine une diminution de la teneur en  $K^+$  a été marquée. Cette réponse est marquée comme étant un bon marqueur physiologique au stress salin.

Nos résultats ont montré que le taux de potassium a baissé dans les feuilles quand le milieu salin est concentré en NaCl, mais augmente dans les tiges, et rapporte que, cette diminution est à relier avec la forte augmentation de la teneur en sodium dans les feuilles.

Les résultats de **BENLALDJ (2008)**, indiquent également que le taux de  $K^+$  chez *Atriplex halimus* L, baisse dans toute la plante lorsque la concentration du milieu devient plus élevée en sel. En effet, **TREMBLIN et FERARD (1994)** ; **OUERGI et al (2000)** ; **MEZNI et al (2002)** notent que le NaCl entraîne une diminution des teneurs en  $K^+$ . Ce phénomène a été expliqué par une interaction compétitive entre le  $Na^+$  et le  $K^+$  et l'inhibition de la rétention du potassium en présence de fortes concentrations en  $Na^+$  (**BERNSTEIN et al., 1995**).

Il convient de noter que le taux de  $K^+$  chez *Atriplex halimus* L. devient plus important dans les parties aériennes que dans les racines et davantage dans les tiges que les feuilles.

En outre, vis à vis du sodium, la charge en  $K^+$  dans les différents organes des plantes stressées et témoins reste élevée, ce qui conduit à une compétition ionique en milieu salin (**MEZNI et al., 2002**). Le  $Na^+$  semble influencer sur l'arrêt de l'absorption du  $K^+$  (**BELKHODJA., 1996**). Il est admis ordinairement que la compétition entre le  $Na^+$  et le  $K^+$  conduit à une réduction du  $K^+$  dans la plante, dans les milieux très salés (**BENYAMIN et al., 1987**).

L'acide salicylique a 0.5 mM maintien le  $K^+/Na^+$  et considéré comme un facteur important pour la croissance et la tolérance de salinité chez *Z.mays* (**TUFAIL et al., 2013**).

Selon **ELTAYEB (2005)**, l'acide salicylique peut jouer un rôle sur le maintien de l'intégrité des membranes, on peut déduire que cette molécule à différentes concentrations, joue un rôle sur la sélectivité ionique chez l'*Atriplex* sous stress salin et d'après **BOUTELIER et HUBAC., 1987** ; **ALEM et al (2005)** l'insuffisance du  $K^+$  dans les organes semblerait le résultat d'un processus de compétition ionique.



## ❖ Concernant les flavonoïdes:

Les résultats obtenus montrent que la teneur en flavonoïdes a augmenté sous l'effet de 50 mM de NaCl et donné la teneur la plus élevée, l'augmentation de la salinité réduit la teneur de cette métabolite secondaire. Selon **REZAZADEH et al (2012)**, la teneur en flavonoïdes augmente sous concentrations salines modérées et diminue sous les concentrations élevées. Nos résultats sont corrélés avec ceux de **BENDKHIL et DENDEN (2012)** qui ont travaillé sur la teneur en anthocyanines (un groupe des flavonoïdes) chez le gombo ; ils montrent que les anthocyanines augmentent sous stress à 60 et 100 mM de NaCl.

A des niveaux élevés de salinité, l'absorption du phosphore et du potassium, substances principales à la synthèse des métabolites secondaires, chute (**WARING et PITMAN., 1985**). Ceci est dû aussi aux troubles de l'activité enzymatique à cause d'une salinité accentuée, qui diminue la photosynthèse et par la suite la synthèse des flavonoïdes (**WONG et al., 2006**). D'après nos résultats, la teneur en flavonoïdes s'accroît lorsque la concentration en acide salicylique augmente. Une augmentation significative de la synthèse des flavonoïdes en réponse de l'application de l'acide salicylique est observée chez plusieurs espèces tel les que *Matricaria chamomilla* (**KOVÁČIK et al., 2009**), *Taraxacum officinale* (**KIM et al., 2009**), *Zingiber officinale* et *Silybum marianum* (**KHALILI et al., 2009**), (**GHASEMZADEH et JAAFAR., 2012**) et *Calendula officinalis* L. (**PACHECO et al., 2013**).



# Conclusion

### Conclusion

Nous rappelons que l'objectif de notre travail est d'étudier l'action de la salinité et de l'interaction acide salicylique et salinité sur la réponse protéique et minérale de jeunes plantes *Atriplex halimus* L.

Les événements précoces de l'adaptation des plantes au stress commencent par les mécanismes de perception puis de signalisation via une transduction de signaux et de messagers afin d'activer les diverses réponses physiologiques et métaboliques, y compris l'expression de gènes de réponse au stress. Les effets néfastes de la salinité sont généralement traduits sur la croissance et le développement des plantes aux niveaux moléculaire, biochimique et physiologique.

Nous avons noté que pour les plantes traitées uniquement à la salinité les paramètres morphologiques (hauteur de la tige principale, nombre des feuilles et longueur de racine principale) diminuent par rapport à celle des plantes témoins.

L'addition de différente concentration de l'AS au milieu salin a favorisé la croissance de la plante. L'application de 0,5 mM d'AS aux traitements salins 300 et 550 mM améliore le développement des feuilles et la longueur de tige, mais l'ajout de 0.1 mM AS a favorisé la croissance de la partie racinaire.

D'autre part, les plantes stressées au NaCl seul montrent une biomasse fraîche et sèche de la partie aérienne variable mais faible par rapport au témoin.

En ce qui concerne aussi pour les traitements combinées à l'AS, le traitement 0.5 mM AS améliore la biomasse fraîche et matière sèche des plantes l'*Atriplex halimus* L.

Nous avons observé que les plantules d'*Atriplex halimus* sont largement affectées par le stress salin, notamment les paramètres biochimiques. Une diminution a été enregistrée des teneurs en protéines lors de l'accroissement du stress salin ce qui signifie que la synthèse des protéines s'affecté sous la salinité mais une augmentation en réponse à l'AS ce qui indique que cette hormone favorise probablement la synthèse des protéines.

Les analyses des résultats  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  sous l'effet de la salinité, montrent que les teneurs en sodium et potassium s'accumulent dans la partie aérienne différemment de la partie souterraine chez l'*Atriplex halimus* L. c'est à dire il y a une translocation

## ***Conclusion***

---

préférentielle des ions vers la partie aérienne. La teneur en  $K^+$  diminue dans les feuilles, cette diminution est à relier avec la forte augmentation de la teneur en sodium.

L'application de l'acide salicylique à des concentrations 0.1 et 0.5 mM combinés a la salinité marque une influence sur la teneur en sodium par contre aucun effet n'a été enregistrée pour la teneur en potassium.

Le métabolite secondaire montre un accroissement linéaire en fonction de l'intensité du stress salin. Les flavonoïdes sont augmentés en réponse à la salinité, les plantes d'*Atriplex halimus* L. exposées sous stress salin ont tendance à synthétiser ces métabolites. Notre étude montre que l'AS favorise la synthèse des flavonoïdes.

L'utilité de l'AS dépend de la concentration, du mode d'application et de l'état de développement de la plante. La concentration 0.1 mM d'AS semble la plus efficace sur les paramètres biochimiques de la plante l'*Atriplex halimus* L. alors que pour les autres paramètres c'est la concentration 0.5mM d'AS qui se montre efficace.

Enfin, il est possible de suggérer d'autres tests expérimentaux :

- Faisant usage de concentrations plus faibles que 0.1 mM d'AS accompagnées d'une étude biométrique et biochimique pour mieux comprendre les réponses des plantes d'*Atriplex halimus* L. sous contrainte.
- Tester d'autres espèces d'*Atriplex*.
- Appliquer le traitement salin combiné à l'acide salicylique sur des stades âgés.

# Références bibliographiques

- ABBAD A., HADRAMI A., EL HADRAMI I., BENCHAAABANE A., 2004-** *Atriplex halimus* (chenopodiaceae): A halophitic species for restoration and rehabilitation of saline degraded lands. Pakistan Journal of Biological sciences, Vol .7, No.6 :1085-1093.
- ABDELKADER DZ. and SALEH A., 2002–** Protection induced by external Ca<sup>++</sup> application on praline accumulation, ion balance, photosynthetic pigments, protein and ABA concentration of mustard seedlings *Sinapis alba* L. under salinity stress. Egyptian Journal of Biology, Vol.4 :14-22.
- AGASTIAN P., KINGSLEY. S J., VIVEKANANDAN. M., 2000-** Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica* 38 : 287-290.
- AHMAD A., Q. FARIDUDDIN and S. HAYAT., 2003-** Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica* 41(2): 281-284.
- AISSA F., 1999-** Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb, substances végétales d'Afrique d'Orient et d'Occident :227-228.
- ALARCON J.J., SANCHEZ-BLANCO M.J., OLARIN M.J., TORRECILLAS A., 1994-** Growth and osmotic adjustment of two tomato cultivars during and after saline (stress. *Plant Soil* ,Vol.66 :75-82.
- ALAZZEH A Y., ABU ZANAT M M., 2004-** Impact of feeding saltbush (*Atriplex* sp.) on some mineral concentrations in the blood serum of lactating Awassi ewes. *Small Ruminant Research*, Vol. 54 : 81-88.
- ALEM C., AMRI A., 2005-** Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la chez l'orge .*Reviews in biology and Biotechnology*, Vol.4, No.1 :20-31.
- AMINI F., et EHSANPOUR A.A., 2005-** Soluble Proteins, Proline, Carbohydrates and Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> Changes in Two Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Cultivars under in vitro Salt Stress. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology* 1 (4): 204-208.
- ANITA DE BORDEAUX., 2000-** Agronomie des bases aux nouvelles orientations. Livre, synthèse agricole 82-84 avenue d'Arès 33000 Bordeaux. P : 104.
- ARFAN M., ATHAR H.R., ASHRAF M., 2006-** Exogenously application of salicylic acid on the modulation of photosynthetic in heat in salt stress.

- ASHRAF M., 2004-** Some important physical selection criteria for salt tolerance in plant Flora, 199 :361-376.
- BABA SIDI-KACI S., 2010-** Effet du stress salin sur quelques paramètres phoenologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'*Atriplex* en vue d'une valorisation agronomique,P 41.
- BAJJI M., KINET JM and LUTTS S., 1998-** Salt stress effects on root sand leaves of *Atriplex halimus* L. And the ircorresponding callus cultures. Lab de cytogenetique, Univ catho de Louvain, Belgium.
- BELFAKIH MERIEM., MOHAMMED IBRIZ., et ABDELMJID ZOUAHRI., 2013-** Effet de la salinité sur les paramètres morpho physiologiques de deux variétés de bananier (*Musa acumin ata* L). Journal of Applied Biosciences 70:5652-5662. P: 5643.
- BELKHODJA M, BIDAI Y., 2004., 2005-** Analyse de la proline pour l'étude de la résistance d'une halophyte *Atriplex halimus* L. A la salinité. Laboratoire de Physiologie Végétale, Faculté des Sciences, Université d'Oran Algérie.
- BELKHODJA M., et BIDAI Y., 2004-** Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. Revue Sécheressen°4,vol.15,P : 331-335.
- BELKHODJA M., 1996-** Action de la salinité sur le comportement physiologique, métabolique, minérale et recherche de marqueurs moléculaires chez la fève (*Vicia faba* L.).Thèse de Doctorat en Es-science naturelle, 255 P.
- BELKHOUDJA M., BENKABLIA M., 2000-** Proline reponse of faba bean (*Vicia faba* L.) under salt stress. Egyptian Journal of Agricultural Research, Vol.78, No. 1 : 185-195.
- BEN AHMED H., ZID E., EL GAZZAH M et GRIGNON C., 1996-** Croissance et accumulation ionique chez l'*Atriplex halimus* L. Cahiers Agricul 5, P: 367-372.
- BEN AHMED H., ZID E., EL GAZZAH C.,GRIGNON C., 1996-** Croissance et accumulation ionique chez *Atriplex halimus* L. Cahierd d'Agricultures, Vol .5 :367-372.
- BENACEUR M., RAHMOUNE C., SDIRI H., MEDDAHI M., et SELMI M., 2001-** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé ; Science et changements planétaires. Sécheresse, Vol. 12, (3) 167-74.
- BENDKHIL B., and DENDEN M., 2012-** Effect of salt stress on growth, anthocyanins,membrane permeability and chlorophyll fluorescence of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedlings. American Journal Of Plant Physiology. 7(4): 174-183.

- BENHAMOU N., 2009-**La résistance chez les plantes: principes de la stratégie défensive et applications agronomiques. Lavoisier, France. P 376.
- BENLALDJ ., 2008-** Effet de la salinité sur la réponse minérale des plantes d'*Atriplex halimus* L. Mémoire de magistère en physiologie végétale, Université Es-Senia, Oran, P 50.
- BENREBIHA F.Z., 1987-** Contribution à l'étude de la germination de quelques espèces d'*Atriplex* locales et introduites. Mémoire de Magistère en physiologie végétal, Ed Institut National Agronomique, (I.N.A) El Harrach Algérie. P119.
- BEZRUKOVA M.V., SAKHABUTDINOVA. R., FATKHUTDINOVA R.A., KYLDIAROVA I., SHAKIROVA F., 2001-**The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedlings under water deficit. *Agrochemiya* (Russ), 2, 51–54.
- BOHNERT HJ. and JENSEN RG., 1996–** Stratégies for engineering water stress tolérance in plants .*Trends in Biotechnology*,14,P: 89- 97.
- BOHRA JS., and DOERFFLING K., 1993–** Potassium nutrition of rice (*oryza sativa* L.) varieties under NaCl salinity. *Plant and Soil*,152.P: 299-303.
- BORSANI O., VALPUESTA V AND BOTELLA M.A., 2003-** Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in *Arabidopsis* seedlings. *Plant Physiol.*,126: 1024-1030.
- BORSANI., 2003-** Proline accumulation in barley leavea. *Plant Science Letters* ; 36: P :I-12.
- BOUAOUINA S., ZID E., HADJI M., 2000-**Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.). *CIHEAM, Options Méditerranéennes Série A* (40) : 239-243.
- BOUKRAA D.J., 2008-** Interaction acide sulfosalicylique et salinité sur la réponse de la proline et des variations minérales chez des plantes juvéniles d'*Atriplex halimus* L.mémoire de magister.Univ .Oran.P: 60.
- BOUMAAZA B., 2011-** Effets de la salinité sur le comportement écophysologique et biochimique d'une culture de pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade juvénile. Mémoire Univ Oran.P



- BRADFORD M.M., 1976-** A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Anal Biochem.* V 72.P : 248-254.
- BRUN A., 1980-** Effets comparés de différentes concentrations de NaCl sur la germination, la croissance et la composition de quelques populations de luzernes annuelles d'Algérie. Thèse doct. 3<sup>ème</sup> cycle Montpellier.
- CHADEFAUD et EMBERGER L., 1960-** traité de botanique: systématique, les végétaux vasculaires. Tom II. Ed. Masson & Cie.Paris. P: 1540.
- CHEESMAN J M., 1988-** Mechanism of salinity tolerance in plants. *Plant Physiol.* 87.P: 547-550.
- DANIEL G,O. LOREN S.J., 2005-** Plant guide fourwing saltbush *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Plant Materials Program.P:1-4.
- DEBEZ A., CHAIBI W., BOUZID S., 2001-** Effet de NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'*Atriplex halimus* L.Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones/Agricultures, Vol.10,135-138.
- DEBEZ A., CHAIBI W., BOUZID S., 2001-** Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'*Atriplex halimus* L. Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones/Agricultures, Vol. 10, No. 2 : 135-138.
- DENDEN M., BETTAIEB T., SALHI A., MATHLOUTHI M., 2005-** Effect of Chloride Sodium on Chlorophyll Fluorescence, Plant Proline Content and flowers production of three ornamental species. *Tropicultura* 23 (4) : 220-225.
- DJILI K., DAOUD Y., GAOUAR A., BELDJOUDI Z., 2003-** recherche scientifique et technique sur les régions arides. Institut national agronomique (INA), El Harrach, Alger, Algérie Centre de (CRSTRA), Frontdel'oued, BPn°1682R. P07000 Biskra, Algérie Institut national de la recherche agronomique (INRA), Station de Mahdi Boualem. Baraki, Alger, Algérie.
- DOERFFLING K., 1993-** Potassium nutrition of rice (*Oryza sativa* L.) varieties under NaCl salinity. *Plant and Soil*,152.P: 299-303.
- DREVON JJ., ABDELLY C., AMARGER N., AOUANIE A., AURAG J., GHERBI H., JEBARA M., LIUCH C., PAYRE H., SCHUMP O., SOUSSI M., SIFI B., TRABELSI M., 2001-** An interdisciplinary research strategy to improve symbiotic

- nitrogen fixation and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris*) in salinised areas of the Mediterranean basin. *J. Biotech.* 91,257–26.
- DUBEY R.S., et RANI M., 1989-** Influence of salinity on growth and metabolic status of proteins and amino acids in seedlings. *J Argon Crop Sci.* 162: 97-106.
- DUTUIT P., 1999-** Etude de la diversité biologique de l'*Atriplex halimus* pour le repérage in vitro d'individus résistants à des conditions extrêmes du milieu et constitution de clones. Publié par CTA. P:137-141.
- EL MADIDI B., EL BAROUDI F., BANI AAMEUR., 2003-** Variation de la tolérance à la salinité chez l'orge pendant la germination et la croissance des plantes. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, vol 23, No 2. P : 2.
- EL MIDAOUI M., BENBELLA A., AÏT HOUSSA M. IBRIZ ET A., TALOUIZTE., 2007-** Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthus annuus* L.). *Revue HTE* N°136. P: 1.
- EL TAYEB MA., 2005-** Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regul* 45:215–224.
- EPSTEIN E., NORLYN JD., RUSH DW., KINGSBURY RW., CUNNINGHAM GA., WRONA AF., 1980-** Saline culture of crops: a genetic approach. *Science*, 210: 399-409
- ESSAFI N., MOUNSSIF M., ABOUSALIM A., BRHADDA N., 2007-** Effets du stress hydrique sur la valeur nutritive d'*Atriplex halimus* L. Article scientifique. P: 123-128.
- FLOWERS T.J., COLMER T.D., 2008-** Salinity tolerance in halophytes. *New Phytologist* 179, P: 945-963.
- FLOWERS T.J., FLOWERS S.A., 2005-** Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders, ? *Agricultural Water Management*, Vol.78, No.1-2 :15-24.
- FLOWERS T.J., YEO A.R., 1995-** Breeding for salinity resistance in crop plants: what next? *Australian Journal of Plant Physiology* 22, P: 875-884.
- FRANCLET A., LE HOUEROU HN., 1971-** Les *Atriplex* en Tunisie et en Afrique du Nord. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. P:249-271.
- GARG AK., KIM JK., OWENS TG., RANWALA AP., CHOI YD., KOCHIAN LV., WU RJ., 2002-** Trehalose accumulation in rice plants confers high tolerance levels to

different abiotic stresses. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA 99:15898–15903.

**GENUCHTEN., 2007**- "Organic acids enhance the uptake of lead by wheat roots." *Planta*. 225:1483–1494.

**-GHAZANFAR A., 2004**- Possible involvement of some secondary metabolites in salt tolerance of sugarcane..J Plant Physiology 163,P: 723-730.

**GLASS ADM., 1989**- Plant Nutrition :An Introduction to Current Concepts Jones et Bartlett, Boston, MA

**-GRAVOT A., 2007**-Réponses aux stress chez les végétaux. Présentation power point.

**-GUNES A., INAL A., ALPASLAN M., 2005**– Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (ZeamaysL.) growth under salinity.Department of soil science and plant nutrition.Ankara University.Turkey.

**-GUERRIER G., 1984**- Relations entre la tolérance ou la sensibilité à la salinité lors de la germination des semences et les composantes de la nutrition en sodium. *Biologia Plantarum* (PRAHA) Vol. 26, n°1,P: 22-28.

**-H.C.D.S (HAUT COMMISSARIAT AU DEVELOPPEMENT DE LA STEPPE),, 1996**- Notion bibliographique sur quelques plantes fourragères et pastorales, D.F.R.V, Djelfa,P 18.

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

**-HAOUALA, F., FERJANI, H. ET BEN EL HADJ, S., 2007**- Effet de la salinité sur la répartition des cations ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$ ) et du chlore ( $\text{Cl}^-$ ) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* Vol. 11, n°3,P: 235-244.

**-HARINASUT P., SRISUNAK S., PITUKCHAIOPOL S., CHAROENSATAPORN R., 2000** -Mechanisms of Adaptation to Increasing Salinity of Mulberry: Proline Content and Ascorbate Peroxidase Activity in Leaves of Multiple Shoots, *Science Asia*, 26,P: 207-211.

- HASEGAWA PM., BRESSAN RA., ZHU JK., BOHNERT HJ., 2000-** Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Ann Rev Plant Physiol Plant Mol. Biol*51,P:463-499.
- HELLERR., ESNAULT R., LANCE C., 2004-** *Physiologie Végétale*. Tome 1 et 2. Paris DUNOD.
- HOAGLAND D., ARNON DI., LANCE C., 1938-** The water culture method for growing plants soil. *Univer. Calif. AES.cir.347*,P: 1-36.
- HOPKINS W.G., 2003** –*Physiologie Végétale*. Traduction de le 2<sup>ème</sup> édition américaine par Serge .R. Ed. de Boeck ,P: 66-81.
- IDREES M., NACEM M., KHAN N., AFTAB T., MASROOR M., KHAN A., MOINUDDIN., 2011-** Alleviation of salt stress in lemongrass by salicylic acid. *Plant physiology section. Department of Botany. Aligarh Muslim University. India.*
- JABNOUNE M., 2008-** *Adaptation des plantes à l'environnement : Stress salin.* Présentation Power Point.
- KHALILI M., HA SANLOO T., TABAR SKK., RAHNAMA H., 2009-**Influence of exogenous salicylic acid on flavonolignans and lipoxygenase activity in the hairy root cultures of *Silybum marianum*. *Cell Biol. Int.* 33: 988-994.
- KHAN,M.I.R., IQBAL, N., KHAN ,N.A., 2012-** variation in salt tolerance of wheat cultivars :role of glycinebetaine and ethylene.*Pedosphere* 22,P: 746-754.
- KIM D-O., SEUNG W.J., LEE C.Y., 2003-**Antioxidant capacity of phenolicphytochemicals from various cultivars of plums. *Food chemistry* 81:321-326.
- KINET JM., BENRBIHA FZ., BOUZID S., LAILHACAR S et DUTUIT P., 1998-** Réseau Atriplex. Allier biotechnologie et écologie pour une sécurité alimentaire accrue en régions arides et semi-arides. *Cahier agricultures*, Vol.7, N°6,P: 505-509.
- KIRNAIDE TB., 1999-** Interaction among  $Ca^{++}$ ,  $Na^{+}$  and  $K^{+}$  In salinity toxicity: Quantitative resolution of multiple toxic and ameliorative effects.*J.Exp.Bot.* 50 (338),P: 1495-1505.
- KORKMAZA., UZUNLUM., DEMIRKIRANAR., 2007-**Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmel on seedlings against drought stress.*Franciszed Gorski institute of plant physiologie. polish Academy of science. Krakaow.Tyrkey.*
- KUMAR S,NAIDIK M et SHTIAU J.,1994-** Causes of growth reduction in elongation and expansion leaf tissue of sugar-cane under saline conditions. *Aust.J plant Physiol.*21:79-83.

- LAFON J.P., THARAUD-PRAYER C., LEVY G., 1996-** Biologie des Plantes Cultivées. Tome I. Org Phys De La Nutrition ; Ed.Lavoisier, P:153-160.165.
- LAPEYRONIE A., 1982-** Techniques agricoles et productions méditerranéennes: Les Production Fourragères Méditerranéennes.Tome1: Généralités: Caractères Botaniques,Ed G.P.Maisonneuve et Larose (PARIS).
- LE PRINCE A S., THIERY L. et SAVOURE A., 2000-** Signalisation cellulaire en réponse à la contrainte hydrique chez Arabidopsis thaliana. Laboratoire d'adaptation des plantes à la contrainte hydrique, unité de Physiologie Cellulaire et Moléculaire des Plantes.
- LEAKEY ANDREW D.B, URIBELARREA M., AINSWORTH E.A., NAIDU S.L., ROGERS A., ORT D.R. and LONG S.P., 2006-** Photosynthesis, Productivity and Yield of Maize are not Affected by Open-Air Elevation of CO<sub>2</sub> Concentration in Absence of Drought.Plant Physiol. 140,P: 779-790.
- LEFEBVRE V., 2005-**Caractérisation des gènes AtNCED impliqués dans la biosynthèse de l'acide abscissique dans la graine d'Arabidopsis thaliana. Thèse de PhD en Biologie cellulaire et moléculaire, INAPG, P 101.
- LEI STEVEN A., LEI SIMON A., 1999-** Ecology of psammophytic plants in the Mojave, Sonoran, and Great Basin Deserts. In: McArthur, E. Durant; Ostler, W. Kent; Wambolt, Carl L.,compilers. Proceedings: shrubland ecotones; 1998 August 12-14; Ephraim, UT. Proceedings RMRS-P-11. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 212-216.
- LEPENGUE et I MOUARAGADJA., B IBRAHIM., S AKE., B M'BATCHI., 2012-**Réponse du maïs (Zea maysvar. LG 60) au stress salin : étude de la synthèse de quelques composés biochimiques. Journal of Animal & Plant Sciences. Vol. 14, Issue 1: 1866-1872.
- LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P., FOURCROY P., CASSE-DELBART F., 1995-**Les plantes face au stress salin.Cahiers Agricultures.4 (4): 263-273.
- MAILLARD J., 2001-** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. Handicap International. Novembre,P: 2001-34.
- MAIRE R., 1962-** Flore de l'Afrique du nord, vol VIII. ED. Paul Le Chevalier, Paris,P :581-591.
- MARTIN-PREVEL P., GAGNARD J., GAUTIER P., DROUINEAU G., 1984-** Analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales.Techniqueet Documentation-Lavoisier,P:161-179.

- MERMOUD A., 2006-** Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole
- MEZNI M., ALBONCHI A., BIZID E.et HAMZA M., 2002–** Effet de la salinité des eaux d'irrigation sur la nutrition minérale chez trois variétés de luzerne pérenne (*Medicago sativa*). INRA, EDP Sciences, Agronomie 22,P:283- 291.
- MEZNI M., ALBOUCHI A., BIZID E., HAMZA M., 2002-** Effet de la salinité des eaux d'irrigation sur la nutrition minérale chez trois variétés de luzerne pérenne (*Medicago sativa*) .Agronomie. 22: 283-291.
- MISHRA A., CHOUDHURI M A., 1999-**Effect of salicylic acid on heavy metal-induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice. *Biol. Plant*, 42, 409–415.
- MOHAMED FARISSI, FAISSAL AZIZ, ABDELAZIZ BOUIZGAREN et CHERKI GHOULAM., 2014-** La symbiose Légumineuses-rhizobia sous conditions de salinité : Aspect Agro-physiologique et biochimique de la tolérance. *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 11 No 1. P: 97.99, 101.
- MOINUDDIN., 2011-**Alleviation of salt stress in lemongrass by salicylic acid. *Plant physiology section. Department of Botany. Aligarh Muslim University. India. polytechnique fédérale de Lausanne, P 23.*
- MOUHOUCHE B et BOULASSAL M., 1999–** Contribution à une meilleure maîtrise des pertes en eau d'irrigation et de la salinisation des sols en zones arides. *Recherche Agronomiques*,4,P:15-23.
- MULAS M., MULAS G., 2004-**Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification .Université des études de Sassari groupe de Recherche sur la Désertification,P:14-44.
- MUNNS R., 2002-** Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell and Environment*, Vol. 25: 239- 250.
- NAVARRO J.M., FLORES P., C. GARRIDO, V. MARTINEZ., 2006-**Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at ripening stages, as affected by salinity, *Food Chem.* 96,P: 66-73.
- NAZAR R., IQBAL N., SYEED S., KHAN NA., 2011-** Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and sulfur assimilation and antioxidant metabolism differentially in two mungbean cultivars. *J Plant Physiol*,168:807–815.

- NEDJIMI ., SOMARU R., ACHAR P., 2006**-Growth, water relations, Proline and ion content of in vitro cultures *Atriplex halimus* subsp. *Schweinfurthii* as affected by CaCl<sub>2</sub>. International Journal of the Faculty of Agriculture and Biology ?Vol.1 ?No.2 :79-89.
- NEDJIMI B., DAOUDY., TOUATLM., 2006**- Growth, water relations, proline and ion content of invitro culture d'*Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* as affected by CaCl<sub>2</sub>. Centre Universitaire de Djelfa, Institut d'Agro-pastoralisme. Institut National Agronomique, Département de Sciences du Sol. El-Harrach, Algérie.
- NEGRE R., 1961**-Petite flore des régions arides du Maroc occidental. Tome 1. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.P: 179-180.
- NEIGRE R., 1961**- Petite flore des régions arides du Maroc Occidental. Tome 1, Ed, C.N.R.S. PARTS. P: 179.
- NIU X., BRESSAN RA., HASEGAWA PM. and PARDO JM., 1995**- Ion homeostasis in NaCl stress environment. Plant physiol.109,P: 735- 742.
- ORTIZ-DORDA J., MARTINEZ-MORA C., CORREAL E., SIMON ., CENIS J.L., 2005**-Genetic structure of *Atriplex halimus* populations in the Mediterranean basin. Annals of Botany, Vol.95.P :827-834.
- OSMOND CB., BJORKMAN O et ANDERSON D., 1980**- Physiological processes in plant ecology. Towards a synthesis with *Atriplex*. Berlin : Pringer Verlag, p 463.
- OUERGHI Z., ZID E., HADJI M., SOLTANI A., 2000**- Comportement physiologique du blé dur (*Triticum durum* L.) en milieu salé. In ROYO C., NACHIT MM., DIFONZO N., ARAUS JL., (eds). Durum wheat improvement in the mediterranean region: New challenges: l'amélioration du blé dur dans la région méditerranéenne: Nouveaux défis. Zaragoza: CIHEAM. IAMZ,P: 309-313.
- OUI M., et BELKHODJA M., 2012**- Réponse protéique d'une halophyte face aux stress salin. Algerian journal of arid environment. vol. 2, n°1:16-24.
- OULD MOHAMDI M., D BOUYA et Ali OULD MOHAMED S., 2011**- Etude de l'effet du stress salin (NaCl) chez deux variétés de tomate (Campbell 33 et Mongal). Int. J. Biol. Chem. Sci. 5(3): 860-900.
- OZANDA P., 2004**- Flore et végétation du Sahara. édition 3.France.P:225.
- PARIDA A., DAS A.B., DAS P., 2002**-NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, *Bruguiera arvensis*, in hydroponic cultures. J. Plant Biol. 45,P: 28–36.

- PACHECO A.C., C D S CABRAL, É S DA S FERMINO and C C ALEMAN., 2013-** Salicylic acid-induced changes to growth, flowering and flavonoids production in marigold plants. *Journal of Medicinal Plant Research*. Vol. 7(42),P: 3158-3163.
- RAHMOUNE C., MAALEM S., et BEN NACEUR M., 2004 -** Effets comparés de la fertilisation phosphatée sur l'*Atriplex* cultivé en zone semi-aride du Nord-Est algérien. *Plant Physiology*. Vol. 3, n°4,P: 213-21.
- RAHMOUNE C.,SERIDI R., PAUL, R. and DRP., 2000-**Influence on Zn concentration in solution Applied to leaves and Roots on the absorption and translocation of Cd by leave. *Agricultural Sciences*, 27(1):72-77.
- RAMAGOPAL S., 1987-** Salinity stress induced tissue. Specific proteins in barley seedlings. *Plant Physiol*. 84: 324-331.
- RASANEN, L.A., 2002-** Biotic and abiotic factors influencing the development of N<sub>2</sub>-fixing symbioses between rhizobia and the woody legumes *Acacia* and *Prosopis* . Academic dissertation in microbiology. Helsinki. Thesis.P: 80.
- RASKIN I., 1992-**Role of salicylic acid in plants. *Annu. Rev. Plant Physiology Plant Mol. Biol.*, 43, 439–463.
- RASKIN LA., EHRNANN W., MELANDER R et MEEUSE B .J. D., 1987-** Salicylic acid: A natural inducer of heat production in Arum lilies. *Scien237 (4822):1601-1602*.
- RASKIN LA., EHRNANN W., MELANDER R et MEEUSE B J D., 1987-**Salicylic acid: A natural inducer of heat production in Arum lilies.*Scien 237(4822):1601-1602*.
- RASKIN, I., 1992-** Salicylate, a new plant hormone. *Plant Physiology*, 99: 799-803.
- REIMANN C., 1993-**Sodium exclusion by chenopodium species. *J. Exp. Bot.* 43: 503-510.
- REYNOLDS M P., ORTIZ-MONASTERIO J I., MCNAB A., 2001-** Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico, D.F.: CIMMYT: 101-111.
- REZAZADEH A., GHASEMNEZHAD A., BARANI M. et TELMADARREHEI T., 2012-** Effect of salinity on phenolic composition and antioxidant activity on Artichoke (*Cynara scolymus* L.) leaves. *Res. J. Med. Plant*, 6: 245-252.
- ROGERS A., ORT D.R. and LONG S.P., 2006-**. Photosynthesis, Productivity and Yield of Maize are not Affected by Open-Air Elevation of CO<sub>2</sub> Concentration in Absence of Drought.*Plant Physiol*. 140,P: 779-790.
- RONTAIN D., BASSET G., et HANSON A.D., 2002 -**Metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in plants.*Metab. Eng.*,4,P: 49-56.



- ROUDANI M., 1996**-Physiologie comparée de deux espèces de blé en relation avec les conditions de nutrition. Métabolisme racinaire en milieu salé. Thèse d'Univ. Sci. Biol. Univ. Tunis II, P: 180.
- RUBIO S., LYNNE W.T.R., GRAHAM L.I.A. and RODRIGUEZ P.L., 2008**- The Coenzyme A Biosynthetic Enzyme Phosphopantetheine Adenylyltransferase Play a Crucial Role in Plant Growth, Salt/Osmotic Stress Resistance, and Seed Lipid Storage. *Plant Physiol.* 148: 546-556.
- SAHKI A., OUTAMMINE SAHKI R., 2004**-Le Hoggar-Promenade Botanique, Atelier Esope, Lyon. P:84-85.
- SAILAJA K. and SUJATHA B., 2013**-Impact of salt stress (NaCl) on pigments, phenols and flavonoids in C4 (*Sorghum bicolor*) and C3 (*Oryza sativa*) cultivars. *International Journal of Biological & Pharmaceutical Research.*4(5): 361-367.
- SAKHABUTDINOVA A., FATKHUTDINOVA D.R., BEZRUKOVA M.V. et SHAKIROVA F.M., 2003**-Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. *BULG.J. Plant Physiol., Special issue*, 314-319.
- SENARATNA T., TOUCHELL D., BUNN T., DIXON K., 2000** -Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regul* 30:157-161.
- SHAKEEL S. and MANSOOR S., 2012**- Pretreatment Effect of Salicylic Acid on Protein and Hydrolytic Enzymes in Salt Stressed Mung Bean Seedlings. *Asian Journal of Agricultural Sciences* 4(2): 122-125.
- SHAKIROVA F.M., BEZRUKOVA M.V., 1997**-Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. *Biology Bulletin*, 24,P: 109–112.
- SILVEIRA J.A.G., ARAUJO S.A.M., LIMA J.P.M.S., VIEGAS R.A., 2009**- Roots and leaves display contrasting osmotic adjustment mechanisms in response to NaCl-salinity in *Atriplex nummularia*. *Environmental and Experimental Botany* 66, 1-8.
- SINGH K.N et CHATRATH R., 2001**- Salinity Tolerance. Crop Improvement Division, Central Soil Salinity Research Institute, Karnal, 132 001 (Haryana), India.
- SLAMA F., 1986**- L'effet de chlorure de sodium sur la croissance et la nutrition minérale de six espèces de plantes cultivées. *Agronomie tropicale*,P:21-26.
- SNOUSSI S.A., HALITIM A., 1998**- Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. *Etude et gestion des sols*,P: 289- 298.

- SWEPESE A., CSISZAR J., BAJAKAN SZ., GEMES K., HORVATH F., ERDEI L., DEER A., SIMON LM., TARI I., 2005-** Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt and osmotic stress. *Acta Biol Szegediensis* 49,P : 123-125.
- SYMARAYTIS S., NEIGROTIU I., JACOBS M., 1992-** Salt and water resistant mutant isolated from potato plants of *Nicotiana plumbaginifolia* (Viviani). *Med. Fac. Landow Univ. Gent* 57/4a, 1507-1516.
- TAFFOREAU M., 2002-**Etude des phases précoces de la transduction des signaux environnementaux chez le lin : une approche protéomique. Thèse de doctorat en biochimie végétale. Université de Rouen. France. P 255.
- TALAMALI A., BAJJI M., LETHOMAS A., KINET J-M and DUTUIT P., 2003-** Flower architecture and sex determination: how does *Atriplex halimus* play with floral morphogenesis and sex genes ? *New Phytologist* 157, 105-113.
- TALAMALI A., DUTUIT P., LE THOMAS A., GORENFLOT R., 2001-**Polygamie chez *Atriplex halimus* L.(Chenopodiaceae).*C.R.Acad.Sci.Paris*,Vol.324:107-113.
- TAMMAM A.A., M F ABOU ALHAMD and M M HEMEDA., 2008-**Study of salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar Banysoif 1. *Australian Journal of Crop Science Southern Cross Journals* 1(3):115-125.
- TARI I., CSISZAR J., SZALAI G., HORVATH F., PECSVARADI A., KISS G., SZEPESI A., SZABO M., ERDEI L., 2002-** Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic pretreatment. *Acta Biol Szegediensis*46 : 55-56
- TRABELSI M., 2001-** An interdisciplinary research strategy to improve symbiotic nitrogen fixation and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris*) in salinised areas of the Mediterranean basin. *J. Biotech.* 91,257–26.
- TREMBLIN G., FERARD G., 1994-** Croissance et accumulation de sels chez *Halopeplis amplexicaulis* (Vahl.) Ung. Cultivé à différentes salinités. *Acta Oecologica.* 15 (3): 355-364.
- TUFAIL A., M ARFANI, A. R. GURMANI, A KHAN and A BANO., 2013-** Salicylic acid induced salinity tolerance in maize (*zea mays*). *Pak. J. Bot.*, 45(S1): 75-82.
- ÜNLÜ H., ALTINDAL N., ÖZDAMAR ÜNLÜ H., ALTINDAL D., et PADEM H., 2009-**Effect of salicylic acid on salinity stress in Cowpea.In: 1<sup>St</sup> International Symposium on Sustainable Development, June 9-10, 2009, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina.

- WAISEL Y., 1972-** Biology of Halophytes. Academic Press, New- York,P. 39
- WANG H., X SHAN., T LIU., Y XIE., B WEN., S ZHANG., F HAN AND M GENUCHTEN., 2007-**"Organic acids enhance the uptake of lead by wheat roots." *Planta*. 225:1483–1494
- WILLIAM G.H., 2003.** Physiologie végétale. In: de Boeck (eds),P: 451-475
- WONG C.C., LI H.B., CHENG K.W. et CHEN F., 2006-**A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing antioxidant power assay. *Food Chem.*, 97: 705-711
- ZHU J.K., 2001-**Genetic analysis of plant tolerance using Arabidopsis, *Plant Physiol*. 124: 941-948.
- ZID E. et BOUKHRIS M., 1977-** Quelques aspects de la tolérance d'*Atriplex halimus* au chlorure de sodium, multiplication, croissance minérale. *Oecol Plant*, Tome 12. 4. Pp 351-362.
- ZID J.K., 2001-**Plant Salt tolerance.*Trends in Plant Science*,Vol.6 ,No.2 :66-71.
- ZID, E. et GRIGNON, C., 1991-** Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. Aupelf-Uref . John Libbey. Eurotext, Paris, pp. 91-108.

# Annexes

## Calcul de la solution nutritive à apporter lors des arrosages

### Méthode de calcul de la capacité de rétention

Dans un gobelet perforé à sa base ( $P_0$ ). On met 100 g de sable servant à notre expérimentation  $P_1$ , puis de l'eau distillée est versée dans ce gobelet jusqu'à saturation. Ce gobelet est en suite mis sur paillasses pendant 24 heures. Après cette durée de temps, le gobelet est repesé ( $P_2$ ). Le passage du sable est effectué par soustraction du poids du gobelet.

#### 1- Calcule de la capacité de rétention ( $C_1$ ) pour 100 g de sable

$$P_0=2.46 \text{ g}$$

$$P_1=100 \text{ g}$$

$$P_2= 123.66 \text{ g}$$

$$C_1= (P_2-P_1)-P_0$$

$$C_1=(123.66-100)-2.46$$

$$C_1= 21.2 \text{ ml}$$

La capacité de rétention est de 21.2 ml pour 100 g de sable.

#### 2- Calcule de la capacité de rétention ( $C_2$ )

$C_2$  pour le substrat du gobelet

Pour l'*Atriplex halimus*:

$$C_1=21.2 \text{ ml} \longrightarrow 100 \text{ g de sable}$$

$$C_2 \longrightarrow 1611.37 \text{ g}$$

$$C_2=(1611.37*21.2)/100$$

$$C_2= 341.61 \text{ ml}$$

**3- Calcule de la capacité de rétention à 30 % et 60 %**

Capacité de rétention 30 %

$C_1=341.61 \text{ ml} \longrightarrow 100 \text{ g de sable}$

$C_2 \longrightarrow 30\%$

$$C_2=(341.61*30)/100$$

$$C_2= 6411.6 \text{ ml}$$

**Capacité de rétention 60 %**

$C_1=341.61 \text{ ml} \longrightarrow 100 \text{ g de sable}$

$C_2 \longrightarrow 60\%$

$$C_2=(341.61*60)/100$$

$$C_2= 204.96 \text{ ml}$$

**Tableau 01:** Groupes homogènes de la longueur de tige après le stress (test de Newman-Keuls au seuil 95%).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
Témoin	73,0000	A
550 mM NaCl + 0,5 mM AS	69,0000	A
50 mM NaCl	68,0000	A
300 mM NaCl + 0,5 mM AS	67,7500	A
300 mM NaCl + 0,1 mM AS	65,7500	A
300 mM NaCl	62,7500	A
550 mM NaCl	59,7500	A
550 mM NaCl + 0,1 mM AS	56,7500	A

**Tableau 02:** Groupes homogènes de nombre de feuilles après le stress (test de Newman-Keuls au seuil 95%).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
50 mM NaCl	247,0000	A
Témoin	233,2500	A
300 mM NaCl	202,0000	A
300 mM NaCl + 0,5 mM AS	188,5000	A
550 mM NaCl + 0,1 mM AS	174,0000	A
300 mM NaCl + 0,1 mM AS	172,5000	A
550 mM NaCl + 0,5 mM AS	169,0000	A
550 mM NaCl	168,5000	A

**Tableau 03:** Groupes homogènes de la longueur de racine (test de Newman-Keuls au seuil 95%).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
550 mM NaCl + 0,5 mM AS	13,7500	A
300 mM NaCl	13,1250	A
550 mM NaCl + 0,1 mM AS	13,0000	A
Témoin	12,5000	A
300 mM NaCl + 0,1 mM AS	11,2500	A
550 mM NaCl	10,8750	A
300 mM NaCl + 0,5 mM AS	10,5000	A
50 mM NaCl	10,2500	A

**Tableau 04:** Groupes homogènes de Biomasse de feuilles (test de Newman-Keuls au seuil 95%).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
Témoin	8,7393	A		
300 mM NaCl + 0,5 mM AS	8,4128	A	B	
300 mM NaCl + 0,1 mM AS	8,0960	A	B	C
300 mM NaCl	7,6525	A	B	C
550 mM NaCl + 0,5 mM AS	7,2743	A	B	C
550 mM NaCl + 0,1 mM AS	7,2130	A	B	C
50 mM NaCl	6,9290		B	C
550 mM NaCl	6,6680			C

**Tableau 05:** Groupes homogènes de Matière sèche de feuilles (test de Newman-Keuls au seuil 95%).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
550 mM NaCl	2,3146	A
Témoin	1,9640	A
300 mM NaCl + 0,1 mM AS	1,8957	A
50 mM NaCl	1,8607	A
550 mM NaCl + 0,5 mM AS	1,8375	A
550 mM NaCl + 0,1 mM AS	1,7995	A
300 mM NaCl + 0,5 mM AS	1,7148	A
300 mM NaCl	1,4037	A

**Tableau 06:** Groupes homogènes de Matière sèche de feuilles (test de Newman-Keuls au seuil 95%).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
Témoin	6,2818	A	
300 mM NaCl + 0,1 mM AS	5,2278	A	B
300 mM NaCl	4,9190	A	B
50 mM NaCl	4,5813		B
550 mM NaCl + 0,5 mM AS	4,4580		B
300 mM NaCl + 0,5 mM AS	3,8768		B
550 mM NaCl + 0,1 mM AS	3,8445		B
550 mM NaCl	3,6423		B



**Tableau 07:** Groupes homogènes de Matière sèche de tige (test de Newman-Keuls au seuil 95%).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
Témoin	2,6434	A	
300 mM NaCl + 0,1 mM AS	2,0005	A	B
50 mM NaCl	1,8373	A	B
300 mM NaCl	1,7630	A	B
550 mM NaCl + 0,5 mM AS	1,7024	A	B
550 mM NaCl + 0,1 mM AS	1,5588		B
550 mM NaCl	1,4892		B
300 mM NaCl + 0,5 mM AS	1,3945		B

**Tableau 08:** Groupes homogènes de la teneur en protéine de feuilles (test de Newman-Keuls au seuil 95%).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
300 mM NaCl + 0,1 mM AS	6,4058	A	
50 mM NaCl	5,5433	A	B
300 mM NaCl + 0,5 mM AS	5,1725		B
Témoin	5,0901		B
550 mM NaCl + 0,1 mM AS	4,8352		B
550 mM NaCl	4,6524		B
550 mM NaCl + 0,5 mM AS	4,4593		B
300 mM NaCl	4,3460		B

**Tableau 09:** Groupes homogènes de la teneur en protéine de tige (test de Newman-Keuls au seuil 95%).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
300 mM NaCl + 0,1 mM AS	6,2873	A		
550 mM NaCl + 0,5 mM AS	6,1689	A	B	
Témoin	5,7724	A	B	C
300 mM NaCl + 0,5 mM AS	5,7441	A	B	C
550 mM NaCl + 0,1 mM AS	5,6823	A	B	C
300 mM NaCl	5,5896	A	B	C
550 mM NaCl	5,4351		B	C
50 mM NaCl	5,2214			C

**Tableau 10:** Groupes homogènes de la teneur en protéine de racine (test de Newman-Keuls au seuil 95%).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
300 mM NaCl + 0,5 mM AS	4,4439	A		
Témoin	3,2261		B	
50 mM NaCl	3,1926		B	
550 mM NaCl + 0,1 mM AS	2,9995		B	C
550 mM NaCl + 0,5 mM AS	2,3687		B	C
300 mM NaCl	2,3455		B	C
550 mM NaCl	1,9979			C
300 mM NaCl + 0,1 mM AS	1,8975			C

**Tableau 11:** Groupes homogènes de la teneur en K<sup>+</sup> de feuilles (test de Newman-Keuls au seuil 95%).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
550 mM NaCl	2,3688	A		
550 mM NaCl + 0,1 mM AS	2,1875	A	B	
50 mM NaCl	1,8500		B	C
300 mM NaCl	1,7883		B	C
300 mM NaCl + 0,5 mM AS	1,7875		B	C
300 mM NaCl + 0,1 mM AS	1,6938			C
550 mM NaCl + 0,5 mM AS	1,5438			C
Témoin	1,5188			C

**Tableau 12:** Groupes homogènes de la teneur en  $K^+$  de tige (test de Newman-Keuls au seuil 95%).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
550 mM NaCl	2,6875	A		
550 mM NaCl + 0,1 mM AS	2,6188	A	B	
550 mM NaCl + 0,5 mM AS	2,6000	A	B	
300 mM NaCl	2,4438	A	B	
300 mM NaCl + 0,5 mM AS	2,2875	A	B	C
Témoin	2,2750	A	B	C
300 mM NaCl + 0,1 mM AS	2,0688		B	C
50 mM NaCl	1,8938			C

**Tableau 13 :** Groupes homogènes de la teneur en  $K^+$  de racine (test de Newman-Keuls au seuil 5%).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
550 mM NaCl + 0,1 mM AS	1,5500	A			
Témoin	1,5188	A			
50 mM NaCl	1,4063	A	B		
550 mM NaCl + 0,5 mM AS	1,1813		B	C	
300 mM NaCl	1,0313			C	D
300 mM NaCl + 0,1 mM AS	1,0250			C	D
550 mM NaCl	0,8438				D
300 mM NaCl + 0,5 mM AS	0,7250				D

**Tableau 14:** Groupes homogènes de la teneur en Na<sup>+</sup> de feuilles (test de Newman-Keuls au seuil 95%).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
550 mM NaCl	3,0938	A	
300 mM NaCl + 0,1 mM AS	2,9688	A	
300 mM NaCl	2,8750	A	
Témoin	2,4688	A	B
50 mM NaCl	2,3750	A	B
550 mM NaCl + 0,5 mM AS	2,2500	A	B
300 mM NaCl + 0,5 mM AS	2,0563	A	B
550 mM NaCl + 0,1 mM AS	1,7500		B

**Tableau 15:** Groupes homogènes de la teneur en Na<sup>+</sup> de tige (test de Newman-Keuls au seuil 95%).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
550 mM NaCl	2,0000	A		
300 mM NaCl	1,4938		B	
550 mM NaCl + 0,5 mM AS	0,9688			C
300 mM NaCl + 0,5 mM AS	0,9125			C
50 mM NaCl	0,8750			C
300 mM NaCl + 0,1 mM AS	0,8250			C
Témoin	0,8188			C
550 mM NaCl + 0,1 mM AS	0,8125			C

**Tableau 16:** Groupes homogènes de la teneur en Na<sup>+</sup> de racine (test de Newman-Keuls au seuil 95%).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
300 mM NaCl	2,1500	A		
300 mM NaCl + 0,1 mM AS	1,9750	A	B	
550 mM NaCl + 0,5 mM AS	1,7813	A	B	
550 mM NaCl	1,7188	A	B	
Témoin	1,5375		B	
550 mM NaCl + 0,1 mM AS	1,4188		B	C
50 mM NaCl	1,0438			C
300 mM NaCl + 0,5 mM AS	0,9813			C

**Tableau 17:** Groupes homogènes de la teneur en flavonoïde de feuilles (test de Newman-Keuls au seuil 95%).

Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
550 mM NaCl + 0,1 mM AS	10,9264	A			
550 mM NaCl + 0,5 mM AS	10,2861	A			
300 mM NaCl + 0,5 mM AS	8,7245		B		
50 mM NaCl	8,4980		B		
300 mM NaCl + 0,1 mM AS	8,4043		B		
550 mM NaCl	6,5974			C	
300 mM NaCl	5,6642				D
Témoin	5,2810				D



**Photothèques**

**Photo 01 : lavage de sable**



**Photo 02 : La solution témoin et les solutions du stress.**



**Photo 03 :** Extraction des sels minéraux.



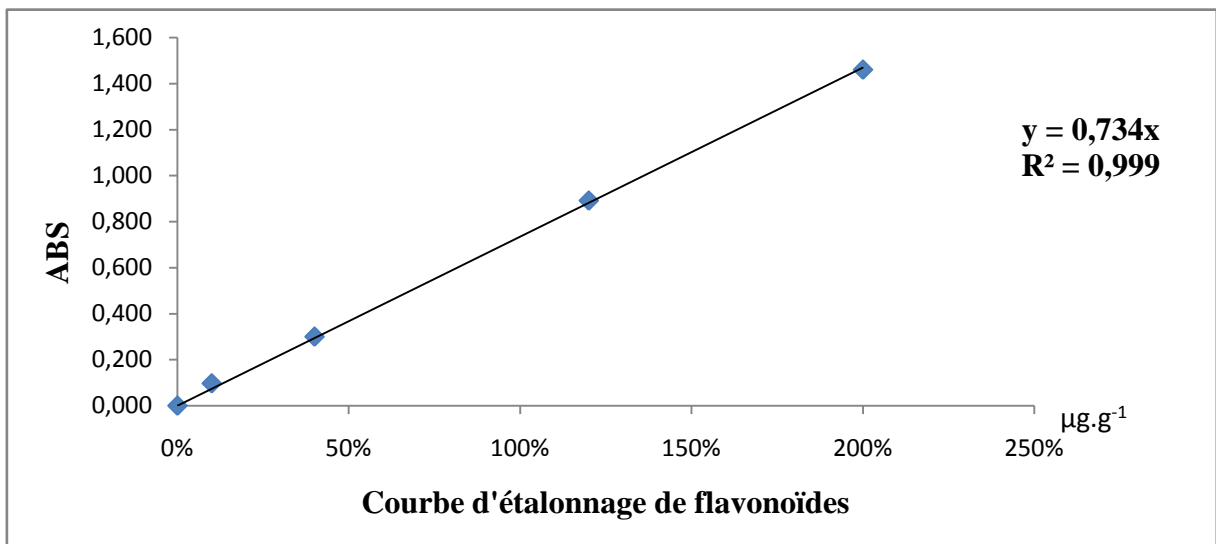
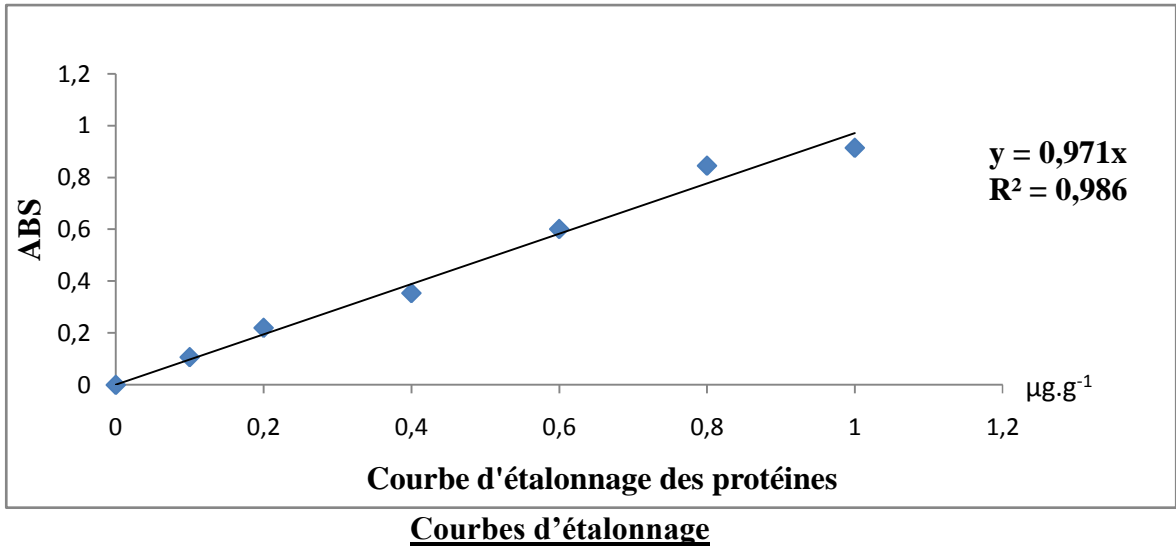


**Photo 04 :** Extraction des protéines totales.



**Photo 05 :** Séchage et mesure de longueur de racine.





## Effet de la salinité combinée à l'acide salicylique sur les paramètres biochimiques et de croissance de l'*Atriplex* au stade juvénile.

### Résumé

La mise en valeur des zones sahariennes, constitue certainement pour l'Algérie un espoir pour augmenter sa production agricole. Mais, cela ne peut se réaliser sans la sélection d'espèces et de variétés végétales mieux adaptées et surtout celles manifestant une résistance à la salure comme les halophytes.

Ce travail est réalisé sur des jeunes plantules d'*Atriplex halimus* L. soumises au stress salin seul avec 50, 300 et 550 mM NaCl ou bien traitées avec l'association 0.1 et 0.5 mM acide salicylique ajouté à 300 et 550 mM NaCl.

Le comportement biochimique vise à analyser la teneur en protéines, le dosage des minéraux (Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup>), la teneur en flavonoïdes et certains paramètres de croissance tels que la hauteur de la tige et des racines principales, le poids frais et sec des feuilles, tiges et racines.

Les résultats ont montré que sous la salinité seule, la biomasse sèche aérienne augmente, les autres paramètres de croissance et la teneur en protéines varie en fonction de la concentration du milieu et de l'organe. En effet la longueur des tiges et le nombre des feuilles sont plus important sous 50 mM NaCl et le poids sec des feuilles augmente avec l'application de 550 mM NaCl. La teneur en flavonoïdes des feuilles et l'accumulation du Na<sup>+</sup> augmente dans les organes alors que la teneur en K<sup>+</sup> diminué uniquement dans les racines.

L'application de 0.5 mM AS combiné à 550 mM NaCl a augmentée la longueur de la tige principale, les teneurs en protéines et en flavonoïdes. La teneur en Na<sup>+</sup> a diminuée dans les feuilles et les racines avec l'application de 0.5 mM AS + 300 mM NaCl, et celle du K<sup>+</sup> a baissée sous le traitement 550 mM NaCl + 0.1 mM AS.

**Mots clés:** *Atriplex halimus* L., acide salicylique, salinité, protéines, cations, paramètres de croissance, halophytes.

## Effet of salinity combined with salicylic acid on biochemical and growth parameters of *Atriplex*

### Abstrat

The development of Sahara areas, constitue certainly for Algeria a hope to increase agricultural production. But this can not be achieved without the selection of species and plant varieties better adapted especially those which resist to salinity as halophytes.

This work is performed on young seedlings *Atriplex halimus* L. submitted only to salt stress with 50, 300 and 550 mM NaCl or treated with the association 0.1 and 0.5 mM salicylic acid added to 300 and 550 mM NaCl.

The biochemical behavior is to analyze the protein content, minerals dosage (Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup>), the content of flavonoid and certain growth parameters such as the height of the stem and main roots, fresh and dry weight of leaves, stems and roots.

The results showed that under salinity, aerial dry biomass increases, other growth parameters and protein content varies depending on the environment concentration and the organ. Indeed stem length and number of leaves are most important in 50 mM NaCl and dry weight of leaves increases with the application of 550 mM NaCl. The flavonoid content in leaves and the accumulation of Na<sup>+</sup> increases in organs while the K<sup>+</sup> content decreased only in the roots.

The application of 0.5 mM AS combined to 550 mM NaCl increased the length of the main stem, the contents of protein and flavonoids. The Na<sup>+</sup> has decreased in the leaves and roots with the application of 0.5 mM NaCl + 300 mM AS and that of K<sup>+</sup> has bowed under the treatment of 550 mM NaCl + 0.1 mM AS.

**Keywords:** *Atriplex halimus* L., salicylic acid, salinity, protein, cations, growth parameters, halophytes.

## التأثير المزوج للملوحة وحمض الساليسيليك على القياسات البيوكيميائية و على نمو نباتات الرغل الملحي.

### ملخص

يعتبر تطوير المناطق الصحراوية في الجزائر بالتأكيد الأمل لزيادة الإنتاج الزراعي. ولكن هذا لا يمكن أن يتحقق دون اختيار الأنواع والأصناف النباتية المقاومة الأفضل والتي تتكيف للملوحة مثل النباتات الملحية.

تمت هذه الدراسة على نباتات الرغل الملحي الفتية تحت تأثير الإجهاد الملحي 50، 300 و 550 ملي مول كلوريد الصوديوم فقط أو مضاف مع 0.1 و 0.5 ملي مول من حمض الساليسيليك إلى 300 و 550 ملي مول كلوريد الصوديوم. السلوك الكيميائي الحيوي يهدف إلى تحليل محتوى البروتين والأملاح المعدنية (صوديوم و بوتاسيوم) الاحتواء على الفلافونويد وبعض معايير النمو مثل ارتفاع الجذع والجذور الرئيسية، الوزن الرطب والجاف من الأوراق والسيقان والجذور.

أظهرت النتائج أنه في ظل الملوحة لوحدها تكون هناك زيادة في الكتلة الحيوية الجافة للجزء العلوي للنبات، معايير النمو الأخرى ومحتوى البروتين تختلف تبعاً لتركيز الوسط وحسب العضو. طول الجذع وعدد الأوراق هي الأكثر نمواً في التركيز 50 ملي مول كلوريد الصوديوم، الوزن الجاف للأوراق يتفق في 550 ملي مول كلوريد الصوديوم. محتوى الفلافونويد في الأوراق وتراكم الصوديوم يزيد في الأعضاء بينما محتوى الـ K<sup>+</sup> ينخفض فقط في الجذور.

التطبيق المشترك لـ 0.5 ملي مول من حمض الساليسيليك و 550 ملي مول كلوريد الصوديوم أدى إلى زيادة طول الساق الرئيسي، محتويات البروتين والفلافونيدات. انخفاض في كمية Na<sup>+</sup> في الأوراق والجذور في التركيز 0.5 ملي مول حمض الساليسيليك + 300 ملي مول كلوريد الصوديوم، أما الخاصة K<sup>+</sup> فتتخفض تحت 0.1 ملي مول حمض الساليسيليك + 550 ملي مول كلوريد الصوديوم.

**الكلمات الدالة:** الرغل الملحي، حمض الساليسيليك، الملوحة، البروتين، الشوارد، معايير النمو، النباتات الملحية.