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 : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Spécialité : Biotechnologie végétale

Présente par : CHAHED Khaoula

NEDJAA Imène

Thème

Contribution à l'étude de l'effet combiné de la salinité et de l'acide salicylique sur quelques paramètres physiologiques de l'*Atriplex halimus* L.

Soutenu publiquement

Le : 31/05/2016

Devant le jury:

Mme BISSATI Samia	**Professeur**	**Présidente**	**UKM Ouargla**
Mme DJERROUDI Ouiza	**M.A.A**	**Encadreur**	**UKM Ouargla**
Mr. CHAABENA Ahmed	**M.A.A**	**Examinateur**	**UKM Ouargla**

Année universitaire : 2015/2016

Remerciements

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

Au terme de cette étude, mes reconnaissances respectueuses vont d'abord à ***Mme.***

DJERROUDI Ouiza *Maître assistante chargée de cours à l'université d'Ouargla, pour nous avoir accepté de nous encadrer ainsi que pour ses précieux conseils et orientations, sa disponibilité, sa modestie et pour l'intérêt bienveillant manifesté pour nos travail.*

Nous remercions ***Mme. BISSATI Samia*** *Professeur à l'université d'Ouargla, pour avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.*

Nous remercie également ***Mr. CHAABENA Ahmed,*** *Maître Assistant à l'université d'Ouargla d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.*

Nous remercions tout les personnels du laboratoire de recherche « bioressources Saharienne de préservation et valorisation » de l'université d'Ouargla

a tous l'équipe de l'exploitation de l'université

Il est agréable d'exprimer notre profonde gratitude et nous plus vifs remerciements a tout(e) personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Liste des abréviations

% :	Pour cent
AS :	Acide salicylique
°C :	Degré Celsius
cm :	Centimètre
CR :	Capacité de rétention
DO:	Densité optique
FAO :	Food and Agricultur Organisation
g :	Gramme
g/l :	Gramme par litre
h :	Heure
ha :	Hectare
m :	Mètre
MF :	Matière fraîche
mg :	Milli gramme
mg/g PF:	Milli gramme par gramme de poids frais
mg/g :	Milli gramme par gramme
Mha :	Million hectare
min :	Minute
ml :	Milli litre
mM :	Millimolaire
mM/l :	Milli mole par litre
MS :	Matière sèche
NaCl :	Chlorure de sodium
nm :	Nanomètre
PF :	Poids frais
Ppt :	Poids en pleine turgescence
PS :	Poids sec
RWC :	Relative Water Content
T :	Traitement
TE :	Teneur en eau
TRE :	Teneur relative en eau
µg/g MF :	Micro gramme par gramme de poids frais

Liste des tableaux

tableau	Titre	page
01	Composition de la solution saline	17
02	Composition de solution combinées de NaCl et d'AS	18

Listes des figures

figure	Titre	page
01	Le dispositif expérimental	17
02	Hauteur moyenne de la tige des plantes d'*Atriplex halimus* L. âgée de 90 jours stressées par Na Cl seul et combinée avec l'acide salicylique	25
03	Longueur de la racine principale des jeunes plantes d'*Atriplex halimus* L. âgées de 90 jours, stressées par NaCl seul et combinée avec l'acide salicylique	26
04	Biomasse fraîche et sèche des parties aérienne *d'Atriplex halimus* L. âgée de 90 jours stressé par NaCl seul ou combinée avec l'acide salicylique	27
05	Biomasse fraîche et sèche de la partie souterraine *d'Atriplex halimus* L. âgée de 90 jours stressé par Na Cl seul et combinée avec l'acide salicylique	29
06	Rapport de la biomasse sèche de plante *Atriplex halimus* L. âgée de 90 jours stressés par Na Cl seul et combinée avec l'acide salicylique	30
07	Teneur en eau des feuilles, tiges et des racines *d'Atriplex halimus* L. âgée de 90 jours stressées par Na Cl seul et combinées avec l'acide salicylique	33
08	Teneur relative en eau de plante *Atriplex halimus* L. âgée de 90 jours stressés par Na Cl seul et combinées avec l'acide salicylique	35
09	Teneur en chlorophylle a, b et totale des feuilles *d'Atriplex halimus* L. âgées de 90 jours stressés par NaCl seul et combinées avec l'acide salicylique	36
10	Teneur en sucres solubles des feuilles, tiges et des racines *d'Atriplex halimus* L. âgées de 90 jours stressés par NaCl seul et combinées avec l'acide salicylique	38

Liste des photos

photo	*Titre*	*page*
01	*Atriplex halimus* L.	04
02	Graines d'*Atriplex halimus* L.	14
03	Germination d'*Atriplex halimus* L.	15
04	Plantule d'*Atriplex halimus* L.	16
05	Dispositif expérimental de stress	20

Table de matière

Remerciements

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

Introduction..... 1

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les Atriplex 03

I.1- Description du genre Atriplex 03

I.1.1-Atriplex halimus L..... 03

I.1.1.1-Systématique de l'espèce..... 04

I.2-Intérêt écologique et économique 04

I.2.1-Intérêt écologique 04

I.2.2-Intérêt économique 05

Chapitre II : Généralités sur l'acide salicylique 06

II.1-Historique..... 06

II.2- biosynthèse de l'acide salicylique..... 06

II.3- rôle de l'acide salicylique 06

II.4- L'acide salicylique et la résistance abiotique 07

Chapitre III : Généralité sur le stress 08

III.1-Définition de stress 08

III.2-Définition de stress abiotique 08

III.3-Les différents types de stress abiotique 08

III.3.1-Le stress hydrique 08

III.3.2- Le stress Thermique..... 08

III.3.3-Stress salin 09

III.3.3.1-Origines de la salinité..... 09

III.3.3.1.1-Salinisation primaire 09

III.3.3.1.2-Salinisation secondaire 10

III.4-Stress salin et le stress abiotique 10

III.5- L'impact de la salinité sur les plantes 11
III.6-Action de la salinité sur les paramètres physiologiques d'halophytes 12
III.7-Réponse et la stratégie adaptative de la plante aux stress salin 12
III.7.1-Exclusion 12
III.7.2-Ajustement osmotique 13
III.7.3-Inclusion 13
III.7.4-Sucres solubles 13

Partie II : Matériel et méthodes

I - L'objectif 14
II - Matériel végétal utilisé 14
III- méthodes 14
III.1- Préparation du substrat de la culture 14
III. 2-Préparation de la culture 15
III .3- Repiquage 15
III.4- Préparation des pots 16
III. 5-Dispositif expérimentale 16
III.6- Préparation des solutions 17
III.6.1-Solution nutritive 17
III.6.2-Solution saline à base de chlorure de sodium 17
IV- Les paramètres étudiés 21
IV.1-paramètres de croissance 21
IV.1.1-Hauteur de la tige 21
IV.1.2 -Longueur de la racine principale 21
IV.1.3- Biomasse végétale 21
IV.1.4-Rapport de la biomasse BSR/BSA 21
IV.2-Physiologiques 22
IV.2.1 - Teneur en eau 22
IV.2.2- Teneur relative en eau (la turgescence) 22
IV.2.3- Extraction et dosage de chlorophylle 23
IV.2.4- dosage des sucres solubles 23
V- Les analyse statistique 24

Partie III : Résultat et discussion

I-paramètres de croissance 25
I-1- Hauteur moyenne de la tige principale 25
I-2- Longueur de la racine principale 26
I-3- Biomasse fraiche et sèche aérienne 27
I-4-Biomasse fraiche et sèche souterraine 28
I-5- Rapport de biomasse BSR/BSA 30
Discussion 31
II - Paramètres physiologiques 33
II-1- Teneur en eau 33
II-2- Teneur relative en eau 35
II-3- Teneur en chlorophylle 36
II-4- Teneur en sucres solubles 38
Discussion 41
Conclusion et perspectives 43
Références bibliographiques
Annexe
Résumé

Introduction

Introduction

Les changements climatiques deviennent de plus en plus contraignants pour la croissance et le développement des plantes notamment dans les zones semi-arides et arides (**Belkhodja et *al.*, 2004**). En Afrique, près de 40 Millions d'hectares sont affectés par la salinisation, soit près de 2% de la surface totale (**IPTRID, 2006**). Les sols salins sont très répandus à la surface du globe, leur salinité constitue l'un des principaux problèmes du développement agricole (**Beldjoudi et *al*, 2002**).

L'Algérie fait partie du groupe des pays méditerranéens où la sécheresse observée depuis longtemps, a conduit manifestement au processus de salinisation des sols (**Gaucher et *al*, 1974**).

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 (**IPTRID, 2006**). 10 à 15% des surfaces irriguées soit (20 à 30 millions d'hectares) souffrent, à des degrés divers, de problèmes de salinisation (**Mermoud, 2006**).

La salinité reste la plus grande contrainte, qui a 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**).

Les *Amarantacées* 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, surtout dans les régions à climats aride et semi-aride (**Essafi et *al.*, 2007** ; notamment en périodes de disette (**Rahmoune *et al.*, 2004**). Dotées d'une biomasse aérienne et racinaire assez importante, elles constituent un outil efficace et relativement peu coûteux dans la lutte contre l'érosion, la salinisation et la désertification des sols, surtout en zones steppiques (**Essafi et *al.*, 2007**).

Du point de vue éco-physiologique, l'introduction et le développement d'une végétation naturellement résistante à l'aridité et à la salinité constituent une approche prometteuse pour la réhabilitation et la valorisation des sols salés. Ainsi, plusieurs halophytes

exprimant de fortes potentialités de croissance, de prélèvement et de stockage de sel dans leurs parties aériennes sont intéressantes pour la fixation et le dessalement des sols dans les zones arides et semi-arides (**Messedi et Abdelly, 2004**).

A ce jour, deux grandes stratégies de résistance au sel étaient connues chez les plantes : limiter l'entrée de sodium au niveau des racines ou séquestrer le sodium au niveau des feuilles (**Haouala et *al*., 2007**). Afin de limiter les effets néfastes de la salinité, et de renforcer les mécanismes de tolérance au stress, l'acide salicylique connue depuis très longtemps à induire une résistance systémique acquise des plantes est également connue pour sa protection des plantes contre le stress abiotique (**Ünlü et *al*., 2009 ; Vazirimehr et Rigi., 2014**). Son action a été largement mise en évidence chez de nombreuses espèces. Son application exogène sous différents stress a été étudiée par plusieurs chercheurs, et son rôle dans l'activation de la germination, la croissance sous stress salin a été signalé chez le blé (**Arfan et *al*., 2006**), l'orge (**El-Tayeb, 2005**) et le mais (**Gunes et *al*., 2009**).

Cette 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**).

Dans le cadre de cette approche et afin de mieux comprendre l'effet combinée de la salinité et de l'acide salicylique sur les paramètres de croissance et physiologiques de la plante, nous nous sommes intéressées à une espèce halophyte : l'*Atriplex halimus* L.

La première partie de ce travail aborde une revue bibliographique sur l'espèce étudiée, l'acide salicylique et le stress salin.

Dans la deuxième partie, nous décrirons la méthodologie adoptée dans notre expérimentation.

La troisième partie du travail est consacrée à l'ensemble des résultats obtenus sur la réponse des plantes à travers l'accumulation de la chlorophylle, des sucres solubles, les paramètres hydriques (la turgescence, la teneur en eau) et de croissance, ainsi que la discussion des résultats.

Nous terminons par une conclusion générale et des perspectives.

Partie I : Synthèse bibliographiques

Chapitre I : Généralités sur les *Atriplex*

I.1- Description du genre *Atriplex*

Le genre *Atriplex* est le plus grand et le plus diversifié de la famille des *Chenopodiaceae* et compte environ 400 espèces réparties dans les régions tempérées, sub-tropicales et dans les différentes régions arides et semi-arides du monde. Il est particulièrement répandu en Australie où on peut déterminer une grande diversité d'espèces et de sous-espèces. Le genre Atriplex inclut 48 espèces et sous espèces dans le bassin méditerranéen (**Mâalem, 2002**).

Les Atriplex sont des plantes halophytes dotées d'une série de caractères écologiques et physiologiques permettant la croissance et la reproduction dans un environnement salin (**Mâalem, 2002**) Elles sont donc en mesure de vivre sur des sols au taux élevé de sels inorganiques. Souvent, il s'agit de composants dominants des marécages salés et, vu que les sols salins sont typiques des milieux arides, de nombreuses espèces présentent également des adaptations xérophytiques.

I.1.1-*Atriplex halimus* L.

L'*Atriplex halimus* L. est un arbuste natif d'Afrique du Nord où il est très abondant (**Kinet *et al*., 1998**). Il s'étend également aux zones littorales méditerranéennes de l'Europe et aux terres intérieures gypso-salines d'Espagne. *Atriplex halimus* L. est un arbuste fourrager autochtone qui tolère bien les conditions d'aridité (sécheresse, salinité…etc) (**Souayah *et al*., 1998**). L' *Atriplex halimus* L. est un arbuste de 1 à 3 m de haut, très rameux, formant des touffes pouvant atteindre 1 à 3 m de diamètre. Les feuilles sont alternes, pétiolées, plus au moins charnues, couvertes de poils vésiculeux blanchâtres, ovales, assez grandes et font 2 à 5 Cm de longueur et 0,5 à 1 Cm de largeur. L'inflorescence est monoïque, en panicule d'épis, terminale et nue. La valve fructifière est cornée à la base. La graine est d'une teinte roussâtre (**Franclet et Le Houérou, 1971, Quezel et Santa, 1962 , Mesbah, 1998** ; In : **Mâalem, 2002**).

I.1.1.1-Systématique de l'espèce

La systématique de l'*Atriplex halimus* est d'après (**Guignard et Dupont, 2004**) comme suite :

- **Règne :** Végétale
- **Groupe :** Chlorobiontes
- **Groupe :** Embryophyte
- **Groupe :**Trachéophyte
- **Embranchement :**Spermaphytes
- **Sous Embranchement :**Angiosperme
- **Classe :** Eudicotylédones
- **Sous classe :** Précudicot
- **Ordre :** Caryophyllales
- **Famille :**Chénopodiacées (Amarantaceae)
- **Genre :** Atriplex
- **Espèce :** *Atriplex halimus*

Photo 01 : *Atriplex halimus*

I.2-Intérêt écologique et économique

I.2.1-Intérêt écologique

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

Selon **Franclet et Le Houerou** (**1971**), l'emploi des *Atriplex halimus* L. en Afrique du Nord est efficace pour la fixation des dunes et des Marnes. Le cordon dunaire situé en zone steppique s'étale sur plus de 60 Km. Sa largeur varie de 4 à 16 Km (**Zaafour, 1983**).

Selon **Le Houerou et Pontanier (1987)**, ils sont considérés comme moyen de protection contre l'érosion hydrique.

I.2.2-Intérêt économique

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

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

Chapitre II : Généralité sur l'acide salicylique

II.1-Historique

L'acide salicylique est une molécule clé dans la signalisation des réactions de défense chez les plantes .Sa découverte en 1828 quand Johann Buchner a isolé, à partir de l´écorce de saule, le glucoside d´alcool salicylique. Le nom de l'acide salicylique (AS) a été donné par Raffaele Piria en 1838 et c'est en 1874 en Allemagne que la première production commerciale du AS synthétique a débutée, son dérivé l'acide acétylsalicylique a été introduit sous le nom commercial d´aspirine en 1898.

Depuis la découverte en 1990 de la production de l'acide salicylique lors de l'établissement de la résistance systémique chez le concombre et le tabac, beaucoup d'efforts ont été déployés pour élucider le rôle de cette molécule dans cette résistance (**Métraux et *al*., 1990 ; Malamy et *al*., 1990 ; Raskin, 1992 ; Delaney et *al*., 1994**). Chez le tabac, il a été montré que les mêmes gènes activés dans la réaction de défense contre le virus de la mosaïque de tabac (TMV) sont exprimés par application du AS (**Ward et *al*., 1991**). Par la suite, l'acide salicylique a été reconnu comme molécule de signalisation dans la défense des plantes contre divers agents pathogènes (**Enyedi et *al*., 1992 ; Gaffney et *al*., 1993**).

II.2- biosynthèse de l'acide salicylique

L'acide salicylique, dont le rôle dans la signalisation cellulaire est important chez les végétaux, dérive de la phénylalanine via le cinnamoyl-CoA, le banzoyl-CoA et l'acide benzoïque. Il est ensuite glucosylé ou méthylé pour donner les formes combinées classiques de l'acide salicylique (**Lee et Raskin., 1995**) (voir figure Annexe 06).

II.3- rôle de l'acide salicylique

Dans les mécanismes de défense de la plante : parmi tous les composés phénoliques pouvant être impliqués dans la résistance des végétaux aux parasites, l'acide salicylique peut être présent sous plusieurs formes dans la plante : d'abord l'acide lui même, plus ou moins dissocié selon le pH du milieu, ensuite sous forme d'un ß-glucoside qui est probablement une forme de stockage, enfin le salicylique de méthyle qui pourrait être un signal volatil relâché dans l'air ambiant. Bien qu'il puisse intervenir directement, au même titre que les autres composés phénoliques, dans la résistance des plantes aux micro-organismes, l'acide

salicylique joue simultanément un rôle important comme messager intracellulaire déclenchant l'induction de l'ensemble des mécanismes qui permettent à la plante de se défendre vis-à-vis (cas du tabac), des champignons ou des bactéries (**Kunkel et Brooks, 2002**).

L'acide salicylique est nécessaire pour activer la plupart des réactions de défense de la plante et on observe souvent une rapide augmentation de sa concentration suite à l'attaque par des agents pathogènes (**Smith et *al*., 1998**) ou en réponse à divers stress (UV, ozone, blessure…). Par ailleurs, il existe généralement une bonne corrélation entre la capacité de résistance de la plante et sa teneur en acide salicylique (**Gozzo, 2003**).

II.4- L'acide salicylique et la résistance abiotique

La corrélation observée entre la concentration d'acide salicylique et la résistance de la plante laisse supposer aux auteurs que cette molécule est un signal commun de la plante et responsable d'inciter sa tolérance à un certains nombres de stress biotiques et abiotiques (**Nicole et *al*., 1998**).

L'application exogène de l'acide salicylique a un effet sur une large gamme de processus physiologique en condition défavorables externe, il a été prouvé dans plusieurs recherches que l'acide salicylique participent à la régulation de plusieurs voies métaboliques et physiologiques, mais son mécanisme d'action n'est pas encore bien clair et est toujours en cours d'étude (**Shakirova et *al*., 2003**).

En l'additionnant aux milieux d'irrigation ou par pulvérisation foliaire, l'acide salicylique joue chez certaines plantes et sous différentes conditions climatiques, un rôle de molécule signal pour induire la résistance ou la tolérance chez ces plantes aux différents stress abiotiques (**Korkmaz et *al*., 2007**).

Chapitre III : Généralité sur le stress

III.1-Définition de stress

On appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre perturbant le fonctionnement habituel de la plante. Par ailleurs, la réponse du végétal dépend de ces paramètres environnementaux (le type de contrainte, son intensité et sa durée) et génétiques (espèce et génotype) (**Hopkins, 2003**).

III.2-Définition de stress abiotique

Les stress environnementaux (ou abiotique) comme la salinité des sols, la sècheresse, les température extrêmes, le froid, le gel, les vents, l'excès d'eau, les radiations et les produits chimiques comme les pesticides ou les métaux lourds sont tous des condition qui affectent la croissance et le rendement des plantes (**Hopkins, 2003 ; Rhodes et Orczyk, 2001**).

Les plantes ont développé divers stratégies, souvent au détriment de leur croissance par des adaptation complexes soit par l'échappement (plantes éphémères), l'évitement, la tolérance ou la résistance pour faire face aux changements environnementaux défavorables en contrôlant et en ajustant leurs systèmes métaboliques (**Levitt, 1980 ; Munns, 2002 ; Hopkins, 2003**). En effet, les stress peuvent directement ou indirectement, affecter la physiologie de l'organisme en altérant son métabolisme, sa croissance et son développement (**Marque et *al*., 2002**).

III.3-Les différents types de stress abiotique

III.3.1-Le stress hydrique

C'est un résultat d'un déficit hydrique augmente progressivement dans un période de sécheresse plus ou moins prolongée. Un période climatique sèche et étendue suffisamment qui résulte des dégâts (**Benlaldj, 2007**).

III.3.2-Le stress Thermique

Les plantes possède un température idéale pour le croissances et de développement, qui se déroule entre des limites supérieurs et inférieurs . Lorsque la température se dépasse les limites la croissance diminue et au delà elle s'annule (**Hopkins, 2003**).

III.3.3-Stress salin

La salinité représente la quantité des sels minéraux qui se trouvent dissouts dans la solution du sol. Pour un même sol, elle varie avec la teneur en eau et avec la température. La phase liquide du sol, comme toute eau arrivant au sol, est caractérisée par la contenance de sels spécifiques. La distribution des ions entre la solution du sol et la phase solide est gouvernée par les propriétés d'échange de la phase solide et contrôlée par le processus d'échange ionique. Dans les zones arides et semi-arides, l'examen chimique de la solution extraite du sol révèle l'existence de Na^{+}, $Ca2^{+}$, $Mg2^{+}$, K^{+}, Cl^{-}, $S0_4^{2-}$, $HC0^{3-}$, $C0_3^{2-}$ et NO^{3-} comme principaux composants (**Berbouchi et *al.*, 2013**).

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe. Elle affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente (**FAO, 2005**). Par le processus de salinisation, les sels s'accumulent dans le sol. Quand la quantité de sels dans la solution du sol est élevée, ces derniers peuvent se concentrer à la surface du sol et y causer un état appelé salinité du sol (**Berbouchi et *al.*, 2013**).

La salinité des sols et des eaux, constitue un obstacle majeur sur la croissance des végétaux, dans les régions arides et semi-arides (**Baba-Sidi-Kassi, 2010**).

III.3.3.1-Origines de la salinité

La salinisation des sols présente deux origines, une source de sels naturelle qui affecte 80 % des terres salinisées, dites "salinisation primaire". Ce qui reste c'est 20% des terres salinisées, soit près de 15 Mha sur le continent Africain, ont une origine « anthropique ». On parle alors de salinisation "secondaire", induite par l'activité humaine, liée aux pratiques agricoles et en particulier à l'irrigation (**IPTRID., 2006**)

III.3.3.1.1-Salinisation primaire

Des terre salinisées ont une origine naturelle, alors la salinisation primaire est due à la formation des sels pendant l'altération des roches ou à des apports naturels externes :

- Dans les régions côtières, intrusion de l'eau salée ou submersion des terres basses.
- Inondation périodique par de l'eau de mauvaise qualité.
- Remontée d'un nappe phréatique salée prés de la zone racinaire (**Mermoud, 2006**) **(Bouchoukh, 2010**)

III.3.3.1.2-Salinisation secondaire

Près de 20% des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique et sont qualifiées de «secondaires». L'irrigation est la principale cause anthropique de la salinisation des sols (**Anonyme, 2006**). Dans environ la moitié des situations, le développement de l'irrigation s'est accompagné de l'apparition de processus de salinisation, sodisation ou alcalinisation des sols d'importance variable. Si les situations apparaissent très diverses en raison des caractéristiques du milieu naturel, des pratiques agricoles ou de la gestion de l'eau, ces dégradations ne sont pas inéluctables et apparaissent pour l'essentiel comme la résultante de mode de gestion inappropriée des ressources en sol et en eau. L'irrigation altère le bilan hydrique du sol en générant un apport d'eau supplémentaire; cet apport est toujours associé à un apport de sels. En effet, même une eau douce de la meilleure qualité contient des sels dissous et, si la quantité de sels apportée par cette eau peut sembler négligeable, les quantités d'eau apportées au fil du temps entraînent un dépôt cumulé de sels dans les sols qui peut s'avérer considérable (**Marlet, 2005 ; Bouchoukh, 2010**).

III.4-Stress salin et le stress abiotique

La salinité des sols constitue l'un des principaux stress abiotiques limitant la croissance des plantes cultivées (**Epstein et *al*.,1980 ; Boyer, 1982 ; Tanji et *al*., 1990 ; Abdelly et *al*., 2008; Munns et tester, 2008**). Cette salinité peut être naturelle ou induite par les activités agricoles comme l'irrigation (avec de l'eau de faible qualité) ou l'utilisation de certains types d'engrais (**Bartels et Nelson., 1994; Rubio et *al*., 1995**). Ainsi, chaque année, prés de 10 millions d'ha des terres cultivables sont perdus dans le monde de fait de l'accumulation au cours du temps, de petites quantités de sel contenues dans l'eau d'irrigation (**Jabnoune, 2008**).

La conséquence générale de la présence de sels dans le sols est une limitation de la croissance qui provoque une baisse de rendement. Dans les régions semi –arides, la concentration en sel de la solution du sol peut atteindre 100 mM, condition qui inhibe la croissance de la quasi-totalité des plantes cultivées (**Greenway et Munns.,1980 ; Amtmann et Sandres.,1999**). Pour des concentrations en sel plus fortes , même la germination peut devenir impossible (**Jabnoune, 2008**).

III.5- L'impact de la salinité sur les plantes

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**).

- **Sur la réduction générale de la croissance**

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**). Le NaCl 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 (**Guerrier, 1983**).

- **Sur les racines**

Les racines sont les premiers organes confrontés à l'augmentation du sel, il a été observé que des concentrations importantes de polypeptides appelés osmotine, s'accumulent dans les plantes au niveau des vacuoles de cellules de tabac soumises à des doses élevées de sel (**Singh et *al*.,1987**).

- **Sur la sénescence des feuilles**

L'excès de sel devient toxique à un certain degré et accélère la sénescence naturelle des feuilles, en réduisant la capacité photosynthétique causé par la fermeture des stomates qui limite l'entrée du CO_2 (**Zhu, 2001; Munns, 2002**).

- **Sur les chloroplastes**

La salinité affecte l'ultra structure des chloroplastes (**Ackerson et *al.*,1981; Salama et *al.*,1994**) et plus particulièrement celle des granas (**Baker, 2002; Rahman et *al.*, 2002**). Chez le petit pois, le stress salin provoque la perte de l'enveloppe chloroplastique, l'apparition de gouttelettes lipidiques et la dégradation des membranes thylakoïdiennes (**Olmos,1996**). Aussi la perméabilité membranaire augmente sous l'effet de sel (**Lutts et *al*, 2004**).

III.6-Action de la salinité sur les paramètres physiologiques des halophytes

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 ; Hopkin, 2003**).

La salinité est l'un des facteurs limitant pour la croissance des plantes. Les effets de la salinité sont : l'arrêt de la croissance, le dépérissement des tissus sous forme de nécrose marginales suivi par une perte de turgescence, une chute des feuilles et finalement par la mort de la plante (**Settou, 2011**).

III.7-Réponse et la stratégie adaptative de la plante aux stress salin

Les plantes peuvent répondre aux stress de diverses façon ; elles accomplissant leur croissance durant les périodes de moindre stress ou bien ne peuvent pas le supporter auquel cas elles peuvent subir des lésions. Ou bien, subies des modifications spécifiques de leur métabolisme leur permettant d'éviter ou de tolérer les effets de stress (**Enita, *2000***). Les plantes réagissent à ces variations de la salinité dans le biotope pour déclencher des mécanismes de résistance. Parmi ces mécanismes, l'ajustement osmotique joue un rôle primordial dans la résistance ou la tolérance de la plante à un stress (**Belfakih et *al.*, 2013**). Celui ci est réalisé grâce à une accumulation de composés osmo régulateurs conduisant à une réduction du potentiel osmotique permettant ainsi le maintien du potentiel de turgescence (**El Midaoui et *al.*, 2007**), principalement des composés aminés et des sucres (**Levigneron et *al.*, 1995**).

III.7.1-Exclusion

La plante empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles ;une première barrière existe au niveau de l'endoderme, couche interne de cellules de la racine .Cependant, cette barrière peut être interrompue, en particulier de l'émergence des ramifications de la racine. D'autres mécanismes limitent le passage de sel des racines vers les feuilles mais les gènes qui les gouvernent sont encore largement inconnus (**El Madidi et *al., 2003***).

III.7.2-Ajustement osmotique

L'ajustement osmotique apparaît aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation, il peut intervenir à tous les stades de développement et son caractère inductible suggère qu'il n'a pas (ou peu) d'incidence sur le rendement potentiel. L'ajustement osmotique joue un rôle primordial dans la résistance ou la tolérance de la plante à un stress (**Kara et *al,* 2011**). La plante devra synthétiser des solutés organiques pour ajuster son potentiel hydrique (**Belfakih et *al.,* 2013**).

III.7.3-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**).

III.7.4-Sucres solubles

Les sucres solubles sont des voies des métabolismes végétaux présents aussi à la surface des plantes (**Arnault et *al.,* 2012**). Ils sont stimulés par un stress salin (**Levigneron et *al.,* 1995**), produits par blocage de glucose ou le saccharose (provenant de l'hydrolyse de l'amidon). Ces sucres sont abondants dans le cas de concentration fortement salins et déshydratants (**Hubac et *al.,* 1972, Binet., 1980 in Bouhaddi., 2009**). Les sucres pourraient contribuer à plus de 50% à l'ajustement osmotique des glycophytes soumises aux conditions de salinité (**Farissi et *al.,* 2014**).

Partie II : Matériel et méthodes

I-L'objectif de travail

L'objectif de ce travail s'oriente vers la connaissance de certains mécanismes liés à l'adaptation aux contraintes salines de l'espèce d'*Atriplex halimus* L. à travers l'étude de certains paramètres de croissance et physiologiques.

II-Matériel végétal utilisé

Le matériel végétal utilisé concerne des graines d'*Atriplex halimus* L. provenant de la région de Ouargla. Ces graines sont décortiquée pour faciliter la germination.

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

III-Méthodes

III.1- Préparation du substrat de la culture

Pour réaliser cette expérimentation nous avons utilisé le sable des dunes comme substrat de culture ayant subi:

- Un tamisage approprié afin d'éliminer les différents débris et déchets végétaux et animaux dans le but d'obtenir un sable fin.
- Un traitement à l'esprit de sel pendant 15 minutes pour éliminer les carbonates, les chlorures…etc.
- Des lavages successifs à l'eau filtrée.
- Des rinçages répétés à l'eau distillée sont appliqués afin d'essayer d'éliminer toute trace de chlore.
- Et enfin, un séchage à l'air libre. Un test au nitrate d'argent a été réalisé pour vérifier la pureté du substrat concluant la limpidité de la solution

III.2- Préparation de la culture

Au laboratoire, nous avons préparé au préalable les graines en les décortiquant de leur bractée afin de faciliter la germination. Elles sont sélectionnées selon leur morphologie, leur taille, leur couleur (brune) et leur aspect sanitaire (absence de contaminations). Celles-ci sont trempées dans l'hypochlorite de sodium à 8% pendant deux minutes (élimination éventuelle des champignons), puis elles sont rincées plusieurs fois à l'eau distillée. Elles sont ensuite semées dans des alvéoles, le substrat contenu dans ces derniers est constitué de terreau. Le tout est arrosé légèrement à l'eau distillée. Cette première opération a duré 30 jours, elle a pour but de produire des plantules. Dès l'apparition des premières feuilles.

Photo 03: germination d'*Atriplex halimus*

III.3- Le Repiquage

Au bout de cinq semaines après l'apparition des premières feuilles (stade cinq à six feuilles), les plantules sont repiquées soigneusement à raison d'une plantule par pot, puis déposés sous serre. Tous les deux jours, ces plantules sont arrosées à la solution nutritive de **Hoagland (1938)**.

Photo 04: plantule d'*Atriplex halimus*

III.4- Préparation des pots

Nous avons utilisés des pots en plastiques de 16 Cm de diamètre et 13.8 Cm de hauteur, qui sont tapissé par une couche de gravier (facilite le drainage), puis ils sont remplis d'un mélange du sable lavé et de terreau (2 volumes de sable/ 1volume de terreau).

Chaque pot est rempli de1797.44g de ce mélange. Cette valeur de poids est retenue pour déterminer la capacité de rétention de ce substrat (Annexe 01). Cette caractéristique hydrique est nécessaire car elle permet le calcul des quantités de solution nutritive à apporter lors des arrosages.

III.5- Dispositif expérimental

L'essai a été conduit dans des pots sous serre semi-contrôlé à l'université de Ouargla.

Le dispositif expérimental adopté comprend 7 traitements de différentes concentrations et chaque traitement est constitué de 5 pots (répétitions). Les pots sont disposés en bloc et subissent des rotations à chaque fois.

Les plantes d'*Atriplex halimus* L. sont traitées avec le chlorure de sodium à des concentrations différentes. La disposition est aléatoire (au hasard).

Nombre de répétitions							
Traitements effectués	T1 Témoin	T2 400 mM NaCl	T3 600 mM NaCl	T4 400 mM NaCl +1mM AS	T5 400 mM NaCl +1.5mM AS	T6 600 mM NaCl +1mM AS	T7 600 mM NaCl +1.5 mM AS

Fig. 01 : Dispositif expérimental

III.6- Préparation des solutions

III.6.1- Solution nutritive

La solution nutritive utilisée pour l'arrosage au courant de l'expérimentation a été préparée à partir de celle de **Hoagland (1938),** elle est apporté trois fois par semaine. Elle se compose d'un ensemble de macroéléments et de micro-éléments comme le montre le tableau 01Annexe 02.

III.6.2- Solution saline à base de chlorure de sodium

Nous avons préparée deux concentration de solution saline de chlorure de sodium (Na Cl) séparément à partir du Na Cl à 400 et 600 mM de solution nutritive.

Tableau 01 : composition de la solution saline

		400 mM	**600 mM**	**Témoin**
NaCl	mM/l	400	600	Solution nutritive
	g/l	23.38	35.06	

Le tableau 02 montre, le traitement combiné salinité- acide salicylique.

Tableau 02 : Composition de solution combinées d'NaCl et d'AS

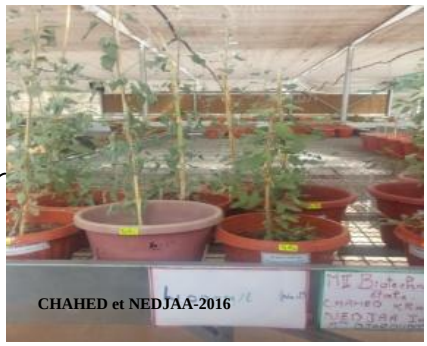
Le composant		**400 mM NaCl+ 1 mM AS**	**400 mM NaCl + 1.5 mM AS**	**600 mM NaCl+ 1 mM AS**	**600 mM NaCl + 1.5 mM AS**
NaCl	mM/l	400	400	600	600
	g/l	23.38	23.38	35.06	35.06
AS	mM/l	1	1.5	1	1.5
	g/l	0.14	0.21	0.14	0.21

Plantes d'*Atriplex halimus*

Plante témoin

Avant le stress

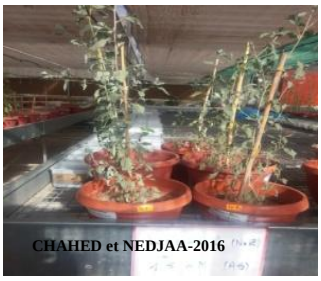
Après le stress



Plantes stressées au chlorure de sodium (NaCl)

Photo 5 (a) : Dispositif expérimental de stress (les plantes avant et après le stress)

Plantes stressées au chlorure de sodium (NaCl) avec l'acide salicylique



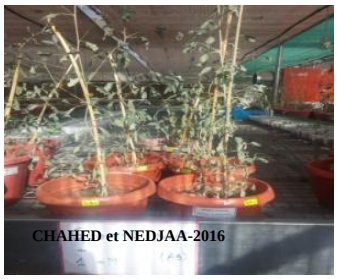


Photo 5 (b) : Dispositif expérimental de stress (les plantes avant et après le stress)

IV- Les paramètres étudiés

Afin de déterminer l'effet des différents traitements de NaCl seul et associé avec l'AS sur l'espèce étudiée, des paramètres de croissance et physiologiques ont été mesurés.

IV.1-Paramètres de croissance

IV.1.1-Longueur de la tige principale

La longueur de la tige est mesurée à l'aide d'un mètre ruban (Cm), de la surface du sol à l'extrémité.

IV.1.2 -Longueur de la racine principale

Cette mesure est effectuée après le prélèvement des plantes et par un règle gradué (Cm).(voir annexe 07)

IV.1.3- La biomasse végétale

Pour chaque échantillon de plante (feuille, tige et racines), nous avons déterminé le poids frais (g) juste après le prélèvement et le pois sec (g) après passage à l'étuve à 80°C pendant 48 h.

IV.1.4-Le rapport de la biomasse BSR/BSA

Le rapport en biomasse : biomasse sèche racinaire/biomasse sèche aérienne (BSR/BSA) a été déduit à partir les valeurs moyennes des poids de la matière sèche.

IV.2- Paramètres physiologiques

IV.2.1 -Teneur en eau

La teneur en eau (TE) est calculée par différence entre le poids de matière fraîche (MF) de l'échantillon et son poids de matière sèche (MS), après passage à l'étuve pendant 48 h à 80°C. Les échantillons ont été pesés, à des intervalles de temps réguliers, jusqu'à obtention d'un poids constant.

TE (%) = [(MF – MS)/MF] x 100

TE : Teneur en eau **MF :** Matière fraiche en g **MS :** Matière sèche en g

IV.2.2 -Teneur relative en eau (Relative Water Content =RWC)

L'un des principaux paramètres du niveau hydrique de la plante est la teneur relative en eau (TRE ou RWC). Celle-ci est obtenue selon la méthode de **Barrs** (**1968**) :

Le limbe foliaire est coupé à sa base puis immédiatement pesé pour déterminer son poids frais (**PF**). L'extrémité est ensuite placée dans un tube à essai contenant de l'eau distillée puis maintenu à l'obscurité à 4°C /12h.

Les feuilles sont récupérées et essuyées (dessécher) délicatement avec un papier buvard et sont à nouveau pesés pour déterminer le poids en plaine turgescence **(Ppt).**

Les échantillons sont ensuite mis dans une étuves pendant 48h à 80°C pour obtenir le poids sec **(PS)**.

La teneur relative en eau **(TRE)** est calculée selon la formule de **Clarck** et **Mac-Caig** (**1989**) :

TRF(%) = (PF-PS) / (Ppt-PS)*100

TRE : Teneur relative en eau
PF : Poids frais en g
PS : Poids sec en g
Ppt : Poids en pleine turgescence

IV.2.3-Extraction et dosage de chlorophylle

La teneur en chlorophylle **a**, **b** et **totale** (mg/g PF) est déterminée selon la méthode légèrement modifiée de la méthode de **Torrecillas et *al.*, (1984)**. Des feuilles d'environ 200 mg de poids frais sont pesées et mises dans 5 ml d'acétone concentrée (80%).

Après un séjour de 72 heures à l'obscurité à une température de 4°C, la densité optique de l'extrait est mesurée à 665 nm et à 649 nm. Les teneurs en chlorophylle a, b et totale sont ensuite calculées selon les formules suivantes :

- Chlorophylle a (mg/gPF) = 11.63 *(DO665) _ 2.39 *(DO649)
- Chlorophylle b (mg/gPF) = 20,11*(DO649) – 5,18 *(DO665)
- Chlorophylle totale (mg/gPF) = 6,45 * (DO665) + 17,72 * (DO649)

IV.2.4- Dosage des sucres solubles (dans les feuilles, les tiges et les racines)

L'extraction et le dosage des sucres solubles, dans les feuilles tige et les racines des plantes, sont faits selon la méthode de **Dubois** (**1956**) qui consiste à :

- mettre 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai.
- ajouter 2 ml d'éthanol à 80%.
- laisser le tout au repos pendant 48h.
- faire évaporer tout l'alcool en mettant les tubes à essai dans un bain Marie à 70°.
- après refroidissement, mettre dans chaque tube à essai 20 ml d'eau distillée.
- prendre 1 ml de la solution et ajouter 1 ml de phénol à 5 % en prenant soin de bien agiter.
- ajouter 2 ml d'acide sulfurique concentré et déposer les tubes à essai dans un bain de glace; les laisser reposer durant 25 min.
- procéder à la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 490 nm.
- calculer les concentrations (µg/ml MF) à partir de l'équation déduite de la gamme d'étalonnage (Annexe 03)

V- Analyse statistique

Afin de déterminer la significativité des traitements appliqués sur les différents paramètres étudiés, nous avons procédé à des analyses de la variance et à la comparaison des moyennes à l'aide du test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\ \%$ sur 35 échantillons (feuilles, tige et racines) analysées et de chaque traitement à l'aide du logiciel XLSTAT.

Partie III : Résultats et discussion

I-Paramètres de croissance

La salinité a un effet sur la croissance et le développement des végétaux. Dans notre étude, nous nous sommes intéressés d'abord à l'effet des différentes concentrations de NaCl (400 mM, 600 mM) sur la croissance et le développement d'*Atriplex halimus* L. ensuite, nous avons essayé de déterminer l'action de l'acide salicylique sur la tolérance à la salinité. Pour cela, nous avons mesuré des paramètres de croissance tels que la longueur de la tige et de la racine principale, la biomasse fraîche et sèche de la partie aérienne et souterraine, ainsi que leur rapport.

I.1- Hauteur moyenne de la tige principale

Les résultats obtenus montrent que les traitements avec la forte salinité seul ou associé à 1 mM d'AS ont un effet positif sur la croissance en longueur des tiges chez *Atriplex halimus* L. (figure 02).

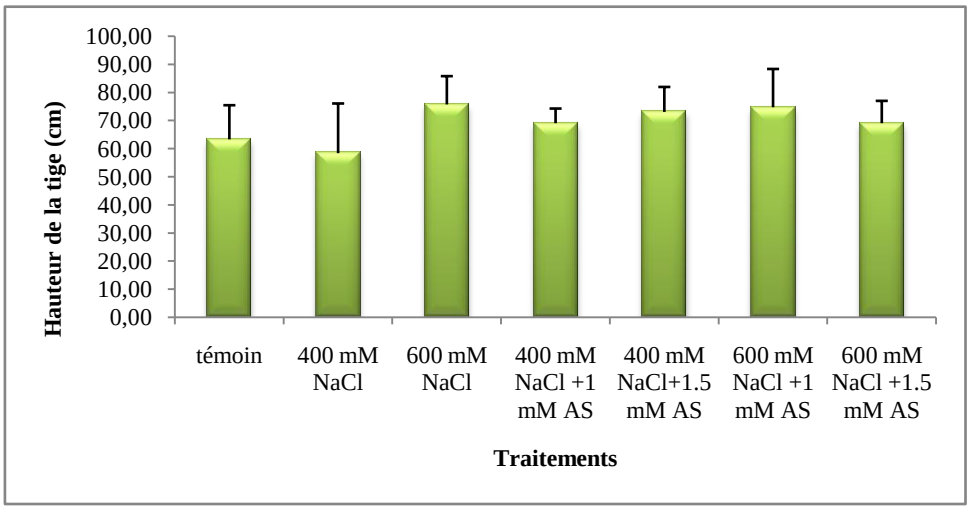


Fig. 02: Hauteur moyenne de la tige principale des plantes d'*Atriplex halimus* L. âgées de 90 jours stressées par Na Cl seul et combinée avec l'acide salicylique

L'analyse de variance (tableau 02 annexe 04) montre qu'il n'y a pas de différence significative ($P \geq 0.05$) au seuil 5 % entre les traitements pour ce paramètre.

I.1.1- Action de la salinité

La longueur de la tige augmente en fonction de l'élévation de la concentration de la salinité du milieu, celle-ci est de 58.33 et 75.67 Cm respectivement pour les traitements 400 et 600 mM NaCl. Néanmoins; sous 400 mM de salinité ce paramètre a sensiblement diminué en comparaison avec le témoin 63.24 Cm.

I.1.2- Action combinée salinité- acide salicylique

L'application de différents traitements salins en présence de l'AS induit une augmentation de la longueur de tige par rapport aux plantes stressés aux NaCl seul et les témoins. L'allongement le plus important (74.67 Cm) a été obtenu pour le traitement associé (600 mM +1 mM AS) et le plus faible (69 cm) pour les traitements (400 mM NaCl+1 mM AS et 600 mM NaCl +1.5 mM AS).

Le test de Newman et Keuls montre qu'il y a une homogénation entre les traitements (voir tableau 19 Annexe 05).

I.2- Longueur de la racine principale

Contrairement à la tige, l'AS influe sur la croissance en longueur de la partie souterraine (figures 03). En effet, l'ensemble des traitements combinés ont provoqué un important allongement des racines excepté le traitement 400 mM NaCl +1 mM AS).

L'analyse de variance (tableau 03 annexe 04) montre qu'il y a une différence significative ($0.01 \leq P < 0.05$) au seuil 5 % entre les traitements pour la longueur des racines.

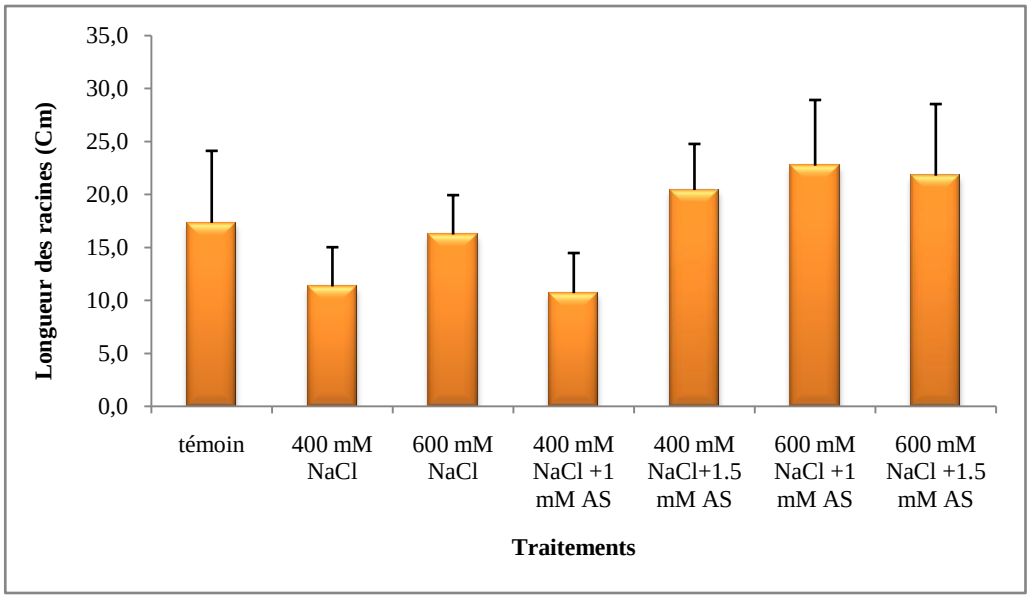


Fig.03- Longueur de la racine principale des jeunes plantes d'*Atriplex halimus* L. âgées de 90 jours, stressées par NaCl seul et combinée avec l'acide salicylique

I.2.1- Action de la salinité

Les plantes traitées au chlorure de sodium, montrent une augmentation de la longueur des racines (11.3 et 16.2 Cm) en fonction de l'intensité du stress (400 et 600 mM NaCl) et une baisse par rapport au témoin 17.3 Cm.

I.2.2- Action combinée salinité- acide salicylique

L'application de l'AS augmente la longueur des racines en comparaison à celle des plantes stressées au NaCl seul et les témoins sauf pour la concentration 400 mM +1 mM AS qui montre une valeur la plus faible (10.7 Cm). La longueur la plus élevée (22.7 Cm) est enregistrée sous le traitement 600 mM NaCl + 1 mM AS.

Le test de Newman et Keuls au seuil α = 5% fait ressortir, deux groupes homogènes

- Groupe A : 600 meq NaCl +1mM AS et 600 meq NaCl +1.5 mM AS
- Groupe B : 400 meq NaCl
- Groupe intermédiaire A, B Témoin , 600 meq NaCl, 400 meq NaCl +1mM AS et 400 meq NaCl +1.5 mM AS (voir tableau 20 Annexe 05).

I-3- Biomasse fraîche et sèche aérienne

La figure 04 représente les résultats de l'effet de la salinité et de l'acide salicylique sur la biomasse fraîche et sèche de la partie aérienne des jeunes plantes d'*Atriplex halimus* L. On remarque que la biomasse fraîche varie d'un traitement à un autre, contrairement à biomasse sèche qui ne montre pas une importante variation entre les traitements.

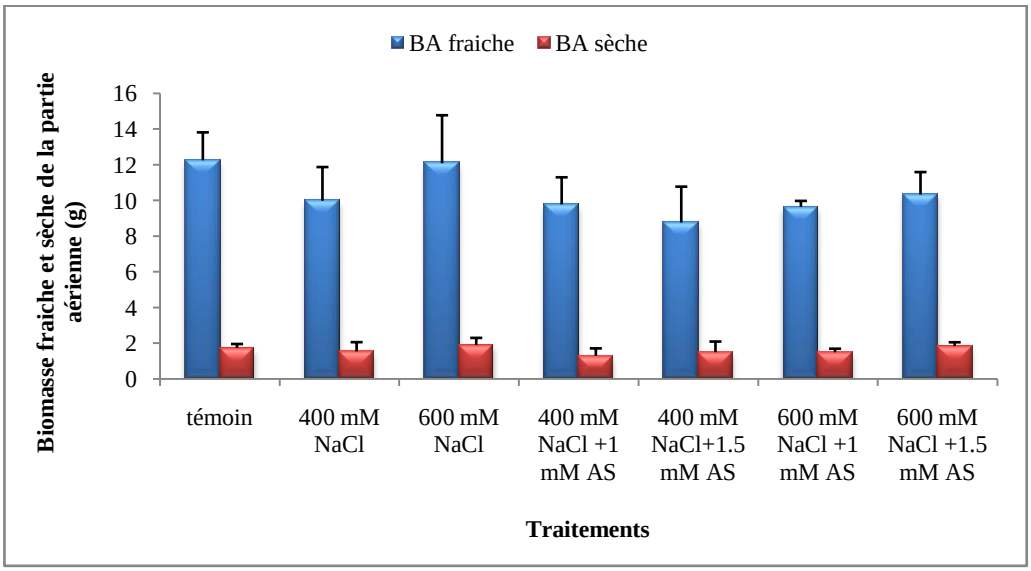


Fig. 04: Biomasse fraîche et sèche des parties aérienne *d'Atriplex halimus* L. âgées de 90 jours stressé par NaCl seul ou combinée avec l'acide salicylique

L'analyse de variance (tableaux 04 et 05 Annexe 04) montre qu'il ya une différence significative ($0.01 \leq P < 0.05$) (au seuil 5%), du poids frais pour l'ensemble des traitements ; alors que la biomasse sèche indique une différence non significative ($P \geq 0.05$).

I.3.1-Action de la salinité

La biomasse aérienne fraîche et sèche augmentent sous la salinité croissante du milieu; en effet, le poids de la partie aérienne fraîche et sèche de 9.98 et 1.54 g/plante passe à 12.08 et 1.90 g/plante. Sous le traitement 400mM NaCl, le poids frais et sec diminue par rapport au plantes témoins (1.73 g/plante ; par contre, il semble que la forte salinité du milieu 600mM NaCl favorise la croissance des plantes, ainsi la biomasse sèche a augmentée par rapport au témoin.

I.3.2- Action combinée salinité- acide salicylique

L'ajout de l'acide salicylique provoque une diminution dans la biomasse fraîche et sèche par rapport au témoin et aux plantes stressées au NaCl, sauf pour le traitement 600 mM +1.5mM AS qui montre une augmentation de la biomasse sèche (1.84 g/plante) par rapport au témoin (1.73 g/plante).

I.4 - Biomasse fraîche et sèche souterraine

Les résultats de la biomasse fraîche et sèche de la partie souterraine (racinaire) enregistrés dans la figure 05, représentent les valeurs moyennes en fonction des traitements appliqués comparées au témoin.

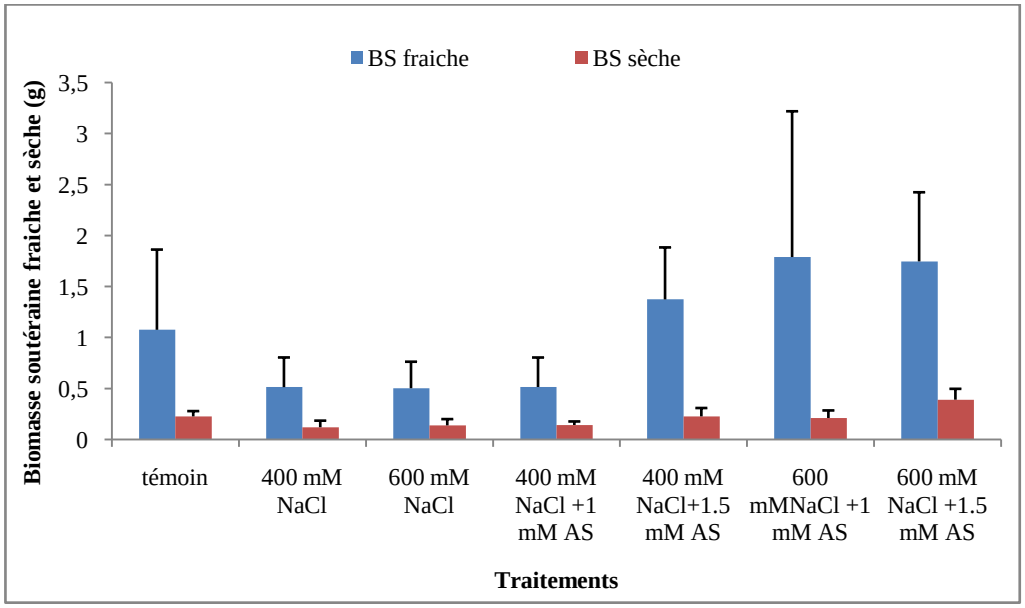


Fig. 05: Biomasse fraîche et sèche de la partie souterraine *d'Atriplex halimus* L. âgées de 90 jours stressé par Na Cl seul et combinée avec l'acide salicylique

L'analyse de variance (tableaux 06 et 07 Annexe 04) montre une différence significative ($0.01 \leq P < 0.05$) au seuil 5%, entre les traitements pour le poids frais et une différence très hautement significative ($P < 0.001$) pour le poids sec des racines.

I.4.1- Action de la salinité

Les différentes concentrations de NaCl influent négativement sur la croissance pondérale de la partie souterraine. La biomasse fraîche et sèche baisse de moitié par rapport au témoin. La moyenne obtenue est identique sous les concentrations salines 400 et 600 mM NaCl (0.5 g/plante) et (0.1 g/plante) respectivement pour le poids frais et sec contre 1.08 et 0.23 pour les témoins.

I.4.2- Action combinée salinité- acide salicylique

L'effet de l'acide salicylique se manifeste par une augmentation dans la biomasse fraiche à l'exception de traitements 400mM +1mM AS de valeur (0.51g). La biomasse sèche aussi s'élève sous la concentration 1.5 mM acide salicylique et diminue dans la concentration 1 mM AS

Le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir, deux groupes homogènes les quels :

- Groupe A : 600 meq NaCl +1.5 mM AS
- Groupe B : Témoin, 400 meq NaCl, 600 meq NaCl, 400 meq NaCl +1mM AS, 400 meq NaCl +1.5 mM AS et 600 meq NaCl +1mM AS. (voir tableaux 23 et 24 Annexe 05).

I.5 - Rapport de biomasse BSR/BSA

L'étude du rapport de la biomasse sèche de la partie souterraine / aérienne est nécessaire pour savoir laquelle des deux est plus sensible au stress salin induit par le NaCl seul ou associer avec l'acide salicylique. Le résultat représenté dans la figure 06.

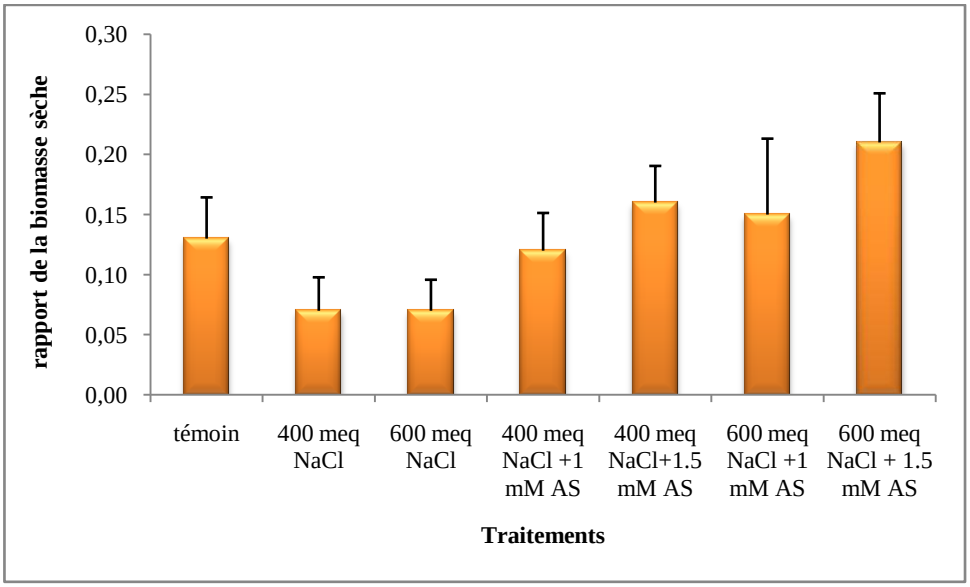


Fig. 06: Rapport de la biomasse sèche de plante *Atriplex halimus* L. âgées de 90 jours stressés par Na Cl seul et combinée avec l'acide salicylique

Les résultats obtenus montrent que la croissance pondérale de la partie aérienne est plus importante que celle de la partie souterraine et de ce fait plus résistante au stress salin

L'analyse de variance (tableau 08 annexe 04) montre qu'il y a une différence très hautement significative ($P \leq 0.001$) au seuil 5 % entre les traitements pour ce paramètre.

I.5.1- Action de la salinité

L'application de stress salin influe négativement sur la croissance pondérale de la partie aérienne et souterraine par rapport aux plantes témoins. Le rapport obtenu est identique (0.07) pour les deux traitements 400 et 600 mM.

I.5.2- Action combinée salinité- acide salicylique

On observe qu'il y a une augmentation de rapport en fonction de l'augmentation de la concentration de l'AS. Le valeur le plus élevée (0.21) enregistré sous le traitement 600 mM NaCl+ 1.5 mM AS.

Le test de Newman et Keuls au seuil α = 5% fait ressortir, trois groupes homogènes :

Groupe A : 600 meq NaCl +1.5 mM AS

Groupe B : 400 meq NaCl +1.5 mM AS et 600 meq NaCl +1mM AS

Groupe C : 400 meq NaCl et 600 meq NaCl

Groupe intermédiaire B,C : Témoin et 400 meq NaCl +1mM AS

(voir tableau 25 et 24 Annexe 05).

I.6-Discussion

Les processus impliqués dans l'élaboration du rendement d'une culture sont influencés non seulement par des facteurs génétiques mais aussi sous l'intervention des facteurs environnementaux (**Monneveux et This, 1997 in Hassani *et al.*, 2008**). La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (**Bouaouina *et al*., 2000**). La réponse des végétaux au stress salin est généralement étudiée en évaluant des paramètres de croissance de partie aérienne et souterraine de plante stressée.

Notre étude a été menée sur des plantes d'*Atriplex halimus* qui ont été exposées pendant une semaine à différents traitements de NaCl seul et combiné à l'acide salicylique. La tolérance à la salinité de cette espèce a été étudiée à travers leur capacité de développement en présence de NaCl.

Les résultats montrent que la hauteur de la tige principale augmente en fonction de la salinité seule et associé avec l'acide salicylique. Ce résultat est semblable à celui de **Bouchoukh** (**2010**) qui a montré que la croissance en longueur de la partie aérienne augmente avec l'intensité du stress salin chez l'*Atriplex halimus* L. et *Atriplex canescens*. Ce qui confirme le caractère halophile des *Chénopodiacées*, en particulier celle du genre Atriplex indiqué par plusieurs auteurs.

Cependant la longueur des racines diminue en présence de salinité alors que l'ajout de l'acide salicylique induit une augmentation de ces organes. En effet, selon **Calu, 2006**), un stress salin extrême conduit au nanisme et à l'inhibition de la croissance racinaire. Notre résultat est semblable a celui de **Baba-Sidi-Kaci** (**2010**) qui a indiqué que les traitements salins appliqués sur *Atriplex halimus* réduisent la longueur des racines par rapport au témoin et à celui de **Mezni** (**2010**) qui a montré que le stress causé inhibe de manière significative la croissance de différents organes de la luzerne, toutefois, les racines sont souvent plus touchées que les parties aériennes.

Les plantes traitées au NaCl avec l'AS montrent des valeurs plus importantes que les plantes témoin, en effet, l'apport de cette molécule améliore la croissance en longueur des plantules d'*Atriplex halimus* L. ; contrairement au résultats de **Khan et *al.*,** (**2003**), qui ont rapporté que l'application de l'acide salicylique, de l'acide acétylsalicylique ou d'autres analogues de l'AS, aux niveau des feuilles de maïs et du soja n'a aucun effet sur la hauteur de la plante et la longueur des racines.

Le poids frais et sec de la partie aérienne montrent une diminution lors de l'application de stress salin seul et associé avec l'AS. Ce résultat n'est pas semblable à celui de **Bouchoukh** (**2010**), qui a trouvé une augmentation de la biomasse sèche aérienne de l'*Atriplex halimus* L. sous le traitement salin (12 g/l) par rapport au témoin d'une part, et d'autre part, **Khan et *al.*,** (**2003**), ont aussi indiqué que l'application de l'acide salicylique, a accéléré la production de masse sèche du maïs et de soja.

Nous avons enregistré une diminution du poids frais des racines stressées par le NaCl seul, et une augmentation sous les traitements combinées avec l'AS. Ce résultat est contraire a celui de **Chaparzadeh et *al.*,** (**2014**) qui ont trouvés que le poids frais des racines du radis diminue.

La biomasse sèche racinaire enregistre une augmentation sous les traitements de NaCl seul et celle combinée avec 1.5 mM AS et une diminution dans les autres combinées à 1 mM AS. Au contraire **Tahir et *al.*,** (**2010**) ont montré une réduction de la masse fraîche et sèche de la racine et de la tige de sorgho. Cependant, les autres traitements avec l'acide salicylique n'ont indiqué aucune amélioration.

Notre résultat corrobore avec celui de **Gutierrez-Coronado., (1998**) qui a indiqué que l'application de l'a AS a également augmenté de manière significative le poids sec de la racine et la partie supérieure de l'orge et du soja.

Enfin, d'après **Chaparzadeh et *al.*, (2014)**, l'application de l'AS conduit effectivement à la diminution du poids frais des tiges mais n'a aucun effet significatif sur les racines.

Concernant le rapport BSR/BSA, nous avons noté une diminution en fonction de salinité et une augmentation proportionnelle à la concentration de l'AS. Ce résultat n'est pas semblable à celui de **Tahir et *al* (2010)** qui ont montré que ni la salinité ni l'acide salicylique ont un effet sur ce rapport chez le sorgho.

II - Paramètres physiologiques

Les changements de croissance analysés précédemment comme une réponse au stress salin en présence et en absence de l'acide salicylique de l'espèce étudiée, sont en réalité le résultat morphologique de l'effet du différent traitement sur le métabolisme de cette plante.

Nous analysons dans ce chapitre les résultats des paramètres physiologiques et biochimiques : la teneur en eau, la turgescence, les sucres solubles et la teneur chlorophyllienne.

II.1-Effet du stress salin et de l'acide salicylique sur la teneur en eau

Les résultats reportés sur la figure 07, représentent les valeurs moyennes de la teneur en eau des feuilles, tige et racines stressées par l'NaCl seul et combinées avec l'acide salicylique, comparés au témoin. On remarque que la TE chez les trois organes est variable, en fonction des traitements appliqués.

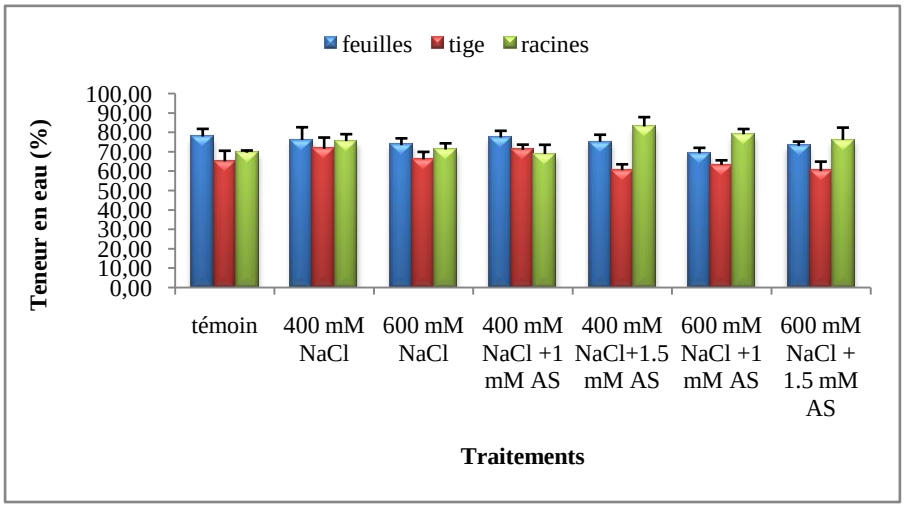


Fig. 07: Teneur en eau des feuilles, tiges et des racines *d'Atriplex halimus* L. âgée de 90 jours stressées par Na Cl seul et combinées avec l'acide salicylique

La teneur en eau enregistrée chez les feuilles stressées au NaCl seul ou associée à l'AS baisse légèrement comparativement à celle des plantes témoins. La valeur la plus élevée (77.36%) est obtenue pour les plantes stressées à 400 mM NaCl + 1 mM AS et la moins importante (69.21%) pour les plantes stressées sous 600 mM NaCl + 1 mM AS.

L'analyse de la variance (tableau 09 Annexe 04) montre qu'il y a une différence significative ($0.01 \leq P < 0.05$) au seuil 5 % entre les traitements.

Concernant la tige, la TE montre une variation des valeurs entre 71.49 et 59.99%. La valeur la plus élevée est notée sous le traitement 400 mM NaCl (71.49%) et la plus faible sous 600 mM NaCl + 1.5 mM AS (59.99%).

L'analyse de variance (tableau 10 Annexe 04) montre qu'il y a une différence très hautement significative ($P \leq 0.001$) au seuil 5 % entre les traitements.

Chez les racines, la teneur en eau varie également entre 68.85 pour les plantes traitées à 400 mM NaCl +1 mM AS et 83.03% pour celles sous 400 mM NaCl+1.5 mM AS.

L'analyse de variance (tableau 11 Annexe 04) montre une différence très hautement significative ($P \leq 0.001$) au seuil 5 % entre les traitements.

II.1.1-Action de la salinité

La figure 6 montre que les teneurs en eau des feuilles et des tiges traitées au chlorure de sodium diminuent en fonction de l'augmentation de la concentration de la salinité du milieu et par rapport au témoin. Les teneurs enregistrées dans les feuilles sont de 76.06 %, 73.41% et de 77.84% respectivement sous 400 et 600 mM NaCl et le témoin.

Dans les tiges, les teneurs en eau baissent également en fonction de l'augmentation de la l'intensité du NaCl. Le traitement 400 mM indique une teneur plus élevé (71.49%) que celle du témoin (65.05 %), contrairement à celle traitées à 600 mM qui présente une TE proche de celle du témoin (66.07%).

Il en est de même pour les valeurs obtenues au niveau des racines qui diminuent sensiblement. Ces teneurs sont plus importantes (75.49, 71.18 %) que celle des plantes témoins (69.51%), mais ils restent proches a ce dernier.

II.1.2- Action combinée salinité- acide salicylique

La TE des feuilles, varie sensiblement en diminuant (77.36, 75.15%) par rapport aux plantes témoins (77.84%) et à celles stressés au NaCl seul sous les traitements associés 400 mM NaCl+ 1 et 1.5 mM AS ; contrairement au traitement 600 mM NaCl associé à l'AS qui indique une augmentation (69.21 ; 73.02 %). L'ajout de l'AS n'a pas une influence sur la teneur en eau des feuilles, la valeur la plus élevée est noté pour les plantes traitées à 400 mM NaCl + 1mM AS.

À propos des tiges, nous constatons que l'application de l'AS provoque une réduction dans la teneur en eau qui varie très peu entre les traitements associés en comparaison avec les

plantes sont stressées au NaCl seul et aux témoins sauf pour le traitement 400 mM +1 mM AS qui indique une valeur élevée de 71% par rapport à celle des témoins (65.05 %).

Par rapport les organes aériennes, la TE des racines montre un accroissement en fonction de la concentration en AS sous le stress à 400 mM par rapport au plantes stressées au NaCl seul et celle de témoin. Les valeurs obtenues sont de 68.85% avec l'ajout de 1 mM d'AS et de 83.03% sous 1,5 mM d'AS par rapport à celle des témoins (69.51%). L'apport de l'AS à la solution saline 600 mM NaCl, a aussi augmenté la TE, qui est de 79% et 76.10% respectivement sous 1 mM AS et 1.5 mM AS associé à 600 mM NaCl vis à-vis du témoin.

Le test de Newman et Keuls fait ressortir deux groupements homogènes (A et B) dans les feuilles et la tige et trois chez les racines (A, B et C) (voir tableaux 26, 27 et 28 Annexe 05).

II.2- Effet du stress salin et de l'acide salicylique sur la teneur relative en eau

La figure 08 représente les valeurs moyennes de la teneur relative en eau (TRE) des feuilles. Ces valeurs varient entre eux par rapport au stress d'NaCl seul ou combinée avec l'acide salicylique on comparant au témoin.

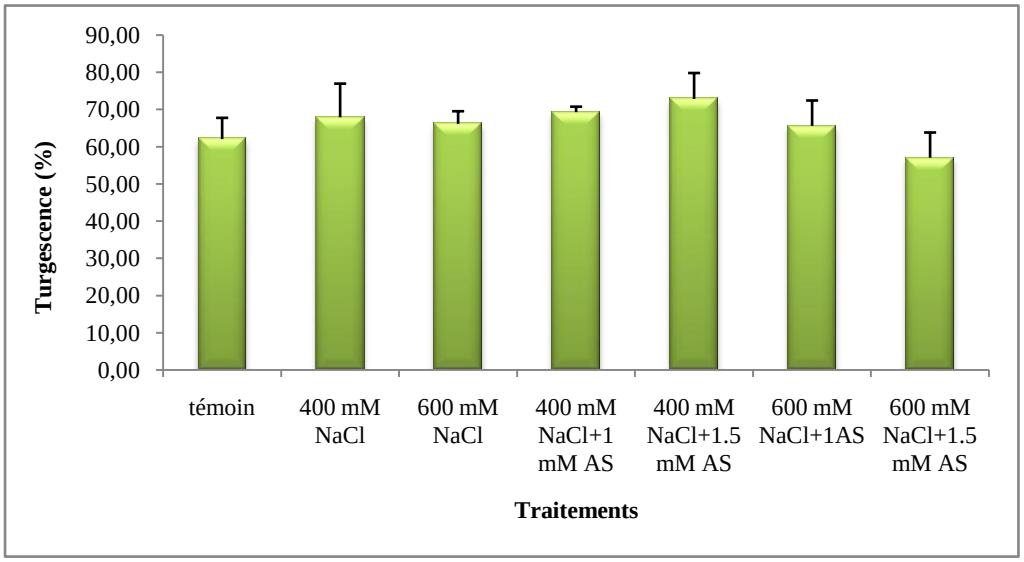


Fig. 08: Teneur relative en eau de plante *Atriplex halimus* L. âgée de 90 jours stressés par Na Cl seul et combinées avec l'acide salicylique

L'analyse de variance (tableau 12 Annexe 04) montre qu'il n y a une différence significative ($0.01 \leq P < 0.05$) au seuil 5 % entre les traitements pour la teneur relative en eau des feuilles.

II.2.1-Action de la salinité

La TRE montent qu'il y a une diminution en fonction de l'augmentation de la concentration de la salinité du milieu. Celle-ci est de 67.85 % et 66.08% respectivement sous 400 et 600 mM d'NaCl.

II.2.2- Action combinée salinité- acide salicylique

L'ajout de l'AS simule une augmentation dans la TRE chez les traitements ayant 400 mM NaCl, et une diminution chez les autres ayant 600 mM NaCl par rapport aux celle stressés au NaCl seul.

Le test de Newman et Keuls au seuil α = 5% fait ressortir deux groupements homogènes (A et B), et groupe intermédiaire A,B (voir tableau 29 Annexe 05).

II.3-Effet du stress salin et de l'acide salicylique sur la teneur en chlorophylle (a, b et totale)

Les résultats de la figure 09 indique une variation de la teneur en chlorophylle a, b et totale entre les traitements.

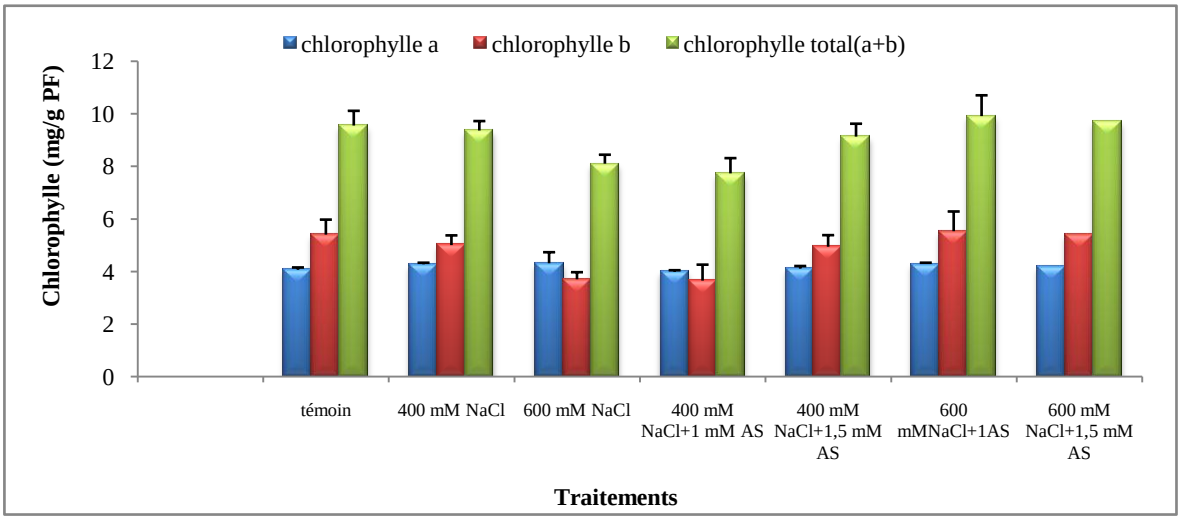


Fig. 09: Teneur en chlorophylle a, b et totale des feuilles *d'Atriplex halimus* L. âgées de 90 jours stressés par NaCl seul et combinées avec l'acide salicylique

L'analyse de variance (tableau 13 Annexe 04) montre qu'il n'y a pas une différence significative(0.05≤ P) au seuil 5% pour la chlorophylle **a** dans l'ensemble des traitements ; alors que la chlorophylle **b** et **totale** indique une différence très hautement significative (p≤ 0.001) (tableaux 14,15 Annexe 04).

II.3.1- Action de la salinité

Les plantes témoins montrent une teneur en chlorophylle **a** (4.06 mg/g PF) qui est proche de celle des plantes traitées à 400 mM NaCl (4.27 mg/g PF) et à 600 mM NaCl (4.31 mg/g PF). Les teneurs en chlorophylle b, totale enregistrent une diminution en fonction de la concentration du milieu salin, et aussi par rapport au témoin. Sous 600 mM NaCl, cette baisse est estimée à 3.70 mg/g PF par apport à celle du témoin (5.40 mg/g PF), ce qui représente une réduction de 30.48%.

La chlorophylle a s'accumule lentement chez les plantes témoins et celle traitées à 400 mM NaCl, contrairement, à la chlorophylle b qui est lente sous 600 mM NaCl.

Pour la chlorophylle totale, montrent une diminution en fonction de la salinité, la teneur 9.36 mg/g PF sous 400 mM passe à 8.10 mg/g PF sous 600 mM respectivement. Ces teneurs baissent légèrement par rapport au témoin.

II.3.2- Action combinée salinité- acide salicylique

L'acide salicylique n'a pas favorisé l'accumulation de la chlorophylle a, au contraire, sous 1 et 1.5 mM AS, cette teneur (4.00 mg/g PF) est maintenue identique à celle du témoin 4.06 mg/g PF. La chlorophylle b et totale augmente par contre sous les concentrations d'AS par rapport au témoin. Les teneurs a, b et totale notées sous ce traitement semblent faible par rapport à celles des plantes traitées à 400 mM NaCl seul

Il en est de même pour les plantes traitées à 600 mM associé à 1 et 1.5 mM AS qui montrent de légères variations. En effet, la teneur en chlorophylle **a** indiquée (4.29 ; 4.9 mg/g PF) est élevée par rapport au témoin, mais semblable à celle notée sous stress à 600 mM NaCl. Cependant la chlorophylle b et totale enregistre une augmentation de la teneur (5.53 et 5.41 mg/g PF) et (9.91 et 9.69 mg/g PF) pour les traitements 600 mM +1 mM AS et 600 mM +1.5mM AS des valeurs.

C'est uniquement l'apport de 1.5 mM AS qui a amélioré la teneur en chlorophylle totale sous 600 mM NaCl, alors que la chlorophylle a est favorisée par la salinité 600 mM.

L'analyse de variance, montre qu'il y a une homogénéité de la chlorophylle a, cependant la chlorophylle b et totale, révèle la formation de deux groupes homogènes (voir tableaux 30, 31 et 32 Annexe 05).

II.4- Effet du stress salin et de l'acide salicylique sur la teneur en sucres solubles totaux

La figure 10 montre que l'accumulation des sucres solubles est importante par ordre dans les feuilles, la tige et les racines. Les teneurs dépassent 1000 µg/100 mg de PF.

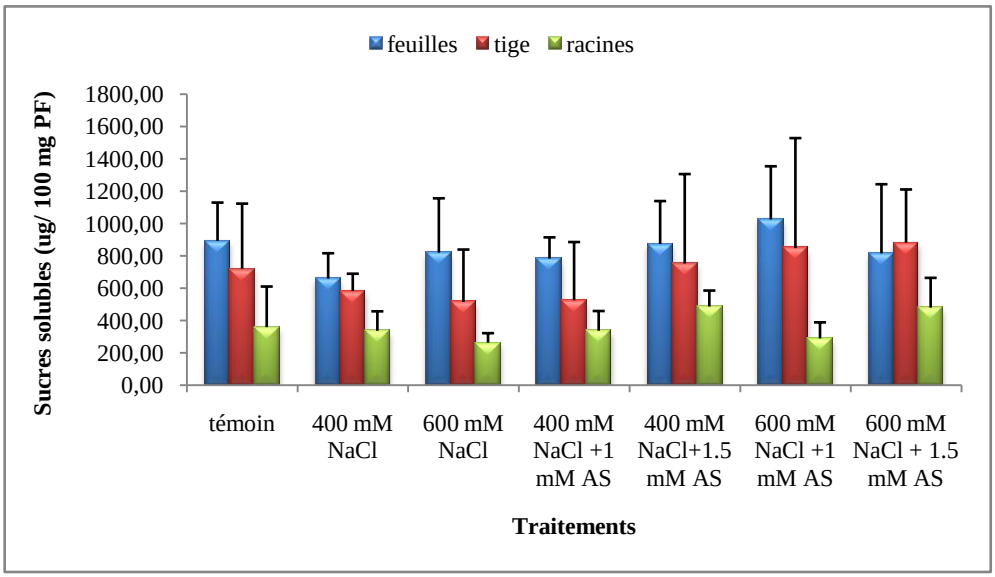


Fig. 10: Teneur en sucres solubles des feuilles, tige et racines de plante *Atriplex halimus* L. âgée de 90 jours stressés par NaCl seul et combinées avec l'acide salicylique

L'accumulation des sucres solubles enregistrée chez les feuilles varie entre (658.49 et 1024.53 µg/100 mg PF). L'accumulation la plus élevée est obtenue pour les plantes stressées par 600 mM NaCl + 1 mM AS avec une valeur de 1024.53 µg/100 mg PF, et la moins importante est obtenue pour les plantes stressées par 400 mM NaCl avec une valeur de 658.49 µg/100 mg PF.

L'analyse de la variance (tableau 16 Annexe 04) montre qu'il n y a pas une différence significative ($P \geq 0.05$) au seuil 5 % entre les traitements.

Dans la tige, les valeurs varie entre (514.13 et 880.80 µg/100 mg PF). La valeur la plus élevée (880.80 µg/100 mg PF) est noté sous 600 mM NaCl + 1.5 mM AS et la moins importante (514.13 µg/100 mg PF) est noté sous 600 mM NaCl.

L'analyse de la variance (tableau 17 Annexe 04) indique qu'il n y a pas une différence

significative (P ≥0.05) au seuil 5 % entre les traitements.

Chez les racines, les teneurs en sucre varient entre (262.93 et 486.13 µg/1000 mg PF). L'accumulation la plus élevée est obtenue pour les plantes stressées avec 400 mM NaCl + 1.5 mM AS avec une valeur de 486.13 µg/100 mg PF et la plus faible (262.93 µg/100 mg PF) pour les plantes stressées avec 600 mM NaCl.

L'analyse de la variance (tableau 18 Annexe 04) indique qu'il y a une différence significative (0.01≤ P < 0.05) au seuil 5 % entre les traitements.

II.4.1-Action de la salinité

La figure 8 montre que l'accumulation des sucres solubles augmente dans les feuilles et diminue dans les tiges, en fonction de l'intensité du stress salin. Par rapport aux témoins, les teneurs augmentent pour les deux organes. Dans les feuilles, les valeurs évoluent de 658.49 à 819.47 µg/100 mg contre 892.27 µg/100 mg PF pour le témoin, par contre dans la tige, ces teneurs baissent de 581.60 à 514.13 contre 720.80 µg/100 mg PF respectivement pour 400 et 600 mM NaCl et le témoin.

Dans la partie racinaire, l'accumulation des sucres solubles diminue en fonction de l'intensité du stress salin et par rapport au témoin. Les valeurs sont de 335.68, 262.93 et de 358.35µg/100 mg PF, respectivement pour 400 et 600 mM et le témoin.

II.4.2- Action combinée salinité- acide salicylique

La teneur en sucre montre une variation des résultats obtenus en comparaison avec les traitements stressés au NaCl seul, ou par rapport aux plantes témoins.

L'accumulation des sucres solubles augmente dans les trois organes sous 400 mM NaCl en fonction de l'AS ; ces teneurs sont élevées par rapport au traitement au sel seul. L'apport de 1.5 mM AS, induit une accumulation importante des sucres dans les tiges (752.00 µg/100 mg PF et les racines (486.13 µg/100 mg PF) par rapport au témoin 720.80 et 358.35µg/100 mg PF respectivement.

Sous le traitement associé 600 mM NaCl, l'accumulation des sucres est proportionnelle à l'apport de l'AS au niveau des organes aériens feuilles et tiges, les teneurs obtenus sont élevées par rapport aux plantes témoins et à celles stressées au sel correspondant. Par contre,

le contraire est enregistré pour les racines qui montrent une diminution des teneurs en sucre. L'apport de l'AS a favorisé l'accumulation des sucres dans les feuilles 1024.53 µg/100 mg PF, les tiges 880.80 µg/100 mg PF et les racines 486.13 µg/100 mg PF respectivement sous 600mM NaCl + 1 mM AS, 600mM NaCl + 1.5 mM AS et 400mM NaCl + 1.5 mM AS.

Le test de Newman et Keuls montre qu'il y a une homogénéisation chez les trois organes (feuilles, tige et racines) (voir tableaux 33, 34 et 35 Annexe 05).

II.5- Discussion

Les différentes conditions environnementales limitent le comportement physiologique et nutritionnel des plantes tel que la salinité des sols qui provoque l'un des problèmes agricoles les plus importants dans les régions du monde à climat aride et semi-aride (**Turan et Sezen, 2007** In **Menouar, 2015**). Notre travail qui consiste à étudier l'effet combiné de la salinité et de l'acide salicylique sur les paramètres physiologiques tel que la teneur en eau, la teneur relative en eau, l'accumulation de chlorophylle a, b et totale et des sucres solubles de la plante *Atriplex halimus* L.

Beaucoup de travaux ont prouvé l'implication de l'acide salicylique dans la réalisation de différents programmes d'antistress (**Hayat et *al.*, 2010 ; Aftab et *al.*, 2011; Jayakanan et *al.*, 2013**).

Il a été prouvé par plusieurs travaux que l'acide salicylique élève la tolérance au froid chez le blé et maïs (**Nemeth et *al.*, 2002**) et le poivron (**Korkmaz, 2007**), la tolérance au gel chez le maïs (**Janda et *al.*, 2005**), la tolérance à la salinité chez *Arabidopsis thaliana* (**Borsani, 2001**), l'orge (**El Tayeb, 2005**) et le blé (**Arfan, 2006**), et la tolérance à la sécheresse chez la tomate et la fève (**Senaratna et *al.*, 2000**) et le melon (**Korkmaz et *al.*, 2007**).

La teneur en eau est un indicateur physiologique intéressant pour estimer l'état hydrique de la plante (**Menouar, 2015**).

Notre résultat montre que la teneur en eau diminue dans les feuilles et augmente chez les autres organes traités avec le NaCl seul et associé avec l'AS. Ce résultat est semblable à celui de **Menouar (2015)** qui a trouvé que plus la salinité augmente plus la teneur en eau diminue, et de Khan et *al.*, (2000) qui ont démontré que l'accroissement de la salinité aboutit à une baisse de la teneur en eau.

l'analyse de la teneur relative en eau, permet de décrire d'une manière globale le statut hydrique de la plante et d'évaluer l'aptitude à réaliser une bonne osmorégulation et de maintenir une turgescence cellulaire (**Hassani et *al.*, 2014**).

La succulence des feuilles d'Atriplex présente une adaptation anatomique primordiale, qui en augmente le volume vacuolaire, permet l'accumulation de grandes quantités de l'eau et d'ion dissous dans la partie aérienne et souterraine (**Munns, 2002 ; Nedjmi et *al.*, 2006** In **Amenas, 2007**).

Nous avons enregistré une augmentation de la teneur relative en eau sous le stress

salin et une augmentation beaucoup plus lorsqu'on ajoute l'acide salicylique.

On compare les résultats obtenus avec ceux de (**Hoffman et *al.*, 1971** In **Malick et *al.*, 2012**) qui montrent que l'effet de stress salin en présence de sel même à faible dose (200 mM) induisait une diminution de la TRE chez le coton et le haricot. Ce résultat est compatible a celui de **El-Tayeb (2005)**, qui a trouvé que la TRE de plante de fraises traitées avec l'AS augmente par rapport aux autres traités avec le stress salin, y compris l'orge, la tomate et le concombre (**Yildirim et *al.*, 2008**).

L'accumulation de la chlorophylle est sensible à la concentration en sel du milieu de culture (**Sebane, 2015**).

Les résultats que nous avons trouvée énonce que la teneur en de chlorophylle **a** augmente et la chlorophylle b et totale ont baissé sous le stress salin, qui provoque la réduction de l'assimilation du CO_2, la conductance stomatique et le ralentissement de l'activité du transport des électrons du photosystème II (**Farissi et *al*, 2014**).

Notre résultat indique que l'acide salicylique augmente l'accumulation de la chlorophylle **a**, la chlorophylle b et totale sous 600 mM NaCl. Ce résultat est semblable a celui de (**Khan et *al.*, 2003**) qui ont trouvé que le taux de photosynthèse pouvait également être augmenté par l'application de l'acide salicylique, et a celui de (**Khodary, 2004**) qui a noté que le traitement par l'acide salicylique a augmenté la teneur en chlorophylle et en caroténoïdes chez les plantes de maïs. En effet, l'AS augmenté la teneur en chlorophylle pour l'orge (**El-Tayeb, 2005**), le concombre (**Yildirim et *al.*, 2006**) et le maïs (**Gunes et *al.*, 2007**).

L'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par les plantes en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu (**Mouellef, 2010**).

Nos résultat montre que la concentration de sel dans le milieu diminue l'accumulation des sucres chez les trois organes. Ce résultat est analogue avec (**Bouchelaghem, 2012**) qui a noté une diminution de l'amidon et d'accumulation des sucres solubles dans les tissus stressées ; contrairement au résultats de **Sebane (2015)**, qui a trouvé que chez l'*Atriplex halimus* L., l'accumulation des sucres solubles ne montre aucun changement, et n'augmente pas avec la concentration du milieu.

Nous avons enregistré une variation chez les trois organes due a l'additionnement de l'acide salicylique. Notre résultat est similaire a celui de **Sebane (2015)**, qui a trouvé que l'enrichissement du milieu avec l'acide salicylique a influencé l'accumulation des sucres chez l'*Atriplex halimus* L.

Conclusion

Conclusion et perspectives

À la fin de ce travail, que nous avons mené sur la réponse de l'*Atriplex halimus* L. soumise à différents concentrations 400 et 600 de mM NaCl, dans le but de déterminer l'effet du stress salin seul et associé à l'acide salicylique sur les paramètres physiologiques et de croissance. Il ressort que le stress salin exerce a un effet négatif pour la majorité des paramètres étudiés. Néanmoins l'acide salicylique inhibe cet effet néfaste et favorise le développement de la plupart de ces derniers. L'ensemble de ses paramètres sont souvent traduits négativement avec l'intensité de stress salin. Le degré de sensibilité ou de tolérance dépend de l'espèce et de l'intensité du stress. Les paramètres étudiés ont subit une variation, soit en diminuant ou augmentant par rapport au stress salin appliqué dans le sens où on notée:

- Une variation de la hauteur de la tige principale.

Une augmentation de :

- Teneur en eau dans la tige et les racines
- Teneur relative en eau et la chlorophylle a

Une diminution de :

- Longueur de la racine principale
- Biomasse aérienne et souterraine
- Rapport BSR/BSA
- Teneur en eau des feuilles
- L'accumulation des sucres des trois organes
- Chlorophylle b et totale

L'application exogène de l'acide salicylique dans l'état de solution saline (400 et 600 mM NaCl) dans le sens où on noté une augmentation de :

- la longueur de la tige principale avec 1 mM AS
- la longueur et la biomasse souterraine excepté pour la BSR qui à diminue avec le traitement associé à 1 mM AS
- le rapport BSR/BSA
- Teneur en eau des tiges et des racines et la teneur relative en eau
- Les teneurs en chlorophylle a, b et totale avec 600 mM NaCl
- les teneurs en sucres dans la tige et dans les racines avec la concentration 1.5 mM AS.

Cependant, cette hormone subit une diminution de :

- la biomasse aérienne
- la teneur en eau des feuilles
- la teneur en chlorophylle b et totale avec 400 mM NaCl

- les teneurs en sucres dans les feuilles sauf pour le traitement 600 mM NaCl+1mM AS (1024.53 ug/100 mg PF) ont diminuées.

Compte tenu des résultats que nous venons de commenter pour mettre en évidence l'action combinée de la salinité et de l'acide salicylique noté précédemment , nous recommandons les points suivants :

- Application de l'acide salicylique en augmentant la concentration, afin d'aboutir à la concentration appropriée pour améliorer la tolérance au stress salin.
- Application de l'acide salicylique en présence d'un stress hydrique.
- Etudier les paramètres physiologiques et de croissance des plantes en présence de l'acide salicylique.

Au terme des résultats trouvés, nous relevons que l'effet du stress salin se traduit d'une façon contradictoire sur les paramètres étudiés chez l'espèce *Atriplex halimus* L.

Enfin, sachant que plusieurs halophytes expriment de fortes potentialités de croissance, de prélèvement et de stockage de sel dans leurs parties aériennes sont intéressantes pour la fixation et le dessalement des sols dans les zones arides et semi arides, peuvent être exploiter pour une meilleur valorisation des sols fortement Salés et participer à la protection de ces agro systèmes, c'est une solution efficace pour lutter contre la désertification. Les halophytes peuvent être utilisés comme un fourrage. Il donc souhaitable de réaliser des études poussées pour connaitre la valeur fourragère et la digestibilité des plantes halophytes et essentiellement des Atriplex.

Afin de définir d'une manière soignée le rôle de cette espèce dans la nutrition animale, il est nécessaire d'examiner son accumulation en sels et en fractions azotées et leur relation avec la salinité. Donc il faut approfondir les recherches et les études sur cette espèce.

Enfin, des vastes superficies de terres salines resteront improductives si rien n'est fait pour les réhabiliter à l'aide de plantes très tolérantes au sel (halophyte). Probablement la réhabilitation de ces zones par des arbustes halophytes permettra d'obtenir une production rentable sur des terres incapables de porter d'autres végétaux.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Abdelly C., Öztürk M.,Ashraf M., et Grignon C.,2008-Biosaline Agriculture and High Salinity Tolerance.(Eds) Birkhäusen Verlag/L Swizerland,367p.102 illus.

Ackerson R.C. et Herbert, R.R. 1981- Osmorégulation in cotton in response to water stress. I. Alterations in photosynthesis, leaf conductance, translocation, and ultra structure. Plant Physiol. 67: 484-488.

Aftab T., Khan M.M.A., Teixeira Da Silva J.A., Idrees M., Naeem M. et Moiuddin. 2011- Role of Salicylic Acid in Promoting Salt Stress Tolerance and Enchanced Artemisinin Production in *Artimisia annua* L. Journal of Plant Grouwth Regulation, Volume 30, Issue 4, pp 425-435.

Amenas Y., 2007-Caractérisation de la réponse physiologique d'*Atriplex halimus* L. et Atriplex canescences sous l'effet de stress hydrique, thèse de Magister. Université d'Oran ES-SENIA.

Amtmann A. et Sanders D. (1999)-Mechanisms of Na+ uptake by plant cells. Advances in Botanical Research Incorporating Advances in Plant Pathology.**29**: 75-112.

Anonyme ., 2006 - Conférence électronique sur la salinisation: Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation. Organisée et coordonnée par: IPTRID du 6 février au 6 Mars 2006, 20 p.

Arfan M., Athar H.R., Ashraf M., 2006- Exogenously application of salicylic acid on modulation of photosynthetic in heat in salt stress.

Arnault I., Chovelon M., Derridj D., 2012- Preliminary tests in field conditions of alternatives susbtances against grape downy mildew in organic farming. Working Group Biological Control Of Fungal And Bacterial Plant Pathogens. Biocontrol of plant pathogens in sustainable agriculture, 24- 27 juin 2012 (Reims, France).

Baba-Sidi-Kassi S., 2010-Effet du stress salin sur quelques paramètres phoenologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'Atriplex en vue d'une valorisation agronomique. Thèse Magister univ. ouargla.pp-75.

Baker N.R., 2002 - A possible role for photosystem II in environmental perturbations of photosynthesis, Physiol. Plant 81 (1991) 563–570. 46.

Barrs H., 1968 - ¨ Determination of water deficit in plant tissues ˝ in ¨Water deficit and plant grouwth ˝, Koslowski, T. Ed Academy press, New York, p.235-238.

Bartels D., et Nelson D.,1994-Approaches to improve stress tolerance using molecular genetics.*Plant Cell Envir*.17 :659-667.

Beldjoudi Z., Et Daoud Y., 2002- Conséquence de la salinité sur l'antagonisme.

Belfakih M., Ibriz M., Zouahri A.M., 2013- Effet de la salinité sur les paramètres morphophysiologiques de deux variétés de bananier (*Musa acuminata L*). Journal of Applied Biosciences 70:5652– 5662. P : 1.

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

Benlaldj A., 2007 - Bilan minéral chez une halophyte (Atriplex halimus L.)stressé à la salinité .Thèse de magistère. Laboratoire de physiologie végétale ,Faculté des sciences, Univ Sénia ,31 Oran, Algérie.

Berbouchi M .,Lhissou R ., Chokmani K ., Abdelfattah R .,El Harti AR .,et Ben Aissa N ., 2013- Caractérisation de la salinité des sols a l'aide de l'imagerie radar satellitaire : cas de la tunisie et du maroc . Centre Eau Terre et Environnement Institut national de la recherche scientifique (INRS-ETE) 490, rue de la Couronne Québec (QC) G1K 9A9. N° R1480.

Binet P., 1980-La salinité.Phytotron- Gif sur yvette-2-3 juin, 1980.p 14.

Borsani O., Valpuesta V., et Botella MA. 2001 - 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.

Bouaouina et *al*., 2000- tolerance à la salinté, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.). CIHEM-options Méditerranéennes. pp-2.

Bouchelaghem S., 2012- Contribution à l'étude de l'impact d'un engrais couramment utilisé en algerie (NPK) sur la croissance le métabolisme et le développement racinaire d'un modèlevégétale blé dur . Thèse de doctorat. Univ. Constantine.

Bouchoukh I ., 2010-Comportement éco physiologique de deux chénopodiacées des genre Atriplex et spinacia soumises au stress salin . mémoire de magister. Univ Mentouri-Constantine.pp-112.

Bouhaddi K., 2009-Réponces physiologiques, biochimiques et anatomiques chez le haricot (*phaseolus vulgaris* L.) au stress de la salinité. Thèse magistère, université d'Oran.p 23.

Boyer J.S.,1982-Plant productivity and environment .Science 218:443-448.

Calu G., 2006 -Effet du stress salin sur les plantes. Comparaison entre deux plantes modèles : *Arabidopsis thaliana* et *Thellungiela halophila*. Master 1, Recherche biotechnologie : du gène à la molécule SpectroSciences, article 23, 10 p.

Chaparzadeh N, Aftabi Y, Dolati M, Mehrnejad F and Pessarakli M., 2014- Salinity tolerance ranking of various wheat landraces from the west of the Urmia saline lake in Iran by using physiological parameters. Journal of Plant Nutrition 37: 1025-1039.

Cherfaoui A.E.K., 1987- Contribution à l'étude comparative de la germination des grains de quelques Atriplex de provenance Djelfa. Th. I.N.A. EL-HARRACH. Alger pp. 34-36.

Clarck J.M., Mac-Caig T.M., 1989 - "Excised leaf water capability as an indicator of drought resistance of triticum genotypescan ". Can. J. plant sci., P 62, 578

Delaney T.P.,Uknes S.J.,Vernooij B.,Friedrich L.,Weymann K.,Negrotto D.,Gaffney T.,Gut R.M.,Kessmann H.,Ward E., and Ryals J.,1994-A central role of salicylic acid in plant disease resistance .Science 266,pp,1247-1250.

Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.k., Resers and smith F., 1956- Rimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical chemistry, volume 28 (3), p 350-356.

Dutuit P., 1999- étude de la diversité biologique de l'Atriplex halimus pour le repérage in vitro et in vivo d'individus résistants à des conditions extrêmes de milieu et constitution de clones. Univ. Paris –Sud. P138.é. Inst Nati de Reche Agro de Tunisie. Sécheresse Volume 12, Numéro 3, 167-74.

El Madidi S., El Baroudi B., Bani Aameur F., 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 M., Aït Houssa A., Ibriz M., et Talouizte A., 2007- Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthus annuus L.*) Revue HTE N°136, mars 2007, pp. 29-34.

Eltayeb M.A.,2005-Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regul 45:215-244.

ENITA de BORDEAUX-*Agronomie Des bases aux nouvelles orientations,* Synthèse Agricole Lavoisier, 2000, 338 p.

Enyedi A.J., Yalpani N., Silverman P., Raskin I., 1992-Localisation, conjugation and function of salicylic acid in tobacco during the hypersensitive reaction to tobacco mosaic virus. Proc Natl Acad Sci USA, 89: 2480–2484.

Epsteine E., 1980-Responses of plants to saline environments. In: Genetic engineering of osmoregulation.Eds. D.W.Rains,R.C.Valentine et A.Hollaender,pp.7-21.New York:Plenumpress.

Epstein E.,Norlyn J.D.,Rush D.W.,Kingsbury R.W.,Kelly D.B.,Cunningham G.A.,et Wrona A.F.,1980-Saline culture of crops:a geneticapproach.*Science* 210:399-404.CIRAD/AMIS, Montpellier, France, n°40, pp. 12-23.

Essafi N.E., Mounsif M., Abousalim A.H., Bendaou M., et Brhadda N., 2007- Effets du stress hydrique sur la valeur nutritive d'*Atriplex halimus* L. Sécheresse. Vol. 18, n°2, pp. 123-128.

Food and Alimentation Organisation.,2005-Notion de nutrition des plantes et de fertilisation des sols, Manuel de formation, Projet Intrants Promotion de l'Utilisation des Intrants agricoles par les Organisations de producteurs 7-9P.

Farissi M., Aziz F., Bouizgaren A.L., Ghoulam C., 2014 - Legume-rhizobia symbiosis under saline conditions : Agro-physiological and biochemical aspects of tolerance, International Journal of Innovation and Scientific Research. Vol. 11 No, pp 96-104.

Franclet A., et Le Houerou H.N.,1971- Les Atriplex en Tunisie et en afrique de nord FO: SF/TUN11 rapportechnique n°7,FAO, Rome,249p.

Gaffney T., Friedrich L., Vernooij B., Negrotto D., Nye G., Uknes S., Ward E., Kessmann H., et Ryals J.,1993- Requirement of salicylic acid for the induction of systemic acquired resistance. Science 261: 754-756.

Gaucher F., Burdin S., 1974- Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains

Gozzo F., 2003- Systemic acquired resistance in crop protection: from nature to a chemical approach, *J. Agric. Food Chem*. 51, pp. 44487-4503.

Greenway H. and Munns R., 1980-Plant response to saline substrates; II. Chloride, sodium and potassium uptake and translocations in young plants of hordeum vulgare during and after short sodium chloride treatment, Australian Journal of Biological Sciences, Vol. 15, 39-57.

Guerrier G., 1983 - Capacité germinative des semences en fonction des doses graduelles en NaCl. Importance des transferts sur milieux sodés ou témoin, Rev. Gén. Bot. 90 ,3–21.

Guignard J.L et Dupont F., 2004 –Botanique :Systématique Moléculaire, 284.13 EME ED.Masson editeur,Paris.P284.

Gunes A. Inal, M. Alpaslan, F. Eraslan, EG Bagci et N. Cicek., 2007 -Acide salicylique changements induits sur certains paramètres physiologiques symptomatiques du stress oxydatif et de la nutrition minérale dans le maïs (Zea mays L.) cultivées sous la salinité. Plant J. Physiol, 164:. 728-736.

Gunes A., Pilbeam D. and Inal, A., 2009- Effect of arsenic-phosphorus interaction on arsenic-induced oxidative stress in *chickpea plants.* Plant and Soil, 314 (1-2). pp. 211-220.

Gutierrez-Coronado, MA, C. Trejo-Lopez & A. Largue-Saavedra -1998. Effets de l'acide salicylique sur la croissance des racines et des pousses dans le soja. . Plante Physio.Biochem, 36: 653-665.

Haouala F., Ferjani H., Ben El Hadj S., 2007 - Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na+, K+v et Ca2+) et du chlore (Cl-) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 11 (3) ,235-244.

Hassani A.,Dellal A.,Belkhodja M et Kaid harche M.,2008-Effet de la salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge(*Hoedeum vulgare*).European Jurnal of Scientific Research. Vol .N°1,.pp.61-69.

Hassani Abdelkrim, Seddiki Dhia, Kouadria Mostefa, Bouchenafa Hireche Yasmina Née Adjal, 2014.Réponse de la luzerne (*Medicago sativa* L) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Thèse, magistère, université al hadj lakhdar – batna. P: 57,72.

Hayat Q., Hayat S., Irfan M., Ahmad A. 2010 - Effet of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environmental and Experimental Botany, pp 68: 14-25.

Hoagland D., 1938 -The water culture method for growing plant without soil. *Calif.Agric.*Exptl.Sta.Cir. 347: PP1, 39.

Hoffman H., H. Mayer M. Grundei and W. Meir., 1971- ¨Verke hrsmedizinische Untersuchung zur Frage des Kreislaufverheitens, der körperliche und seelischen Belastung von Kraftfahrzeugführem in verschiedenen Fahrzeugtypen und aug Fernfahrten¨, *Zentralblatt für Verker hrs-Medizin*, 17, pp. 193-224.

Hopkin W.G., 2003- Physiologie végétale- Traduction de la 2ed.americane par serge rambour révision scientifique de Charles- Marie Evradr Boeck univ. Bruxelles .p 445-460.

Hubac C. et Guerrier D., 1972- Etude de la composition en acides aminés de deux carex : le carex stenophylla wahl., très resistant à la sécheresse et le careux setifolia godion, peu resistant. Effet d'un apport de proline exogène. Oecol . plant. (72) 147-165.

INRF et l'INRA Tunisie en 1971-Global Network on Integrated Soil Management for Sustainable Use of Salt-affected soils. Rome ,Italy:FAO Land and Plant Nutrition Management service.

IPTRID (Programme International pour la Technologie et la Recherche en Irrigation et Drainage) 2006- Conférence électronique sur la salinisation: Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation Du 6 Février au 6 Mars 2006.

Jabnoune M., 2008- adaptation des plantes au stress Salin : caractérisation de la transporteur de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz .Thèse doctorat, univ Montpellier II.

Janda T., Szalai G., Emil P. 2005- Effet of salt stress on the endogenous salicylic acid content in maize (*ZEa mays* L.) plants. Agricultural Research Institute, Hungarian Academy of Sciences, Martonvåsår , Hungary.

Jayakannan M., Bose J., Babourina O., Rengel Z. et Shabala S., 2013- Salicylic acid improves salinity tolerance in Arabidopsis by restoring membrane potential and preventing salt-induced K^+ loss via a GRK channel. Journal of Experimental Botany, Vol. 64, No.8: 2255-2268.

Kara Y. et Bellkhiri C.E ; 2011- Etude des caractéristiques d'adaptation au déficit hydrique de quelques variétés de blé dur et d'espèces sauvages apparentées : intérêt potentiel de ces variétés pour l'amélioration de la production. Courrier de Savoir, pp119-126.

Khan M.A. and I.A. Ungar., 2000- Alleviation of salinity-enforced dormancy in *Atriplex griffithii* Moq. var. *stocksii* Boiss. *Seed Science & Technology*, 28: 29-37.

Khan W., B. Prithiviraj et D. Smith 2003 - Réponse photosynthétique de maïs et de soja à l'application foliaire de salicylates.Plant J. Physiol, 160:. 485-492.

Khodary S.EA 2004 - Effet de la SA sur la croissance, la photosynthèse et le métabolisme des glucides dans le sel souligné plants de maïs. Int. Journal Agri. Biol 6: 5-8.

Kinet J.M., Benrebiha F., Bouzid S., Laihacar S.,et Dutuit P., 1998- Le réseau Atriplex: Allier biotechnologies et écologie pour une sécurité alimentaire accrue en régions arides et semiarides. Cahier d'agriculture. Vol. 7, pp. 505-509.

Korkmaz A.,Uzunilu M., Demirkiran AR. 2007- Treatment wiyh acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. Franciszed Gorski institute of plant physiologie. Polish Academy of science. Krakaow. Tyrkey.

Kunkel B.N., Brooks D.M. 2002- Croos talk between signaling pathways in pathogen defense, *Curr. Opin. Plant Biol*. 5, 2002, pp.325-331.

Le Houerou H.N et Pontanier R., 1987- Les plantations sylvo- pastorales dans zone aride de Tunisie. Extrait de la revue pastoralisme et développement, 24 Mai au 9 Juillet. 1988 Robot Montepellier.

Lee H.I., Raskin I.,1995-Biosynthesis and metabolism of salicylic acide , Proc,Nalt.Acad.Sci.USA92,1995,PP.4076-4079.

Levigneon A.,Lopez F.,Vansuyt G.,Berthomieu P., Fourcroy P., et Casse Delbart F.,1995 –Les plantes face au stress salin. Cah .Agric.4,p.263-273.

Levitt J., **1980**-Responses of plants to Environmental Stresses ;water,Radiation,Salt,and other stresses ,Academic Press, New York,pp365-488.

Lutts S.,Lefèvre I., Delpèrèe C.,Kivits., Deschamps C., Robledo A.,et al .,2004-Heavy metal accumulation by the halophytes species Mediterranean saltbush.Journal of Environement Quality,33,1271-1279.

Mậalem S., 2002- Etude écophysiologique de trois espèces halophytes du genre *Atriplex* (*A. canescens*, *A. halimus* et *A. nummularia*) soumises à l'engraissement phosphaté. Thèse de magistère en physiologie végétale et applications biotechnologiques. Université Baji Mokhtar, Annaba, Algérie, 76p

Malamy J., Carr J.P., Klessig D.F., et Raskin I., 1990 - Salicylic acid a likely endogenous signal in the resistance response of tobacco to viral infection. Science, 250: 1002-1004.

Malick El Hadji Leye, Diouf Macoumba, Fatimata Ndiaye, Diallo Bassirou, Diagne Halima Maiguizo Et Tahir D., 2012 : Effet de la mycorhization et de la salinité sur la croissance, les réponses biochimiques et la productivité de Jatropha curcas L., cultivée sous serre. Int. J. Biol. Chem. Sci. 6(4): 1741- 1760, August. P : 1757, 1758

Marlet S. (2005) Gestion de l'eau et salinisation des sols dans les systèmes irrigués Synthèse de l'atelier du PCSI sur : Vers une maîtrise des impacts environnementaux de l'irrigation. CIRAD/AMIS, Montpellier, France, n°40, pp. 12-23.

Marque C ; Galaud JP ; Mazars C. 2002- Les plantes : un fabuleux potentiel d'adaptation.

Menouar M., 2015-Effet de l'action combinée bentonite et la salinité sur les bilans hydrique et minéral du gombo Abelmoschus esculentus .L, thèse de Magister. Univ Oran.

Mermoud A., 2006-Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 23 p.

Mesbah A., 1998-Étude de l'hétérogénéité de la croissance de l'*Atriplex halimus* L. et de sa résistance aux métaux lourds (Sb, Pb et Cu). Mémoire d'ingénieur d'état en pathologie des écosystèmes, Université de Constantine. Algérie 75p.

Messedi D., et Abdelly C.,2004- Physiologie de la tolérance au sel d'une halophyte de recouvrement : *Batis maritima* .Tome 1.No spécial :192-199 .

Métraux J.P., Signer H., Ryals J., Ward E., Wyss-Benz M., Gaudin J., Raschdorf K., Schmid E., Blum W., et Inverardi B., 1990-Increase in salicylic acid at the onset of systemic acquired resistance in cucumber. Science, 250: 1004-1006.

Mezni M., Albouchi A., Bizid E.,et Hamza M., 2010- Minerals uptake, organic osmotica contents and water balance in alfalfa under salt stress. J Phytol; 01–12p.

Monneveux P, This D (1997)-La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés. Sciences et changement plantaires/Sécheresse. 8: 27-37.

MOUELLEF A, 2010- Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum Desf.*) au stress hydrique. Thèse, magistère, Université Mentouri, Constantine. P: 57.

Munns R., 2002 – Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ 25:239-250.

Munns R., et Tester M., 2008-Mechanisms of salinity tolerance.*Ann.Rev.plant biol.*59:651-681.

Nedjmi B., Daoud Y ., et Touaty M ., 2006-Growth , water relations, proline and ion content of in vitro cultured *Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* as affected by $CaCl_2$. *Commun.Biometry Crop Sci*.1(2),79-89.

Nemeth M., Janda T., Horvath E., Paldi El., Szalai G., 2002- Exogenous salicylicacid increases polymine content but may decrease drought tolerance in maize. Plant science (Shannon, Ireland). 162 (4), 569-574.

Nicole M.,Daniel J.F.,Bresson E., Martinez C.,Elbachr O., Lopez F., Assigb E .,Fernandez D., Montillet J.L .,et Tgeiger Jp.,1998-The hypersensitive reaction of cotton to *Xanthomonas campestrie pv.malvacearum.* Recent Research Developments in microbiology,2:641-654.

Olmos E., Hellin E. 1996 - Cellular adaptation from a salt-tolerant cell line of *Pisum sativum*, J. Plant Physiol. 148 (1996) 727–734.

Quezel P., Santa S. 1962- Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales. 2 tomes. CNRS, Ed. France, 1170 p.

Rahman M.S., Miyake H., Et Takeoka Y., 2002 -Effects of exogenous glycinebetaine on growth and ultrastructure of salt-stressed rice seedlings (*Oryza sativa* L.), Plant Prod. Sci. 5 : 33–44.

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, pp. 213-217.

Raskin L.A., 1992 –Role of salicylic acide in plants. Annual Review of plant physiology and plant molecular Biology Vol.43:439-463.

Rhodes D., Orczyk A.N., 2001- Stress factors, their influence on plant metabolism and tolerrance or resistance to stress. Purdue Univ, West lafayete, Indiana USA.

Rubio F.,Gassmann W.,Schroeder J.I.,1995-Sodium-driven potassium uptake by the plant potassium transporter HKT1 and mutations conferring salt tolerance.Science 270,1660-1663.

Salama S., Trivedi S., Busheva M., Arata A.A., Garab G. and Erdei L., 1994-Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chloroplasts structure and function in wheat cultivars differing in salt tolerance. J. Plant Physiol. 144 : 241-247.

Sebane R.F., 2015-Action combinée de la salinité et de l'acide salicylique sur les réponses biochimiques de deux espèces : *Atriplex halimus* L. et *Atriplex canescens* (Purch) Nutt. p 37.

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.

Settou., 2011-effet de stress salin sur la composition chimique de l'Atriplex canescens Thèse d'ingénieur, Univ.de Kasdi Merbah, Ouargla.

Shakirovaf M., Sakhabutdinova A.R., Bezrukova M.V., Fatkhutdinova R.A., Fatkhutdinova D.R., 2003- Changes in the hormonalstatus of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity .Plant Science(164)N°3,PP.317-322(6).

Singh K.N et Chatrath R.,2001-Salinity Tolerance.Crop Improvement Division ,Central Soil Salinity Research Institute, Karnal,132001(Haryana),India.

Singh N.K; Handa A.K; Hasegawa P.M et Bressan R.A.,1987– Characterisation of osmotin. Plant physiology 85 :529 – 536.

Smith-Becker J., Marois E., Huguet E.J., Midland S.L., Sims J. J., Keen N.T. 1998- Accumulation of salicylic acid and 4-hydroxybenzoic acid in phloem fluids of cucumber during systemic acquired resistance is preceded by a transient increase in phenylalanine ammonia-lyase activity in petioles and stems, *plant physiol*. 116, pp. 231-238.

Souayah N., Khouja M.L., Rejeb M.N et Bouzid S. , 1998-Micropropagation d'un arbuste sylvo-pastoral, *Atriplex halimus* L. (*Chénopodiacées*) pp. 131-135.

Tahir M, Iqbal N., Raza H.,Qasim M ., Et Ashraf M.Y., 2010-Growth modulation And Ion Partitioning In Salt Stressed Sorghum (*Sorghum Bicolor* L.) By Exogenous Supply Of Salicylic Acid. *Pak. J. Bot*., 42(5): 3047-3054, 2010.

Tanji K.K.,1990-Nature and extent of agricultural salinity.In:Tanji K.K(ed)Agricultural salinity assessment and management.American Society of Civil Engineers,New York,pp1-17.

Torrecillas A, Leon A, Del Amor F, Martinez-Mompean MC (1984)- Rapid determination of leaf *Clorofila* in discos limonero. Fruits, 39:617 - 622.

Turan M., et Sezen S., 2007-Effect of salt stress on plant nutrition uptake. University of Ataturk, Faculty of Agriculture, Turkey.

Ünlü H., Altindal N., Özdamar Ünlü H., Altindal D., Et Padem H.,2009-Effect of salicylic acid on salinity stress in cowpea.In:1st International symposium on sustainable Development,Sarajevo.Bosnia and Herzegovina.

Vazirimehr R M., Rigi K., 2014-effet de l' acide salicylique dans l' agriculture. Les jeunes chercheurs et des clubs d'élite, Direction Zahedan, Université islamique Azad, Zahedan, Iran.

Ward E.R., Uknes S.J., Williams S.C., Dincher S.S., Wiederhold D.L., Alexer .D.C., Ahl-Goy P., Métraux J.P., et Ryals J.A., 1991-Coordinate gene activity in response to agents that induce systemic acquired resistance. Plant Cell, 3:1085-1094.

Yildirim E ; Guvenc J.E ; Karatas A., 2006 - Effet du nombre d'applications différentes foliaires de l'acide salicylique sur la croissance des plantes et le rendement du concombre. En Turquie Symposium national de légumes, 6, Kahramanmaras, 2006. Abstracts. Kahramanmaras: KSU / Faculté d'agriculture, p.90- 94.

Yildirim E., Turan M ., Guvenc I. 2008 - Effet des applications foliaires de l'acide salicylique sur la croissance, la chlorophylle et la teneur minérale de concombre (Cucumissativus L.) cultivé sous stress salin. Journal of Plant Nutrition, v.31, p.593-612.

Zaafour M., 1983- Contribution to the study of the main techniques dune fixation in the region of Zahrez Gharbi - Case of El-Mesrane (Djelfa). Memory Ing. D'Etat. INA.

Zhu J.K., 2001-Plant salt tolerance. Trends in plant Science ,2001,n°2vol.6,p 66-71.

Annexes

ANNEXE 01

Méthode de calcul de la capacité de rétention

Dans un goblet perforé à sa base (P_0), on met 100 g de sable servant à notre expérimentation (P_1), puis on verse l'eau distillée dans ce goblet jusqu'à saturation. Ce pot est ensuite couvert avec un papier aluminium pour éviter l'évaporation de l'eau et mis sur la paillasse pendant 48 heures. Après cette durée de temps, le pot est repesé (P_2).

Calcul de la capacité de rétention CR pour 100 g de sable

P_0 = 4,075 g

P_1 = 100 g

P_2 =123,7g

CR = (P2– P1) – P0 = (123,7– 100) – 4,075 = 19,62 ml = 20ml

La capacité de rétention pour100 g de sable est égale 20 ml.

Calcul de la capacité de rétention CR pour le substrat

20 ml ⟶ 100 g

CR ml ⟶ 2280 g

CR = (2280 × 20) / 100 = 456 ml

Calcule de la capacité de rétention à 30 % et 60 %

- **Pour 30%**

456 ml ⟶ 100 %

CR30 % ml ⟶ 30 %

CR30 % = (456× 30) /100 = 136,80 ml

- **Pour 60%**

456 ml ⟶ 100%

CR60 % ml ⟶ 60%

CR60 % = (456×60) /100 = 273,60 ml

La capacité de rétention à 30 % et 60 % est égale 136.80 et 273.60 ml respectivement pour 2280g de substrat.

ANNEXE 02

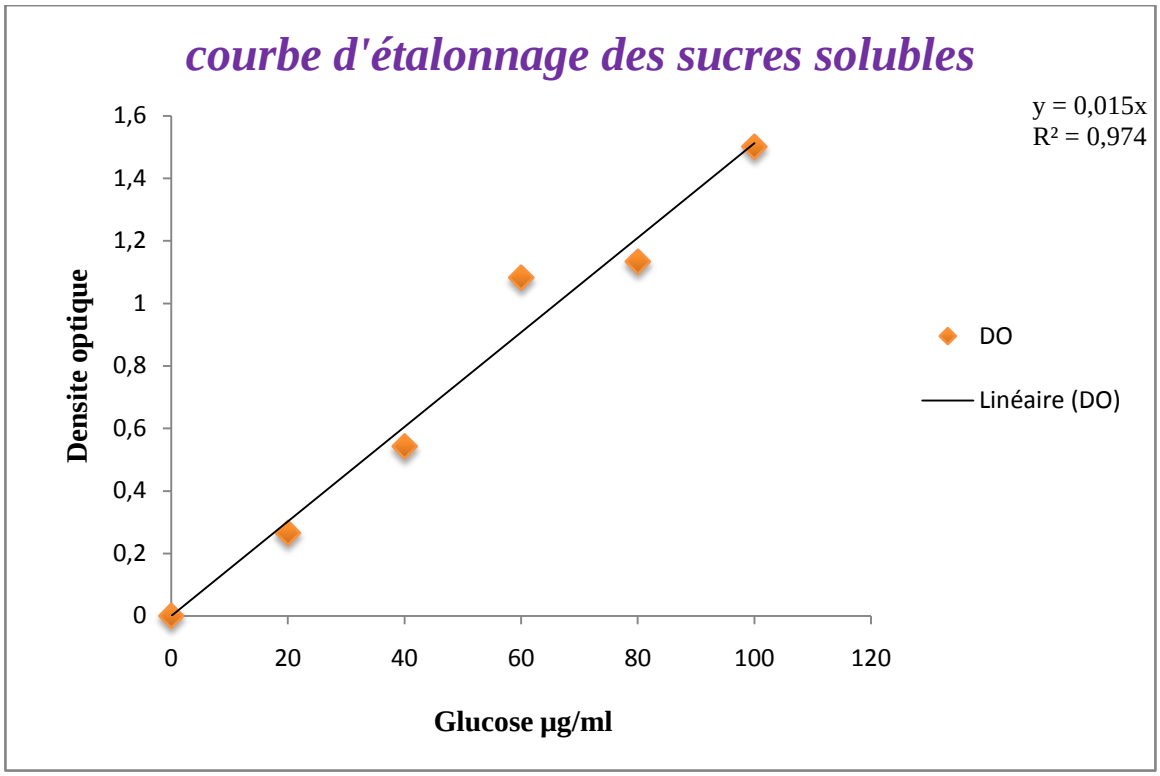
Tableau 03: Composition de la solution nutritive de HOAGLAND(1938)

Composition	**Formulation**	**Poids (g/l)**
Nitrate de potassium	KNO3	191.90
Nitrate de calcium	(NO3) 2 Ca, 4H2O	129.80
Nitrate d'Ammonium	NO3 NH4	210.00
Sulfate de magnésium	SO4Mg.7H2O	61.50
Phosphate mono potassique	PO4 H2K	54.40
Hydrogénophosphate-di-potassium	PO4 K2H. 3H2O	34.23
Chlorure de manganèse	Cl2Mn, 4H2O	1.80
Sulfate de cuivre	CuSO4,5H2O	0.176
Sulfate de zinc	ZnSO4,7H2O	0.219
Acide borique	BO3H3	2.861
Molybdate d'ammonium	MO7O24(NH4),7H2O	0.285
Complexe ferrique	EDTA ferrique (C10H12FeN2NaO8)	0.050

ANNEXE 03

La courbe d'étalonnage est préparée par pesée de 0.01 g de glucose ajuster à 100 ml d'éthanol à 80 %. Dans des tubes à essais préparer une gamme étalonnage allant de 20 à 100 ug.ml^{-1}

C µg/ml	0	20	40	60	80	100
DO	0	0.265	0.542	1.082	1.133	1.501



ANNEXE 04

Tableau 04: Analyse de variance de variable hauteur de tige

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	657.6190	109.6032	0.9934	0.4666
Erreur	14	1544.6667	110.3333		
Total corrigé	20	2202.2857			

Tableau 05: Analyse de variance de variable longueur de la racine principale

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	606.0429	101.0071	3.4419	0.0113
Erreur	28	821.7000	29.3464		
Total corrigé	34	1427.7429			

Tableau 06: Analyse de la variance de variable biomasse fraiche aérienne

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	50.3342	8.3890	2.7591	0.0310
Erreur	28	85.1343	3.0405		
Total corrigé	34	135.4684			

Tableau 07: Analyse de la variance de variable biomasse sèche aérienne

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	1.4108	0.2351	1.4815	0.2206
Erreur	28	4.4440	0.1587		
Total corrigé	34	5.8548			

Tableau 08: Analyse de variance de la variable biomasse fraiche souterraine

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	10.0290	1.6715	3.2369	0.0152
Erreur	28	14.4586	0.5164		
Total corrigé	34	24.4876			

Tableau 09: Analyse de variance de la variable biomasse sèche souterraine

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	0.2538	0.0423	8.3683	< 0.0001
Erreur	28	0.1415	0.0051		
Total corrigé	34	0.3954			

Tableau 10: Analyse de variance de la variable rapport de la biomasse sèche

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	0.0700	0.0117	8.0252	< 0.0001
Erreur	28	0.0407	0.0015		
Total corrigé	34	0.1108			

Tableau 11: Analyse de variance de la variable teneur en eau des feuilles

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	267.3457	44.5576	2.8742	0.0261
Erreur	28	434.0690	15.5025		
Total corrigé	34	701.4147			

Tableau 12: Analyse de variance de la variable teneur en eau de tige

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	638.3901	106.3983	5.9537	0.0004
Erreur	28	500.3872	17.8710		
Total corrigé	34	1138.7772			

Tableau 13: Analyse de variance de la variable teneur en eau des racines

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	819.9707	136.6618	8.1557	< 0.0001
Erreur	28	469.1836	16.7566		
Total corrigé	34	1289.1543			

Tableau 14: Analyse de variance de la variable teneur relative en eau des feuilles

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	785.3576	130.8929	3.4038	0.0120
Erreur	28	1076.7466	38.4552		
Total corrigé	34	1862.1042			

Tableau 15: Analyse de variance de la variable Chlorophylle a

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	0.4523	0.0754	2.4204	0.0519
Erreur	28	0.8720	0.0311		
Total corrigé	34	1.3242			

Tableau 16: Analyse de variance de la variable Chlorophylle b

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	19.3088	3.2181	9.3235	< 0.0001
Erreur	28	9.6645	0.3452		
Total corrigé	34	28.9733			

Tableau 17: Analyse de variance de la variable Chlorophylle totale

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	20.6301	3.4384	9.3135	< 0.0001
Erreur	28	10.3371	0.3692		
Total corrigé	34	30.9672			

Tableau 18: Analyse de variance de la variable des sucre solubles des feuilles

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	375502.3802	62583.7300	0.7472	0.6166
Erreur	28	2345168.4346	83756.0155		
Total corrigé	34	2720670.8148			

Tableau 19: Analyse de variance de la variable sucres solubles de tige

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	679798.6540	113299.7757	0.5716	0.7494
Erreur	28	5550272.0000	198224.0000		
Total corrigé	34	6230070.6540			

Tableau 20: Analyse de variance de la variable sucres solubles des racines

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	228508.7787	38084.7964	2.5880	0.0402
Erreur	28	412043.5769	14715.8420		
Total corrigé	34	640552.3556			

DDL : degré de liberté **Pr :** probabilité **F :** F calculé (test de Fisher)

ANNEXE 05

Tableau 21: Groupe homogène de la Hauteur de la tige (test de Newman-Keuls au seuil 5%)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
témoin	75.6667	A
400 meq NaCl	74.6667	A
600 meq NaCl	73.0000	A
400 meq NaCl +1mM AS	69.0000	A
400 meq NaCl +1.5 mM AS	69.0000	A
600 meq NaCl +1mM AS	65.3333	A
600 meq NaCl +1.5 mM AS	58.3333	A

Tableau 22: Groupes homogènes de longueur de la racine principale (test de Newman-Keuls au seuil 5%)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
témoin	17.3000	A	B
400 meq NaCl	11.3000		B
600 meq NaCl	16.2000	A	B
400 meq NaCl +1mM AS	14.5000	A	B
400 meq NaCl +1.5 mM AS	20.4000	A	B
600 meq NaCl +1mM AS	22.7000	A	
600 meq NaCl +1.5 mM AS	23.7000	A	

Tableau 23: Groupe homogène de la biomasse fraiche aérienne (test de Newman-Keuls au seuil 5%)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
témoin	12.2455	A
400 meq NaCl	9.9830	A
600 meq NaCl	12.0835	A
400 meq NaCl +1mM AS	9.7776	A
400 meq NaCl +1.5 mM AS	8.7611	A
600 meq NaCl +1mM AS	9.6419	A
600 meq NaCl +1.5 mM AS	10.3299	A

Tableau 24: Groupe homogène de la biomasse sèche aérienne (test de Newman-Keuls au seuil 5%)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
témoin	1.7319	A
400 meq NaCl	1.5396	A
600 meq NaCl	1.8952	A
400 meq NaCl +1mM AS	1.2886	A
400 meq NaCl +1.5 mM AS	1.4993	A
600 meq NaCl +1mM AS	1.4959	A
600 meq NaCl +1.5 mM AS	1.8391	A

Tableau 25: Groupe homogène de la biomasse fraiche souterraine (test de Newman-Keuls au seuil 5%)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
témoin	1.0758	A
400 meq NaCl	0.5134	A
600 meq NaCl	0.5027	A
400 meq NaCl +1mM AS	0.5147	A
400 meq NaCl +1.5 mM AS	1.3734	A
600 meq NaCl +1mM AS	1.7888	A
600 meq NaCl +1.5 mM AS	1.7461	A

Tableau 26: Groupes homogènes de la biomasse sèche souterraine (test de Newman-Keuls au seuil 5%)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
témoin	0.2268		B
400 meq NaCl	0.1207		B
600 meq NaCl	0.1387		B
400 meq NaCl +1mM AS	0.1424		B
400 meq NaCl +1.5 mM AS	0.2268		B
600 meq NaCl +1mM AS	0.2110		B
600 meq NaCl +1.5 mM AS	0.3905	A	

Tableau 27: Groupes homogènes du rapport de la biomasse sèche (test de Newman-Keuls au seuil 5%)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
témoin	0.1328		B	C
400 meq NaCl	0.0733			C
600 meq NaCl	0.0731			C
400 meq NaCl +1mM AS	0.1167		B	C
400 meq NaCl +1.5 mM AS	0.1558		B	
600 meq NaCl +1mM AS	0.1462		B	
600 meq NaCl +1.5 mM AS	0.2102	A		

Tableau 28: Groupes homogènes de la teneur en eau des feuilles (test de Newman-Keuls au seuil 5%)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
témoin	77.8421	A	
400 meq NaCl	76.0556	A	B
600 meq NaCl	73.4095	A	B
400 meq NaCl +1mM AS	77.3554	A	
400 meq NaCl +1.5 mM AS	75.1539	A	B
600 meq NaCl +1mM AS	69.2106		B
600 meq NaCl +1.5 mM AS	73.0249	A	B

Tableau 29: Groupes homogènes de la teneur en eau de tige (test de Newman-Keuls au seuil 5%)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
témoin	65.0476	A	B
400 meq NaCl	71.4927	A	
600 meq NaCl	66.0740	A	B
400 meq NaCl +1mM AS	70.9981	A	
400 meq NaCl +1.5 mM AS	60.4163		B
600 meq NaCl +1mM AS	63.2641		B
600 meq NaCl +1.5 mM AS	59.9889		B

Tableau 30: Groupes homogènes de la teneur en eau des racines (test de Newman-Keuls au seuil 5%)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
témoin	69.5040			C
400 meq NaCl	75.4845		B	C
600 meq NaCl	71.1837			C
400 meq NaCl +1mM AS	68.8476			C
400 meq NaCl +1.5 mM AS	83.0275	A		
600 meq NaCl +1mM AS	78.9984	A	B	
600 meq NaCl +1.5 mM AS	76.0967		B	C

Tableau 31: Groupes homogènes de la teneur relative en eau (test de Newman-Keuls au seuil 5%)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
témoin	61.9960	A	B
400 meq NaCl	67.8481	A	B
600 meq NaCl	66.0761	A	B
400 meq NaCl +1mM AS	69.2368	A	
400 meq NaCl +1.5 mM AS	72.7890	A	
600 meq NaCl +1mM AS	65.5287	A	B
600 meq NaCl +1.5 mM AS	56.9908		B

Tableau 32: Groupe homogène de la Chlorophylle a (test de Newman-Keuls au seuil 5%)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
témoin	4.0589	A
400 meq NaCl	4.2715	A
600 meq NaCl	4.3143	A
400 meq NaCl +1mM AS	3.9989	A
400 meq NaCl +1.5 mM AS	4.1047	A
600 meq NaCl +1mM AS	4.2854	A
600 meq NaCl +1.5 mM AS	4.1861	A

Tableau 33: Groupes homogènes de Chlorophylle b (test de Newman-Keuls au seuil 5%)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
témoin	5.4020	A	
400 meq NaCl	4.9957	A	
600 meq NaCl	3.6984		B
400 meq NaCl +1mM AS	3.6529		B
400 meq NaCl +1.5 mM AS	4.9390	A	
600 meq NaCl +1mM AS	5.5312	A	
600 meq NaCl +1.5 mM AS	5.4147	A	

Tableau 34: Groupes homogènes de la Chlorophylle totale (test de Newman-Keuls au seuil 5%)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
témoin	9.5463	A	
400 meq NaCl	9.3556	A	
600 meq NaCl	8.0990		B
400 meq NaCl +1mM AS	7.7324		B
400 meq NaCl +1.5 mM AS	9.1289	A	
600 meq NaCl +1mM AS	9.9064	A	
600 meq NaCl +1.5 mM AS	9.6885	A	

Tableau 35: Groupe homogène des sucres solubles des feuilles (test de Newman-Keuls au seuil 5%)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
témoin	892.2667	A
400 meq NaCl	658.4889	A
600 meq NaCl	819.4667	A
400 meq NaCl +1mM AS	782.4000	A
400 meq NaCl +1.5 mM AS	872.2667	A
600 meq NaCl +1mM AS	1024.5333	A
600 meq NaCl +1.5 mM AS	815.0222	A

Tableau 36: Groupe homogène des sucres solubles de la tige (test de Newman-Keuls au seuil 5%)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
témoin	720.8000	A
400 meq NaCl	581.6000	A
600 meq NaCl	514.1333	A
400 meq NaCl +1mM AS	524.2667	A
400 meq NaCl +1.5 mM AS	752.0000	A
600 meq NaCl +1mM AS	846.9333	A
600 meq NaCl +1.5 mM AS	880.8000	A

Tableau 37: Groupe homogène des sucres solubles des racines (test de Newman-Keuls au seuil 5%)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
témoin	358.3467	A
400 meq NaCl	335.6800	A
600 meq NaCl	262.9333	A
400 meq NaCl +1mM AS	336.2400	A
400 meq NaCl +1.5 mM AS	486.1333	A
600 meq NaCl +1mM AS	288.5333	A
600 meq NaCl +1.5 mM AS	479.2000	A

ANNEXE 06

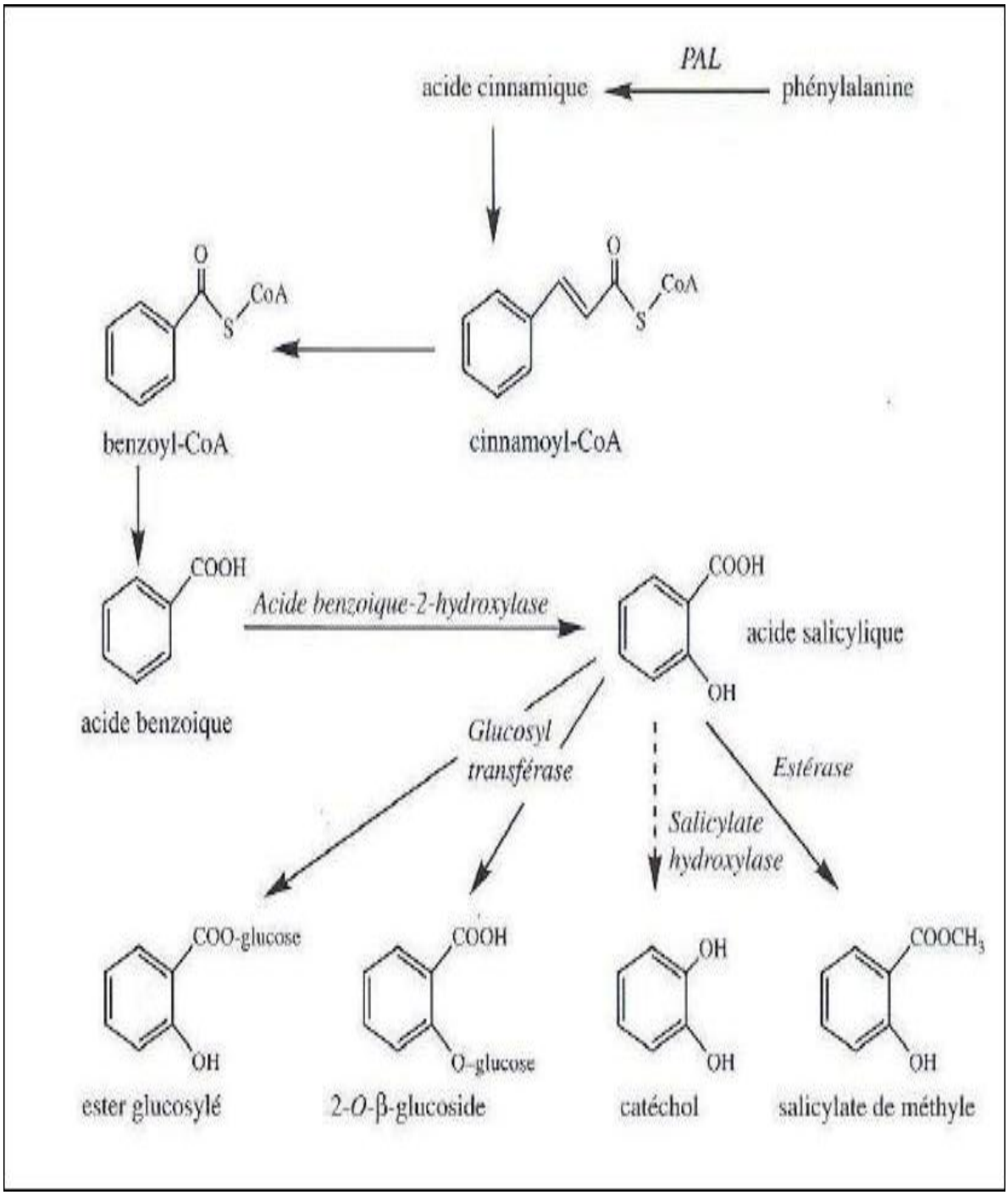


Figure 11- Voie de biosynthèse de l'acide salicylique et de ses principaux dérivés.

ANNEXE 07

Photo 06: Morphologie des racines des plantes stressées après lavage

Photothèque

Photo 07: les plantes après 04 jours de stress

Photo 08: solution salin d'arrosage

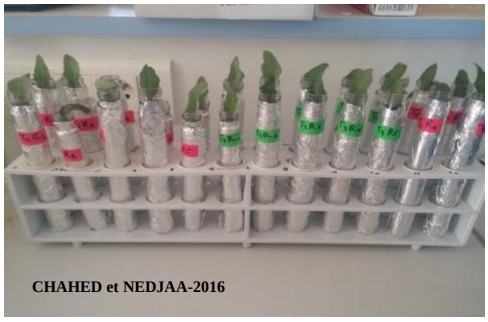


Photo 09: mise en turgescence

Photo 10: Dosage des sucres solubles des racines

Photo 11: Longueur de tige avant le stress

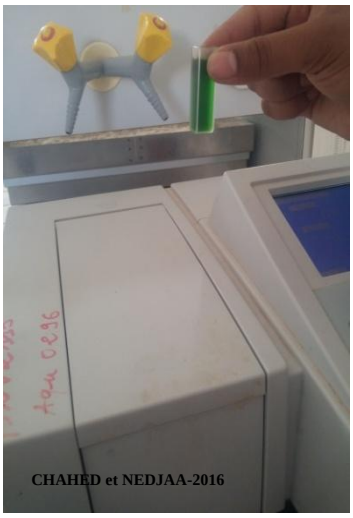


Photo 12: dosage de chlorophylle

Contribution à l'étude de l'effet combiné de la salinité et de l'acide salicylique sur les paramètres de croissance et physiologiques de l'*Atriplex halimus* L.

Résumé :

La salinité est l'un des stress abiotiques majeurs limitant la croissance et la productivité des plantes y compris les halophytes qui ont la capacité de tolérer la salinité en déclenchant des mécanismes de résistance et/ou de tolérance à cette contrainte. L'objectif de cette expérience, vise à comprendre l'effet de l'interaction entre l'acide salicylique et le stress salin chez les jeunes pantes d'*Atriplex halimus* L. âgées de trois mois, soumise au stress salin avec deux concentrations de NaCl (400 et 600 mM NaCl) seul ou associé avec l'acide salicylique (AS) 1 mM et 1.5 mM, durant une semaine. Cette étude est basée sur l'évaluation des paramètres de croissance, et physiologiques afin d'identifier le niveau de tolérance de cette espèce à la salinité.

Les résultats obtenus font ressortir que la salinité a augmenté la longueur de la tige principale, la teneur en eau des tiges et des racines, la teneur relative en eau ainsi que la chlorophylle **a**. Alors que, la longueur des racines, la biomasse aérienne et souterraine, le rapport BSR/BSA, la teneur en eau des feuilles, des sucres et celle de chlorophylle **b** et **totale** ont baissée avec l'intensité de stress salin.

L'application exogène de l'acide salicylique dans l'état de solution saline a augmenté la longueur de tige principale, la longueur et la biomasse souterraine, le rapport BSR/BSA, la turgescence et la teneur en eau des feuilles, et la chlorophylle **b** et **totale** des feuilles. Cependant, la biomasse aérienne, la teneur en eau des tiges et des racines et la chlorophylle **a** ont diminué.

Mots clés : Atriplex, acide salicylique, stress salin, paramètres de croissance, paramètres physiologiques, halophytes.

Contribution to study the combined effect of salinity and salicylic acid on the growth and physiological parameters of *Atriplex halimus* L.

Abstract :

Salinity is one of the major abiotic stresses limiting the growth and productivity of plants including halophytes which have the ability to tolerate salinity by triggering mechanisms of resistance and / or tolerance to this constraint. The objective of this experiment is to understand the effect of the interaction between salicylic acid and salt stress in young plants of *A. halimus* L. aged three months, subject to salt stress with two concentrations of NaCl (400 and 600 mM NaCl) alone or in combination with salicylic acid (SA) 1 mM and 1.5 mM for one week. This study is based on evaluation of growth and physiological parameters, to identify the level of tolerance of this species to salinity.

The results high light that the salinity has increased the length of main stem, water content of stems and roots, Relative Water Content and chlorophyll a. While, roots length, aboveground and belowground biomass, BSR / BSA rapport, water content of leaves, sugars and that of b and total chlorophyll were down with the salt stress intensity.

The exogenous application of salicylic acid in saline solution increased the main stem length, length and below-ground biomass, BSR / BSA rapport, Relative Water Content and water content of leafs, and chlorophyll b and total of leafs. However, aboveground biomass, the water content of shoots and roots and the chlorophyll a decreased.

Keywords: Atriplex, salicylic acid, salt stress, growth parameters, physiological parameters, halophytes.

مساهمة لدراسة التأثير المشترك للملوحة وحمض الساليسيليك على معايير النمو والفسيولوجية لنبات القطف *Atriplex halimus* L.

الملخص

الملوحة هي واحدة من بين الضغوط الرئيسية غير الحيوية التي تحد من نمو وإنتاجية النباتات بما في ذلك النباتات الملحية التي لديها القدرة على تحمل الملوحة عن طريق إحداث آليات للمقاومة و / أو التسامح لهذا الضغط . الهدف من هذه التجربة هو فهم تأثير التفاعل بين حمض الساليسيليك والإجهاد الملحي في نبات القطف *A. halimus L.* ذو الثلاث أشهر التي وضعت تحت تأثير الإجهاد الملحي مع تركيزين لكلوريد الصوديوم (400 و 600 مل مول) وحدها أو بالاشتراك مع حمض الساليسيليك 1 و1.5 مل مول لمدة أسبوع واحد. تستند هذه الدراسة على تقييم معايير النمو، و المعايير الفيزيولوجية لتحديد مستوى التسامح مع الملوحة لهذا النوع.

أظهرت النتائج المتوصل إليها أن الملوحة أدت إلى زيادة طول الساق الرئيسي, المجموع الخضري للنبات ومحتوى الماء في السيقان والجذور وكذا اليخضور أ, في حين أن طول الجدر الرئيسي , كتلة الجذور, النسبة بين كتلة الجذور ,المحتوى المائي للأوراق, محتوى الأوراق من السكريات واليخضور ب واليخضور الكلي تناقصت مع شدة الإجهاد الملحي.

اضافة حمض الساليسيليك في حالة الملوحة يؤدي إلى زيادة طول الساق الرئيسي والطول والكتلة الحيوية لجذور النبتة نسبة الرطوبة نسبة و المجموع الجدري على المجموع الخضري ،الإندباج و محتوى الورقة من المياه،وكذا محتواها من السكريات و اليخضور ب واليخضور الكلي لنفس العضو في حين نسجل تناقص في الكتلة الحيوية للجزء العلوي للنبتة، محتوى الساق والجذور من المياه بالإضافة إلى اليخضور أ.

الكلمات المفتاحية: القطف، حمض الساليسيليك، الإجهاد الملحي، معايير النمو، المعايير الفسيولوجية، النباتات الملحية.