

# الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Ibn Khaldon –Tiaret-  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique

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

Filière: " Biologies"

Spécialité: "Amélioration des plantes"

## Thème

Le comportement d'une Halophyte *Atriplex canescens*  
(Pursh) Nutt. Soumise aux stress salin, et hydrique

Présenté et soutenu publiquement par :

1-GUECHIDOUN Zahra

2-SENOUCI Aziza

3-ZIADA Fatima

### JURY:

President: : M<sup>r</sup> BOUSSAID M. M.C.A

Promoteur : M<sup>ed</sup> SOUALMI N. M.A.A

Examineur : M<sup>r</sup> ADDA A. Professeur

Année universitaire: 2014 -2015

# *Remerciements*

Nos premiers propos de remerciement vont au grand Dieu <<Allah>>, Créateur sans

L'aide de qui tout effort serait vain.

Nous adressons le plus grand merci à nos parents, qui ont tant donné pour nous et sacrifié leur vie afin de faire de nous ce que nous sommes devenus.

Nous remercions notre encadreur M<sup>ed</sup> SOUALMI NADIA professeur à la faculté IBN KHALDOUN Tiaret qui nous a encadrés dans l'élaboration de notre sujet de mémoire par la qualité de ses conseils et la finesse de ses jugements.

Nous remercions en fin les membres du jury sur tout le président Mr BOUSSAIDE MOHAMED et l'examineur Mr ADDA AHMED qui malgré leur multiple occupation nous ont consacré un peu de leurs temps précieux.

Nous remercions également Mr AIT HAMMOU chef de département

De Science de Nature et de la Vie

Nous devons également exprimer notre gratitude aux personnels techniques du laboratoire de Physiologie Végétale qui nous ont aidés sans commune mesure lors de la réalisation de nos travaux.

Veillez trouver dans ce travail le témoignage de notre gratitude et notre profond respect.

***Merci***

# Dédicace

Louange à dieu le tout puissant ce travail est dédié à :



- ❖ Les symboles de la tendresse et l'exemple d'amour qui nous a entourés par sa prière à «**MARYAME**».



- ❖ Mon père «**BELGACEM**» pour les aider, les patience et es amour.



- ❖ Mes frères «*Belgandouz, Mohamed, Djilali, Abed el Halim* »

Et mes sœurs «*Fadila, Saada, Mokhtariya, Dhrifa*» pour les encouragements.



- ❖ Toute ma famille «*Guechidoun ET Guechiche*»



- ❖ Ma chère amies «*Aicha. Bakhta. Fatima. Houd .Hafida .Rabia. Zohra. Mebarka*»



- ❖ Mes aimés : «*Aziza. Fatima*»

A tous les étudiants de la promotion 2015 de l'Amélioration des plantes.

«**MASTER«M<sub>2</sub>»**»

# ZAHRA

## Dédicace

Louange à dieu le tout puissant ce travail est dédié à :



- ❖ Les symboles de la tendresse et l'exemple d'amour qui nous a entourés par sa prière à « Halima » «رحمها الله»



- ❖ Mon père «Ahmed » pour les aider, les patience et es amour.



- ❖ Mes grandes mères : «Khadoma»



- ❖ Mon frère : «Mohamed Amine, El Arbi »



- ❖ Mes Sœurs: «Fatima, Mokhtaria, Howariya, Inasse, Narjisse».



Tout ma famille Senouci, Toumi et Boumediene



❖ Mes aimés : «Amina, Aicha, Karima, Hanane, Khaira , Safia »



❖ M es amiés : «*ZAHRA. FATIMA*»



❖ tous les étudiants de la promotion 2015 de l'Amélioration des plantes.



❖ «*MASTER«M<sub>2</sub>»*»

**AZIZA**

## Liste des abréviations

°C : Degré Celcius

% : pourcentage

**Fig.** : figure

**g** : gramme

**h** : heure

**L.R**: longueur des racines

**meq** : milliéquivalent

**mg** : milligramme

**Mg.cm<sup>2</sup>** : milligramme par centimètre carré.

**ml** : millilitre

**NaCl** : Chlorure de sodium

**P:** probabilité

**PFR :** poids frais de la partie souterraine

**PSR :** Poids sec de la partie souterraine

**Tab :** Tableau

**VR :** volume racinaire

**µm:** micromètre

**PGPR:** Plant growth –promoting rhizobacteria

**Ca:** Calcium

**Ms :** Matière sèche

**mM :** Milli molaire

**min :** Minute

**Cm :** Centimètre

**Ha :** Hectare

**Kg :** Kilogramme

**CC :** Capacité au champ

**K<sup>+</sup> :** Potassium

**ABA :** Acide Abscissique

**Na<sup>+</sup> :** Sodium

**N :** Azote

**N<sub>2</sub> :** Azote atmosphérique

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup> :** Nitrate

**NH<sub>4</sub> :** Ammonium

**Vol :** Volume

**g/l** : Gramme par litres

**atm** : Atmosphérique

**±** : Plus ou moins

**Cl** : Chlore

**Mg<sup>2+</sup>** : Magnésium

**ml/l** : millilitre par litre

## Liste des Figures :

N°	Tire	Page
<b>A</b>	production de la biomasse en présence de sel (Jabnour, 2008).	<b>13</b>
<b>B</b>	Caractères morphologique d' <i>Atriplex canescens</i> (Benrebiha, 1987).	<b>15</b>
<b>C</b>	Cycle d'azote.	<b>19</b>
<b>D</b>	Développement des nodosités fixatrices d'azote.	<b>20</b>
<b>E</b>	Longueur racinaire des plantes d' <i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt. En fonction des différents traitements salin et hydrique.	<b>26</b>
<b>F</b>	Volume racinaire des plantes d' <i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt. En fonction des différents traitements salin et hydrique.	<b>29</b>

## Liste des tableaux :

N°	Titre	Page
01	Classification d'A.P.G. (Angiosperm phylogeny Group) D'après Guignard et Dupont (2004).	16
02	Tableau de la solution saline	23
03	Tableau de la solution nutritive de Hoagland, (1938).	24
04	Tableaux des analyses statistiques relatives à la longueur racinaire et volume racinaire ainsi qu'au développement des nodosités sur le système racinaire d' <i>Atriplex canescens</i> (pursh) Nutt.	27

## Liste des photos

N°	Titre	Page
<b>1</b>	<i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt.	<b>15</b>
<b>2</b>	représentant les longueurs des racines des différents lots sous stress salin et hydrique.	<b>28</b>
<b>3et 4</b>	Formation des nodosités au niveau des racines.	<b>30</b>
<b>5,6 et 7</b>	Formation des nodosités au niveau des racines.	<b>31</b>
<b>8</b>	représentant une phase pré-symbiotique de reconnaissance et phase d'infection.	<b>32</b>
<b>9</b>		<b>32</b>
<b>10</b>		<b>33</b>

<b>11</b>	Des cellules végétales racinaires d' <i>Atriplex canescens</i> infectées.	<b>33</b>
<b>12</b>	Représentant des poils absorbants d'une racine d' <i>Atriplex canescens</i> dont une partie subit des déformations.	<b>34</b>

## Table des matières

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	
Chapitre I : Données Bibliographiques	
I-Stress abiotiques: .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.1. Stress salin : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.1.1. Effets du stress salin sur la plante : .....	3
I.1.1.1. Effets du stress salin sur la germination : .....	3
I.1.1.2. Effets du stress salin sur la croissance et le développement : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.1.1.3. Effets du stress salin sur la photosynthèse : .....	4
I.1.1.4. Effets du stress salin sur l'absorption : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.1.1.5. Effets du stress salin sur la translocation : .....	5
I.1.2. Adaptation à la salinité : .....	5
I.1.2.1. Synthèse des osmotiques : .....	6
I.1.2.2. Absorption et répartition des ions : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.2. Stress hydrique : .....	7
I.2.1. L'effet de stress hydrique sur les plantes : .....	7
I.2.1.1. Sur la germination : .....	7
I.2.1.2. Sur la croissance : .....	8
I.2.1.3. Sur la physiologie : .....	8
I.2.1.4. Sur la photosynthèse : .....	8
I.2.1.5. Sur la transpiration : .....	9
I.3. Les mécanismes d'adaptation des plantes : .....	9
I.3.1. Aptitude à échapper au stress : .....	9

I.3.2. Aptitude à résister au stress :	9
I.3.3. Mécanismes d'évitement	9
I.3.4. Adaptation à la sécheresse	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.4. L'eau dans le sol	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.5. L'eau dans la plante	11
II. La plante étudiée	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.1. Les halophytes	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.2. La sensibilité aux sels selon les types de végétaux	<b>Erreur ! Signet non défini.2</b>
II.3. Description de la famille des Chénopodiacées	<b>Erreur ! Signet non défini.3</b>
II.3.1. Distribution	<b>Erreur ! Signet non défini.3</b>
II.3.2. Description du genre <i>Atriplex</i>	13
II.3.3. L'origine d' <i>Atriplex canescens (Purch) Nutt</i>	14
II.3.4. Systématique	16
II.3.5. Répartition géographique	16
II.3.6. Intérêt des <i>Atriplex</i>	17
III. La nutrition azotée	18
III.1. L'azote du sol	18
III.2. L'azote minéral	18
III.3. Le cycle de l'azote :	19
III.4. La fixation biologique de l'azote :	19
III.5. Les Nodosités	20
III.5.1. La formation des nodosités fixatrices d'azote	20
III.6. Les étapes nodulation	21
III.6.1. préinfection	21
III.6.2. L'infection	21
III.6.3. Développement du nodule :	21

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

I. Matériel végétale .....	22
II. Méthode .....	22
II.1. préparation des graines.....	22
II.2. prétraitement des cylindres .....	22
II.3. culture .....	22
II.4.les solutions salines .....	23
II.5.dispositif expérimental .....	23
II.6 :Paramètres morphologiques .....	24
II.6.1 : Caractères morphologiques racinaires .....	24
II.6.2 : La recherche des nodosités au niveau racinaire .....	25
II.7 .Etude statistique .....	25

## Chapitre III : Résultats et discussions

I : Résultats :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.1 : Longueur racinaire.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.2 : Volume racinaire.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.3 : Formation des nodosités au niveau des racines.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II : Discussion.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

Conclusion

## **Introduction :**

Les changements climatiques deviennent de plus en plus contraignant pour la croissance et développement des plantes notamment dans les zones arides et semi- arides (Belkhodja et al ,2004) .L'Algérie, dont une grande partie des régions agricoles se caractérise par un climat aride et semi aride, est touchée par le processus de salinité .En effet, près de 3,2 millions d'hectares sont menacés de salinisation dans ce pays (Benmahioul et al, 2009).

La salinisation est le processus majeur de la dégradation des terres. En moyenne, le monde perd 10 hectares de terres cultivables par minute, dont 3 hectares à cause de la salinisation. 10 à 15% des surfaces irriguées (20 à 30 millions d'hectares) souffrent, à des degrés divers, de problèmes de salinisation (Mermoud, 2006).

L'étude des effets de la salinité sur la croissance et le développement des végétaux a été l'objet d'un intérêt constant depuis la fin du siècle dernier aux premières observations anatomiques et morphologiques, puis écologiques sur les halophytes (Gupta et Hung ,2014) Les effets, de la sécheresse et de la salinité sur les plantes, et plus particulièrement sur les systèmes fixateurs d'azote, sont fonction de la difficulté qu'éprouve un organisme à extraire l'eau du sol (Dommergues et Girgis, 1991).

Les *Chénopodiacées* représentent une famille d'halophytes hyper accumulatrices très importante qui mérite une attention toute particulière. Cette famille de plantes halophiles est très répandue en Algérie et est utilisée pour l'alimentation humaine et animale, surtout dans les régions à climats aride et semi-aride. A cette famille appartiennent les genres *Atriplex* qui peuvent contribuer à la valorisation des sols marginaux et l'amélioration de la production végétale et animale (Mulas, 2004).

Les espèces d'*Atriplex* constituent un excellent fourrage pour le cheptel, 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).

L'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt.a été choisie pour ses intérêts écologique et économique et pour son usage fourrager (Alazzeah el Abu- zanat, 2004). Elle possède par ailleurs, un système racinaire très développé, fixant les couches supérieures du sol et peut être utilisée comme moyen de lutte contre la désertification (Belkhodja et Bidai ,2004). Elle possède une forte potentialité de croissance, de prélèvement et de stockage de sel dans leur

partie aérienne et intéressante pour la fixation et le dessalement des sols dans les zones arides et semi-arides (Messedi et Abdelly, 2004).

L'azote exploitable existe sous différentes formes dans le sol (ammonium, nitrite, nitrate ou encore des formes organiques). Le cycle de l'azote est donc central pour le fonctionnement des écosystèmes. Le cycle met également en jeu des fixateurs d'azote, tous procaryotes, qui peuvent transformer le diazote inorganique de l'atmosphère en acides aminés assimilables. La fixation biologique de l'azote consiste à réduire le diazote, une transformation biochimique très coûteuse énergiquement car ce dernier est très stable, et l'énergie nécessaire à la fixation biologique prend souvent sa source dans la photosynthèse. Il y a donc peu de fixation biologique non couplée à la photosynthèse et les fixateurs les plus efficaces sont ceux qui ont établi une relation stable avec des plantes, une symbiose, comme celle associant la bactérie *Rhizobium* et les légumineuses (Perret et *al.*, 2000).

Le but de notre travail est de tester des solutions salines (NaCl), avec un régime hydrique de 30%, 60% de la capacité au champ et à la capacité au champ sur les plantes d'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Les paramètres étudiés concernent l'aspect morphologique des racines (longueur et volume) ainsi que la formation des nodosités sur le système racinaire (symbioses racines microorganismes).

**I- Stress abiotiques:**

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

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

**I.1. Stress salin :**

Le stress salin est dû à la présence de quantités importantes de sels potentiels hydriques, et réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu « physiologiquement sec » (Trembun, 2000).

Donc la salinité est définie par la présence de concentrations variées de NaCl de 0 à 450 ml/l (Kinet, J et *al.*, 1998). La salinité des terres agricoles est un problème mondial qui ne fait que s'accroître, 15 millions d'hectares de ces terres sont affectées par une salinisation croissante des sols au Maghreb et au Moyen-Orient (Le houérou, 1966). Aucune substance toxique ne joue un rôle aussi important que le sel (Zid, 1982).

**I.1.1. Effets du stress salin sur la plante :****I.1.1.1. Effets du stress salin sur la germination :**

La germination est régulée par des caractéristiques génotypiques mais aussi par les conditions environnementales et, en particulier, par la disponibilité de l'eau dans le sol et la présence de sel (Sharma, 1973, Gutterman, 1993 ; in Ndour et Danthu, 2000) Ainsi, la germination des graines est le stade le plus sensible aux stress salin et hydrique (Boulghalagh *et al.*, 2006) On peut considérer que la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (Maillard, 2001). Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (Ungar, 1978 et Kabar, 1986 in Debez *et al.*, 2001). Plusieurs auteurs ont montré un retard de la germination causé par la salinité chez plusieurs espèces ( Ndour et Danthu, 2000;

Boulghalagh *et al.*, 2006, Benata *et al.*, 2006), même chez des espèces halophytes (Debez *et al.*, 2001; Bajji *et al.*, 2002; Belkhoja et Bidai, 2004; Bouda *et al.*, 2006 et Rahmoune *et al.*, 2008) Des travaux faits sur des halophytes ont montré que l'effet inhibiteur du NaCl sur la germination serait essentiellement de nature osmotique, le sel empêchant l'imbibition de la graine (Katembe *et al.*, 1998 in Debez *et al.*, 2001) La réduction du potentiel osmotique de la solution du sol empêche l'imbibition de la graine suite à une diminution des activités enzymatiques et une forte absorption de Na<sup>+</sup> par rapport à K<sup>+</sup>, ce qui conduit à une toxicité embryonnaire et un retard dans les processus métaboliques (Hsiao *et al.*, 1976, Oertli, 1976 ; in Adel et Bader, 2002) .

#### **I.1.1.2. Effets du stress salin sur la croissance et le développement :**

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (Bouaouina *et al.*, 2000) La salinité des sols et des eaux demeure, pour les régions arides et semi arides, un obstacle majeur à la croissance des végétaux. En effet, les sels accumulés dans le sol peuvent limiter ou complètement arrêter la croissance du végétal suite à une élévation de la pression osmotique du milieu et/ou à l'effet toxique spécifique des éléments (Arbaoui *et al.*, 1999 b) La salinité diminue la croissance des glycophytes en modifiant l'équilibre hydrique et ionique des tissus (Greenway et Munns, 1980 ; Ouerghi *et al.*, 1998) Un stress salin extrême conduit au nanisme et à l'inhibition de la croissance racinaire. (Calu, 2006).

#### **I.1.1.3. Effets du stress salin sur la photosynthèse :**

La teneur en sel élevée dans les tissus influence directement les enzymes photosynthétiques et par voie de conséquence les réactions d'échange de lumière et de gaz (El Hendawy, 2004). Or, la réduction de la photosynthèse à long terme entraîne l'inhibition de la formation et de l'expansion de la feuille ainsi que l'abscission précoce de cette dernière (Kozlowski et Pallardy, 1997 b in Kozlowski, 1997).

La fluorescence chlorophyllienne est utilisée comme outil de diagnostic de l'état fonctionnel du photosystème II en conditions de stress salin (Smillie et Nott, 1982, El Mekkaoui, 1990 et Belkhodja *et al.*, 1994 in Bouaouina *et al.*, 2000 ) Particulièrement chez les glycophytes, la présence continue de NaCl dans le milieu de culture entraîne une augmentation, d'autre part, des vitesses d'ouverture des stomates (Greenway et Munns, 1980). Le sel peut également provoquer la modification de la densité des stomates, du nombre

et du diamètre des vaisseaux du xylème chez les halophytes, ou accélérer le cycle biologique avec changement de la voie métabolique de fixation du carbone (Levigneron *et al.* 1995 in Lamzeri, 2007).

#### **I.1.1.4.Effets du stress salin sur l'absorption :**

Chez les plantes cultivées sur milieu témoin sans sel, la concentration totale de la solution foliaire en solutés organiques tend à diminuer avec l'avancement en âge des plantes, alors qu'un effet opposé est noté pour la concentration inorganique totale de la feuille (Rahmoune *et al.*, 1997 ; Ben Naceur *et al.*, 2002). Irriguer avec de l'eau chargée en sels réduit la faculté des racines des plantes à puiser de l'eau du sol. Ceci cause une augmentation de la pression osmotique de la solution du sol et rend encore plus difficile pour les racines d'extraire l'eau du sol. C'est ce qu'on appelle une sécheresse physiologique (Maillard, 2001) Les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités l'absorption des éléments nutritifs du sol (Tester et Davenport, 2003 in Jabnoue, 2008) En présence de sel, l'absorption des cations  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  dépasse souvent celle des anions  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{PO}_4^-$  et  $\text{NO}_3^-$ , ce qui engendre un déficit anionique pour le végétal.

#### **I.1.1.5.Effets du stress salin sur la translocation :**

La régulation du transport et de la distribution des ions dans les différents organes de la plante et à l'intérieur des cellules est un facteur essentiel du mécanisme de tolérance au sel (Greenway et Munns, 1980). D'après Greenway et Munns (1980), les plantes les plus résistantes sont celles qui évitent une absorption trop importante d'ions. Certaines glycophytes, comme le cotonnier ou l'orge, transportent et accumulent de grandes quantités de  $\text{Na}^+$  dans leurs feuilles. Les espèces incapables de compartimenter  $\text{Na}^+$  dans leurs feuilles sont nettement plus sensibles à la salinité. En effet, ces espèces semblent peu efficaces pour abaisser la concentration cytoplasmique de  $\text{Na}^+$ , ce qui est peut-être l'une des causes essentielles de leur sensibilité au niveau cellulaire. (Zid et Grignon, 1986 in Haouala, 2007).

#### **I.1.2. Adaptation à la salinité :**

Selon Tal (1984), les conditions stressantes d'un milieu ont un effet lorsque les facteurs de l'environnement créent chez une espèce végétale une réduction de la croissance des individus, ou une augmentation du taux de mortalité de la population.

La présence de fortes concentrations de sels dans un milieu crée une pression osmotique élevée autour des racines, provoquant une réduction dans la disponibilité de l'eau du sol pour la plante. A ce déficit hydrique est associé un stress ionique dont l'ampleur dépend du niveau de perméabilité des membranes végétale par rapport au contenu ionique et du seuil de leur toxicité pour l'espèce végétale considérée (Hamza, 1980).

Selon Chretien (1992), le métabolisme de la plante dans les milieux fortement salés est lié :

- A une résistance de la plante à la déshydratation.
- A une adaptation de son potentiel osmotique afin de rétablir les relations hydriques.
- Une alimentation en eau convenable.
- A un contrôle efficace des flux ioniques intra tissulaires et intracellulaires.

La classification des végétaux selon leur résistance et/ou leur tolérance s'établit en tenant compte du taux de croissance ou de mortalité des plantes en fonction du degré de salinité du milieu de culture.

Cette classification permet de regrouper les espèces végétales en halophytes et en glycophytes.

Ainsi, la croissance des glycophytes, regroupant la grande majorité des espèces végétales, est ralentie quand la salinité du milieu externe dépasse 100mM pour devenir létale à partir de 300mM (Greenway et Munns, 1980).

Les halophytes, supportant des teneurs en sel jusqu'à 7 fois plus élevées, et dont la croissance est stimulée par des concentrations salines entre 200 et 500mM (Flowers et *al.* 1977). Les halophytes sont des indicateurs à la limite supérieure des capacités adaptatives des organismes végétaux à la salinité.

### **I.1.2.1.Synthèse des osmotiques :**

Pour sur monter le stress, les plantes développent d'autres mécanismes, complexes qui contribuent à l'adaptation aux contraintes de l'environnement (Yeo ,1983). Ces mécanismes incluent l'ajustement osmotique faisant suite à l'intervention d'ions inorganiques et aussi l'accumulation des solutés compatibles comme les osmoprotecteurs (Stewart, 1981; Rhodes et Handa, 1989).

Les osmoprotecteurs sont des petites molécules électriquement neutres, non toxiques, en concentrations molaires qui stabilisent les protéines et les membranes contre les effets dénaturant des hautes concentrations en sel et autres solutés nocifs (Munns, 2002).

### **I.1.2.2. Absorption et répartition des ions :**

Les halophytes accumulent les ions jusqu'à 800mM alors que les glycophytes le font entre 300 et 600 mM, selon leur degré de résistance (Greenway et Munus, 1980). Chez ces halophytes, les ions toxiques sont exportés vers les feuilles et compartimentés efficacement dans les vacuoles ou excrétés par des glandes (Zid et Grignon, 1991).

En conditions salines, le contrôle de la sélectivité  $K^+/Na^+$  est un facteur important pour limiter la montée de  $Na^+$  et assurer une alimentation adéquate des organes aériens en  $K^+$  ainsi la plante doit capter le  $K^+$  et exclure le  $Na^+$ , ceci est réalisée par un transport sélectif à travers la membrane plasmique (White, 1999).

### **I.2. Stress hydrique :**

Le stress hydrique peut se produire aussi bien sous l'effet d'un excès que d'un manque d'eau (Hopkins, 2003).

Provoqué par un déficit en eau constituant une menace permanente pour la survie des plantes .néanmoins, beaucoup d'entre elles produisent des modifications morphologique et physiologiques qui leurs permettent de survivre dans les régions de faible pluviosité et dont la teneur en eau des sols est peu élevée (Hopkins, 2003).

Le manque d'eau peut se manifester aussi bien dans le sol que dans l'atmosphère (Scoric 1990) .généralement, la sécheresse du sol est lente (Larcher ,1995), mais la diminution de l'humidité de l'air peut parfois être rapide (Yokota et *al.* 2006). D'un point de vue physique, le stress hydrique résulte d'un abaissement du potentiel hydrique dans l'air et/ou dans le en dessous d'une certaine valeur, dépendant du génotype, du phénotype et des caractéristique du milieu (type de sol, température, vent, etc.) (Lamaze et al. 1994).

#### **I.2.1. L'effet de stress hydrique sur les plantes :**

##### **I.2.1.1. Sur la germination :**

Le déficit hydrique au début du cycle végétatif affecte l'installation de la culture. En absence d'humidité suffisante, la graine même si elle est correctement placée dans le sol n'évolue pas, retardant ainsi ,la levée de la culture et en cas de persistance de sécheresse, la situation peut se traduire par une absence de levée (Feliachi et al .,2001).

Selon une étude menée par Dirik (2000) sur les graines de cèdre du Liban (*Cedrus Libani* A.Rich), il montre qu'il y a des relations entre les facultés à germer des provenances étudiées face aux stress hydrique du substrat et les conditions écologiques de leur milieu naturel.

La capacité germinative des graines d'*Acacia tortilis* est considérablement affectée et réduite par le stress hydrique. Le temps moyen de germination s'allonge en fonction de l'intensité du stress hydrique (Wahbi et Hamrouni, 2010).

#### **I.2.1.2.Sur la croissance :**

D'après Prichard ,1991 La tige des plantes ayant subie une semaine de stress hydrique est plus courte de 14,5Cm que celle des plantes témoins ; si le stress est sévère la différence est plus grande 17,5Cm soit une réduction de 31,5%.

D'après Austin 1989, Le manque d'eau réduit et retarde la germination des semences augment la mortalité des talles, réduit la longueur des tiges et accélère le système racinaire, l'augmentation de la contrainte sénescence foliaire .pour hydrique diminue, la longueur des cellules des racines stressées diminue de plus de la moitié par rapport à celle des racines non stressés (diminution de la vitesse de croissance des racines).

#### **I.2.1.3.Sur la physiologie :**

Parmi les modifications physiologiques liées au stress hydrique, la régulation stomatique qui influe sur la photosynthèse et la respiration, est la plus importante. Plusieurs travaux (Girardin 1999) permettent de voir comment les organes végétaux sont affectés par la sécheresse .La baisse du potentiel hydrique de la plante se traduit principalement par une diminution de la pression de turgescence puis une régulation stomatique.

#### **I.2.1.4.Sur la photosynthèse :**

La photosynthèse est particulièrement sensible au stress hydrique. Elle peut être affectée de deux manières .D'abord la fermeture des stomates supprime normalement l'accès du chloroplaste à un apport de dioxyde de carbone d'origine atmosphérique .Ensuite, l'apparition dans les cellules de potentiel hydrique faible intervient directement sur l'intégrité de la machinerie photosynthétique. (Hopkins, 2003).

Une diminution de la photosynthèse, reliée à une augmentation du taux d'ABA et aux dommages dans les thylakoides. En parallèle, la transpiration diminue (fermeture des stomates) en même temps que les solutés compatibles s'accumulent. (Dubos 2001).

#### **I.2.1.5. Sur la transpiration :**

Une plante qui a souffert de la sécheresse, a fermé ses stomates, la plante peut réduire plus ou moins fortement sa transpiration et pas seulement grâce aux stomates.

#### **I.3. Les mécanismes d'adaptation des plantes :**

Sous l'effet d'un stress, un organisme vivant est capable de s'adapter (Arnholdt-Schmitt, 2004). On distingue deux types d'adaptation :

- ❖ **L'adaptation élastique** : (ou capacité d'adaptation) concerne un organisme adapté qui peut vivre, croître son cycle de vie en présence du stress.
- ❖ **L'adaptation plastique** : (ou résistance à l'adaptation) inhibe la croissance et ainsi tous dommages irréversibles éventuels jusqu'à la l'adaptation partielle ou complète de l'agent stressant.

Si l'adaptation est élastique, elle engendre des stratégies de particulière (Levitt, 1980).

#### **I.3.1. Aptitude à échapper au stress :**

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de la contrainte hydrique. La période constitue donc un important mécanisme d'évitement au stress. La précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau (Slama et al., 2003).

#### **I.3.2. Aptitude à résister au stress :**

Les stratégies d'évitement et de tolérance ne s'excluent pas au sein d'un même végétal. La plus souvent ils cohabitent (Tester et Devenport, 2003).

#### **I.3.3. Mécanismes d'évitement :**

##### **➤ Adaptations morphologiques**

L'effet du stress peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et/ou

pour diminuer la transportation et la compétition entre les organes pour les assimilât (Slama ,1996).

➤ **Fonctionnement stomatique**

- Réduction de la surface transpirante.
- Réduction ou adaptation de la partie aérienne (Tazi et *al.*, 2003).
- Extension racinaire (Albouchi et *al.*, 2003).

#### **I.3.4. Adaptation à la sécheresse :**

Les mécanismes de résistance à la sécheresse sont très complexes; ils peuvent impliquer des facteurs morphologiques, physiologiques et biochimiques à différents niveaux. Selon (May et *al.* (1962) et Leyit (1972) in Chahrour 2002), deux types de mécanismes d'adaptation à la sécheresse sont envisagés: les mécanismes d'évitement et le mécanisme de tolérance. Aucune de ces caractéristiques ne peut être utilisée à elle seule dans la sélection pour la résistance à un stress, c'est plutôt leur combinaison qui semble conférer à la plante son aptitude à tolérer un tel état (Bouzouba et El mourid, 1999). Selon Hsiao (1973) et Turner (1976), les processus en relation avec la croissance et le développement des plantes sont influencés par le manque d'eau et la salinité. Il y'a sécheresse soit dès qu'il se produit dans la masse des tissus un déficit hydrique amenant à une baisse de rendement. Où chaque fois que le déficit en eau provoque des réactions de défenses de la plante se traduisant par des modifications de l'état du feuillage qui caractérisent le flétrissement (Hinini, 1976).

#### **I.4. L'eau dans le sol :**

L'eau du sol à une fonction considérable, d'une part elle intervient dans la nutrition des plantes, à la fois directement et indirectement en tant que véhicule des éléments nutritifs dissous, d'autre part, c'est un des principaux facteurs de la pédogenèse qui conditionne la plupart des processus de formation des sols.

Les sources principales de l'eau du sol sont d'une part l'eau de précipitations et aussi, dans certaines stations, l'eau souterraine (nappe phréatique permanent alimentée souterrainement) (Duchaufour ,1995 ; Gobat et *al.*, 2003).

L'eau est liée aux constituants du sol par deux catégories de forces selon

(Heller et *al.*, 1993 et Hopkinns 2003) les forces osmotiques dues aux attractions exercées sur l'eau et par les ions de la solution du sol et les forces matricielles traduisant les liaisons entre l'eau et la structure figurée du sol (matrice).

On peut y distinguer ; les forces d'imbibitions dues aux attractions électrostatiques exercées entre les charges négatives des colloïdes et les pôles positifs de l'eau. Les forces capillaires dues à des phénomènes de tensions superficielles et qui retiennent l'eau dans les interstices fins.

### **I.5. L'eau dans la plante :**

L'eau est nécessaire à la plante comme à tout être vivant, L'eau est dans la cellule, comme dans le sol, plus ou moins liée.

Les forces de liaison sont, comme dans le sol, de nature osmotique ou matricielle (imbibition et capillarité).

Le potentiel hydrique négatif du à ces liaisons contribue à l'absorption de l'eau et freine son départ. Si les halophytes, qui vivent en terrain salé, absorbent et conservent leur eau mieux que d'autres, c'est par suit du bas potentiel osmotique de leurs vacuoles.si les érophytes succulentes (plantes grasse) résistent à la sécheresse, c'est grâce à leur mucilages fortement hydrophiles .Si certaines plantes, comme le Chou, supportent bien le gel, après un certain temps d'adaptation ,c'est parce que les colloïdes y maintiennent l'eau en surfusion, évitant ainsi la formation des cristaux de glace ,source de lésions et cause principale de l'effet traumatisant du gel ( René Heller et *al.* ,2000).

## II. La plante étudiée

### II.1. Les halophytes :

Venant du grec halos (sel) et phytes (plante), le terme d'halophyte a été introduit en 1809 par Pierre Simon Pallas et attribué aux végétaux vivants sur des sols salés, c'est-à-dire contenant une solution trop riche en sels solubles et par là impropres à recevoir des cultures. Actuellement on appelle halophyte toute plante dont une partie quelconque de son organisme, est en contact avec des concentrations anormalement fortes de sel, c'est le cas de la végétation marine ; des plantes de bords de mer, de déserts, des marais ou de lacs salés (Larafa, 2004) ; Faurie et *al.*, 2006).

La plupart des halophytes sont herbacées (salicorne...etc.) et présentent des organes aériens charnus. Cette succulence est due soit à une hypertrophie de certaines cellules qui, gorgées d'eau, forment un tissu aquifère, soit à la formation d'un grand nombre d'assises cellulaires.

### II.2. La sensibilité aux sels selon les types de végétaux :

Nous n'avons souligné. Toutes les plantes ne sont pas égales au stress salin. Suivant leur production de biomasse en présence de sel, quatre grandes tendances ont été discernées (graphe 1) :

- **Halophyte vraies** : dont la production de biomasse est stimulée par la présence de sel. Ces plantes présentent des adaptations poussées et sont naturellement favorisées par condition : *Salicornia europaea*, *Suaeda maritima*...

- **Les Halophytes facultatives** : montrant une légère augmentation de la biomasse à des teneurs faibles en sel : *Plantago maritima*, *Aster tripolium* ...

- **Les Non-halophytes résistantes** : supportant de faible concentration en sel *Hordeum* sp...

- **Les Glycophytes ou Halophobes** : sensibles à la présence de sel : *Phaseolus vulgaris*, *Glycine max*...

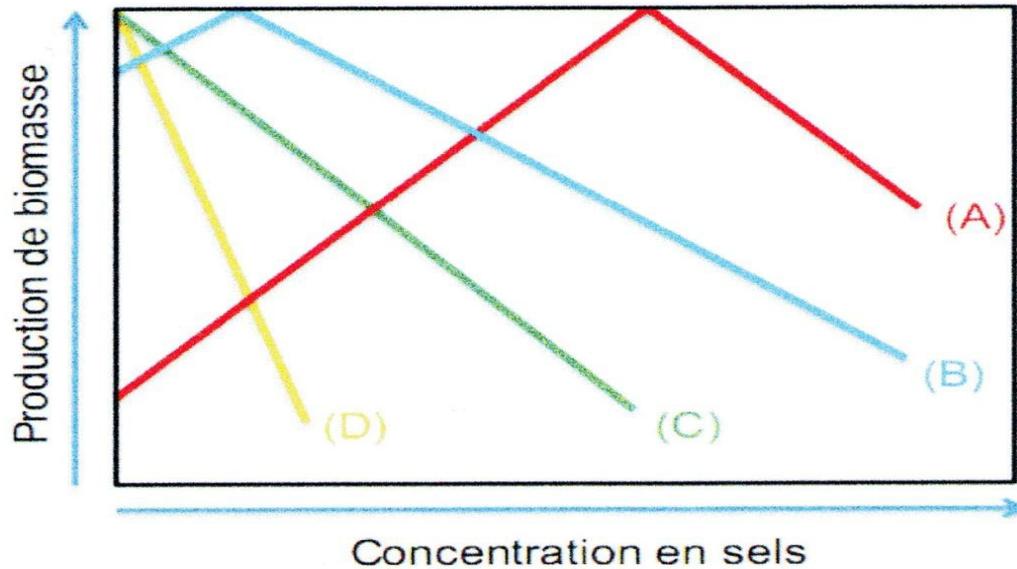


Fig. A : production de la biomasse en présence de sel (Jabnoue, 2008)

- (A) : les Halophytes varie
- (B) : les Halophytes facultatives
- (C) : les Non-halophytes résistantes
- (D) : les Glycophytes ou Halophobes

### II.3. Description de la famille des Chénopodiacées :

#### II.3.1. Distribution :

Cette famille comprend environ cent genres. Les *Chenopodiaceae* sont largement répandues dans les habitats salins tempérés et sub-tropicaux, en particulier dans les régions littorales de la mer méditerranée, de la mer caspienne et de la mer rouge, dans les steppes arides de l'Asie centrale et orientale, aux marges du désert du Sahara, dans les prairies alcalines des Etats-Unis, dans le Karoo en Afrique méridionale, en Australie et dans les pampas argentines. Elles poussent également comme des herbacées sur les sols riches en sel, surtout en présence d'écoulements d'eau et de terrains accidentés (Mulas, 2004).

#### II.3.2. 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, subtropicales et dans les différentes régions arides et semi-arides du monde. 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 (Maalem, 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. La fleur, dont la morphologie est souvent utile pour l'identification, est enveloppée de deux bractéoles, d'une consistance généralement foliacée, qui permettent de distinguer les espèces en fonction de leur forme et si elles se présentent ou non soudées les unes aux autres.

Les espèces du genre *Atriplex* sont caractérisées par le haut degré de tolérance à l'aridité et à la salinité et par leur capacité de procurer des fourrages riches en protéines et en carotène. Par ailleurs, elles ont la propriété de produire une abondante biomasse foliaire et de la maintenir active durant les périodes défavorables de l'année.

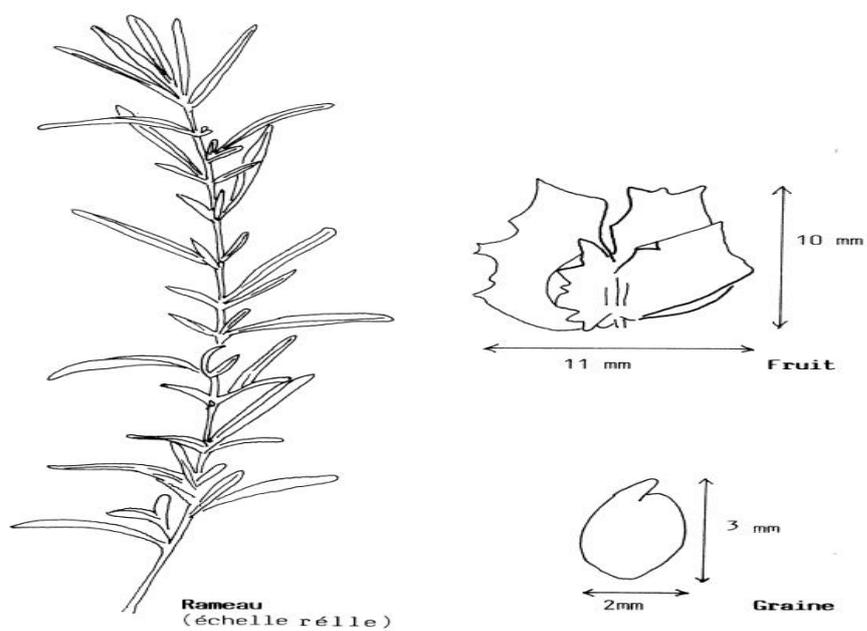
### II.3.3. L'origine d'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt :

L'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt espèce introduit (Le Houèrou.1992, 2000).semble particulièrement intéressante en raison de sa plus grande résistance froide. Cette espèce originaire d'Amérique du Nord. (Mulas et Mulas,2004) est une plante fourragère exceptionnelle grâce à sa valeur nutritive, sa bonne adaptabilité et son feuillage persistant (Kitchen et McArthur.2001) .De plus c'est un important arbuste pour la réhabilitation des soles dégradés et s'adapte facilement hors de son habitat naturel (Sanderson et McArthur, 2004).

L'*Atriplex canescens* est une plante buissonnante de 1 à 3m de hauteur à port plus ou moins intriqué, formant des touffes de 1 à 3m de diamètre.

- **Les rameaux** blanchâtres sont étalés, ascendants ou arqués, retombants vers l'extrémité.
- **Les feuilles** courtement pétiolées ou subsessiles, sont alternes. Leur limbe linéaire, lancéolé et uni nervé sont vert grisâtre; il mesure 3 à 5cm de longueur et 0,3 à 0,5cm de largeur. Des feuilles axillaires plus petites (0,5 à 1,5 sur 0,1 à 3cm) sont aussi présentes le long de l'axe feuillé (photo A).
- **Les tiges** : sont très ramifiées, solides et blanchâtres.
- **Les systèmes racinaire** : est ramifié et communément très profond.
- **Les fleurs** : dioïques les fleurs mâles et axillaires ou en épis subterminaux pour femelles sur des plantes séparées.

Les inflorescences dioïques en épis simples ou panicules sont au sommet des rameaux pour Les males, concrescentes sur 3/4 de leur longueur sont munies de chaque côté de deux ailes longitudinales, de 0,8 à 1,5cm de longueur (Benrebiha, 1987).



**Fig. B :** Caractères morphologique d'*Atriplex canescens* (Benrebiha, 1987).



**Photo 1 :** *Atriplex canescens* (pursh) Nutt

### II.3.4. Systématique : (Tab n°1)

Classification d'A.P.G. (Angiosperm phylogeny Group) D'après Guignard et Dupont (2004).

Régné	Végétale	
Groupe	Chlorobiontes	Plantes vertes
Groupe	Embryophytes	Plantes terrestres
Groupe	Trachéophytes	Plantes vasculaire
Embranchement	Spermatophytes	Plantes à graines
Sous Embranchement	Angiospermes	Plantes à ovaires
Classe	Eu dicotylédones	
Sous classe	Préeu dicot	
Ordre	Caryophyllacée	
Famille	Chénopodiacées	
Genre	Atriplex	
Espèce	<i>Canescens (pursh) Nutt</i>	
Nom Commun	Chamiza, Chamise	
Nom anglais	Fourwing saltbush	

### II.3.5. Répartition géographique :

- **Répartition des Atriplex dans le monde :** Dans le monde, les Atriplex se rencontrent de l'Alaska à la Patagonie de la Bretagne à la Sibérie et de la Norvège à l'Afrique du sud (Frnclet et Le houérou, 1971).
- **Répartition des Atriplex dans l'Afrique :** En Afrique du nord le genre Atriplex comprend 15 espèces spontanées ,2 espèces naturalisées et 2 espèces introduites, ces espèces se répartissent en 9 espèces vivaces, une espèce biannuelle et 9 espèces annuelles.
- **Répartition des Atriplex dans l'Algérie :** En Algérie, l'Atriplex est spontané dans les étages bioclimatique semi-aride les plus grande superficies correspondent aux zone dites steppique (Tébessa, Batna, M'sila, Boussaâda, Biskra, Djelfa, Tiaret, Saida....) le genre Atriplex se rencontre aussi sur le littoral et même au Sahara, particulièrement dans la région de Béchar où les nappes longent les dépressions d'oued (Benrebiha 1987).

### II.3.6. Intérêt des Atriplex :

#### ➤ Intérêt Ecologique :

Les plantes de genre *Atriplex* jouent un rôle important comme brise-vent, pour la protection du sol et la création d'un microclimat favorable, permettant aux autres espèces fourragères (l'avoine, la luzerne....), d'augmenter leur productivité (El mzouri et al. 2000). Selon Abbed et al. (2004 b) le système racinaire très ramifié, chez les *Atriplex*, joue un rôle important dans la réhabilitation des sols dégradés, la lutte contre l'érosion des sols et la désertification. Par ailleurs certaines espèces d'*Atriplex*, cas d'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. sont mycorhizes des champignons fixateurs de phosphore (Barrow et Osuna, 2002). Ces champignons prélèvent du carbone à partir des racines de la plante et lui fournissent en échange du phosphore, elle augmente également la capacité d'absorption des racines ce qui augmente leur tolérance à la sécheresse (Barrow et Osuna, 2002 ; Barrow et al. 2004).

#### ➤ Intérêt économique :

De nombreuses études ont mis en évidence le fait qu'en associant la culture des céréales aux arbustes fourragers appartenant au genre *Atriplex*, la production des céréales a augmenté de 25% (Brandle, 1987), de plus en été et en automne, le bétail peut éventuellement brouter les chaumes d'orge et les arbustes d'*Atriplex* (Mulds et Mulds, 2004). Par ailleurs, la structure ligneuse des *Atriplex* constitue une source d'énergie intéressante (Abbad et al., 2004b).

#### ➤ Intérêt fourrager :

L'*Atriplex* constituée en période de sécheresse, un fourrage apprécié des camélidés et particulièrement des ovins et des caprins (Kinet et al., 1998). Ce sont des espèces riches en matières azotées (1,5 à 3,7 %) mais pauvres en énergie (Elshaer et Khnill, 1998). Les plantes d'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt, peuvent permettre la récupération des zones salées (Benahmed et al., 1996). Les taux élevés en protéines (10 à 20% de la MS) (Lehouerou, 1992 Benahmed et al., 1996).

#### ➤ Intérêt médical : Il est rapporté que son feuillage est utilisé comme plante médicinale en pharmacopée traditionnelle (Dutuit et al., 1991).

**III. La nutrition azotée :**

Les végétaux terrestres tirent généralement leur azote du sol sous forme de nitrates ou de sels d'ammonium, produit de la décomposition des matières organiques par des microorganismes. Par rapport à leur masse de matière sèche, l'azote est le quatrième élément nutritif important des plantes. C'est un constituant essentiel des protéines, des acides nucléiques des hormones, de la chlorophylle (René Heller et *al.*, 2000).

L'azote est le premier élément minéral limitant la croissance des plantes car les seules formes assimilables sont présentes en faible quantité dans les sols. La majeure partie de l'azote se trouve sous forme de diazote atmosphérique (René Heller et *al.*, 2000).

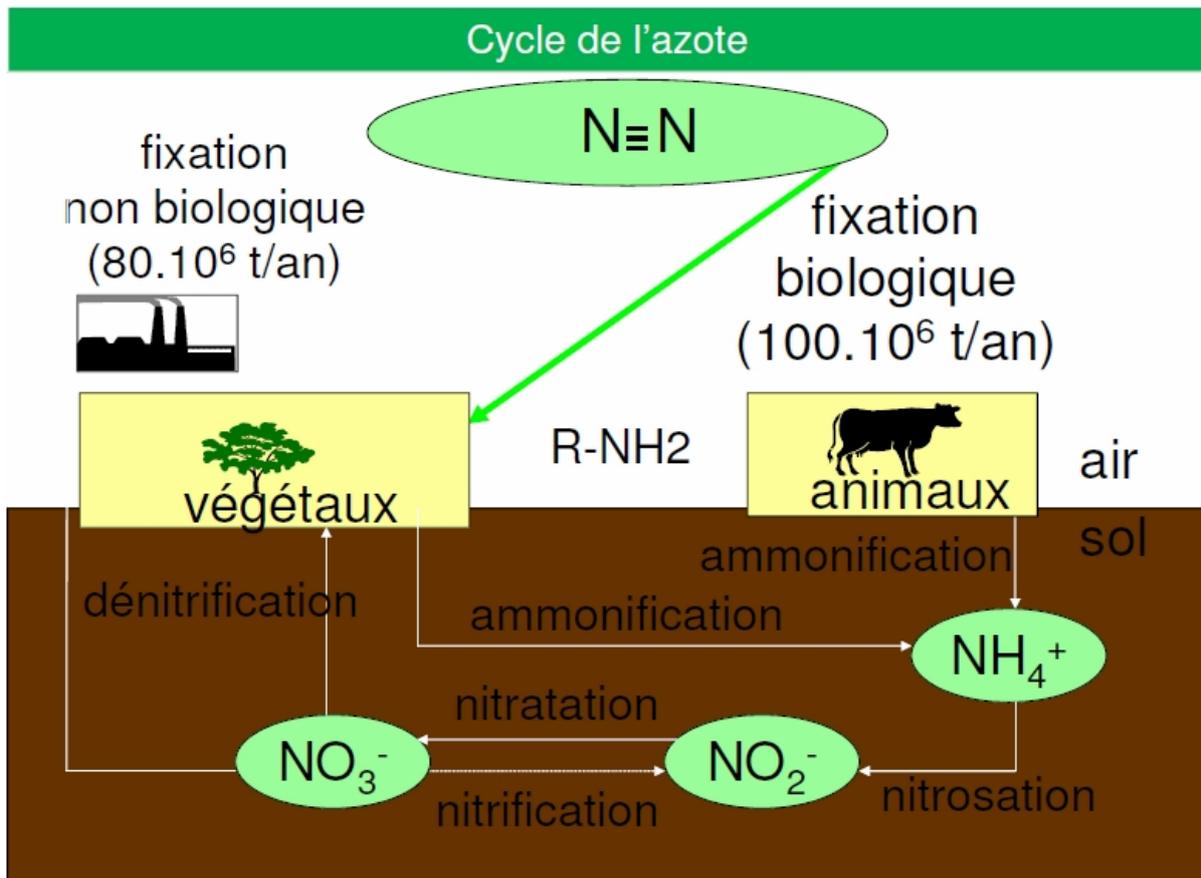
**III.1. L'azote du sol :**

Dans une bonne terre végétale, la teneur en azote est de l'ordre de un gramme dans les horizons superficiels ; ce qui correspond à environ 5000Kg d'azote par hectare, sur cette masse 1 à 2%, soit 50 à 100Kg. Ha<sup>-1</sup> en moyenne, sont sous forme minérale ; le reste est essentiellement sous forme organique humus principalement. (René Heller et *al.*, 2000).

**III.2. L'azote minéral :**

Il résulte de la dégradation de la matière organique, soit dans la première phase, lors de l'humification soit ensuite lors de la minéralisation de l'humus. La première étape en est la libération d'ions NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ; ou ammonisation, réalisée par les bactéries ammonifiantes (René Heller et *al.*, 2000).

## III.3. Le cycle de l'azote :



## III.4. La fixation biologique de l'azote :

L'assimilation du gaz carbonique par les organismes photosynthétiques et la fixation biologique de l'azote, par les microorganismes diazotrophes, représentent les deux principaux phénomènes biologiques à la base du développement du monde vivant. L'azote atmosphérique qui constitue, avec 80%, la principale réserve accessible de la biosphère, ne peut être utilisé directement par les végétaux et les animaux.

L'incorporation de diazote dans une molécule organique s'effectue par un processus soit biologique (fixation biologique de l'azote), soit par synthèse industrielle (production d'engrais chimiques). La fixation biologique, qui représente 65% de la fixation d'azote annuelle (Newton, 1998), est assurée par des bactéries diazotrophes qui possèdent le complexe enzymatique de la nitrogénase, responsable de la réduction de l'azote moléculaire. Dans le système biologique fixateur de  $N_2$  les conditions optimales de la catalyse biologique correspondent à une pression de 0,2 à 1,0 atm de  $N_2$  et une température de 30–35 °C, alors

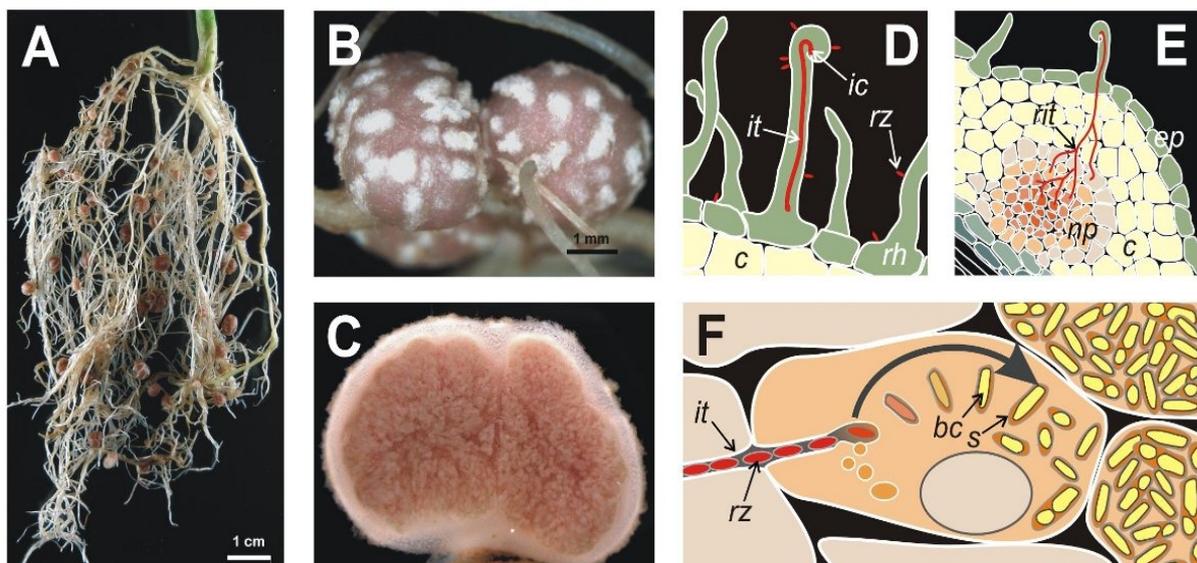
que les conditions de la catalyse chimique sont très sévères : pression de 250-1000 atm de  $N_2$  et température de  $450^\circ C$ .

### III.5. Les Nodosités :

Les nodosités ou nodules sont de petites boursouflures se formant sur les racines de nombreuses espèces de plantes, sous l'action de bactéries du genre *Rhizobium* vivant en symbiose avec la plante au champignons. Dans cette association symbiotique, la plante fournit les substances carbonées et les microorganismes les substances azotées synthétisées à partir de l'azote atmosphérique.

#### III.5.1. La formation des nodosités fixatrices d'azote:

La fixation symbiotique de l'azote se déroule à l'intérieur d'organes spécialisés appelés nodosités (ou nodules), qui se développent sur les racines hôtes. Le processus infectieux qui conduit les microorganismes du sol jusqu'au cytoplasme des cellules végétales d'une nodosité, implique un échange continu de signaux moléculaires entre microorganismes et plantes hôtes (Perret et *al.*, 2000; Gibson et *al.*, 2008). Une fois à l'intérieur des cellules de la nodosité, les microorganismes se différencient, et grâce à la nitrogénase, réduisent l'azote atmosphérique ( $N_2$ ) en ammonium ( $NH_4^+$ ). En échange de l'azote réduit, les microorganismes reçoivent des plantes hôtes des acides dicarboxyliques qui fourniront l'énergie nécessaire au processus de fixation de l'azote (Oldroyd et *al.*, 2011).



**Fig.D : Développement des nodosités fixatrices d'azote.**

**A**, système racinaire couvert de nodules. **B**, nodosités. **C**, section d'une nodosité avec en son centre et colorée en rose. **D**, les microorganismes symbiotiques induisent la courbure de poils absorbants (*rh*), et forment un centre d'infection (*ic*) puis un cordon d'infection (*it*); **E**, en progressant en direction du primordium nodulaire (*np*) constitué de cellules corticales en division (*c*), le cordon d'infection se ramifie (*rit*); **F**, à l'extrémité du cordon d'infection (*it*),

### III.6. Les étapes de la nodulation :

#### III.6.1. préinfection :

L'interaction entre la plante et le microorganisme débute dans la rhizosphère, la croissance des microorganismes se fait de manière sélective par la plante (Savke *et al.*, 2002). Les microorganismes sont attirés vers les poils racinaires par une large gamme de substances de type flavonoïdes et isoflanoïde. Une production plus importante de ces composés est observée en condition de carence azotée.

Les flavonoïdes présents dans les exsudats racinaires induisent l'expression des gènes nod bactériens qui gouvernent la production des facteurs Nod (Perret *et al.*, 2000).

#### III.6.2. L'infection :

L'infection des racines peut avoir lieu à travers les poils absorbants ou des blessures, ou à l'espace intercellulaire (Rasanen, 2002). Au cours de l'infection, la pénétration de la bactérie est facilitée par courbure du poil racinaire et par conséquent le microorganisme est entouré par la paroi végétale dans une zone confinée. La croissance des nodosités se poursuit dans les régions infectées de l'écorce et du péricycle, jusqu'à ce que ces deux masses de cellules fusionnent et forment la nodosité.

#### III.6.3. Développement du nodule :

L'infection de la plante par les microorganismes induit la dédifférenciation et la des cellules du cortex (Foucher et Kondorosi, 2000). Les nodules de type indéterminé sont formés à partir du cortex interne alors que les nodules de type déterminé (*Glycine max*) sont formés à partir du cortex externe.

**I : Matériel végétal :**

Le matériel végétal ayant fait l'objet de notre étude concerne des graines d'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Les fruits sont récoltés dans la région de Djelfa en été 2014 ; il est à noter que cette région est localisée dans l'étage bioclimatique semi aride.

**II : Méthodes :**

L'essai a été conduit dans des cylindres dans une serre semi contrôlée. Localisée au niveau de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université IBN KHALDOUN Tiaret.

**II.1 : Préparation des graines :**

Les graines d'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Sont désinfectées à l'eau de javel diluée pendant 15 min et rincée à l'eau distillée 03 fois.

**II.2 : Préparation des cylindres :**

Les cylindres utilisés pour cette expérience mesurent 60 cm de hauteur et 11 cm de diamètre. Ils sont tapissés au fond de gravier pour assurer un bon drainage, suivi par un remplissage d'un substrat constitué de sable et de fumier ( 2 vol de sable + 1 vol de fumier).

Avant l'utilisation du sable, il est lavé pour être débarrassé des traces de sel.

**II.3 : culture :**

Le semis est réalisé directement dans les cylindres et les graines ne sont pas débarrassées de leurs bractées. L'arrosage est réalisé régulièrement à l'eau distillée jusqu'à apparition des jeunes plantules.

Les jeunes plantules ont subi un arrosage régulier en alternance avec de l'eau distillée enrichie de la solution nutritive de Hoagland (1938) et de l'eau distillée jusqu'à l'âge de deux mois.

Après les apports d'eau sont réalisés en effectuant des pesées pour les cylindres de chaque traitement pour arriver aux apports d'eau désirés pour notre travail à savoir (30% de la capacité au champ, 60% de la capacité au champ et la capacité au champ) pour chaque traitement salin et ce jusqu'à l'âge de cinq mois.

**II.4 : les solutions salines :(Tab N°2)**

Les plantes d'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Sont traitées à l'aide de solution saline de NaCl.

Concentration en meq NaCl	Poids d'NaCl en gramme (g/l)	Quantité d'eau à la capacité au champ		
		30%	60%	100%
100meq	5,84g /L	30%	60%	100%
300meq	17,53g /L	30%	60%	100%
600meq	35,06g /L	30%	60%	100%

**II.5 : dispositif expérimental :**

Les cylindres contenant les plantes sont disposés en 04 blocs de traitement salin combinés à 03 traitements séparés, avec 08 répétitions.

Tab03 : Composition de la solution nutritive de Hoagland, (1938).

Produit	Composition	Poids en g-1
Nitrate de potassium	KNO <sub>3</sub>	191.90
Nitrate de calcium	(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Ca 4H <sub>2</sub> O	129.80
Nitrate d'ammonium	NO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub>	210
Sulfate de magnésium	SO <sub>4</sub> Mg 7H <sub>2</sub> O	61.5
Phosphate mono potassique	PO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> K	54.40
Hydrogénophosphate di-potassium	PO <sub>4</sub> K <sub>2</sub> H 3H <sub>2</sub> O	34.23
Chlorure de manganèse	C <sub>12</sub> Mn 4H <sub>2</sub> O	1.80
Sulfate de cuivre	CuSO <sub>4</sub> 5H <sub>2</sub> O	0.176
Sulfate de zinc	ZnSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	0.219
Acide borique	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2.861
Molybdate d'ammonium	Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> (NH <sub>4</sub> ) 7H <sub>2</sub> O	0.285
Complexe ferrique EDTA ferrique	(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> FeNaO <sub>8</sub> )	0.050

## II.6 : Paramètres morphologiques :

L'objectif principal est de rechercher les caractères morphologiques liés au stress salin chez *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Au niveau de la partie racinaire.

### II.6.1 : Caractères morphologiques racinaires

Les racines sont l'emplacement primaire de la perception et des dommages pour plusieurs stress, entre autres la salinité (Jiang et Deyholos, 2006). Dans le but d'observer le comportement racinaire d'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. nous avons opéré comme suite à la fin du stress, les cylindres sont soigneusement vidés de leur contenu ; les racines sont dégagées des particules de substrats à l'aide d'un jet d'eau, puis séchées de l'excès d'eau à l'aide de papier absorbant.

Les mesures effectuées ont concerné la longueur des racines (LR), le volume racinaire (VR) déterminé par immersion de chaque racine dans une éprouvette, il est représenté par le volume d'eau déplacé et établi en cm<sup>3</sup>.

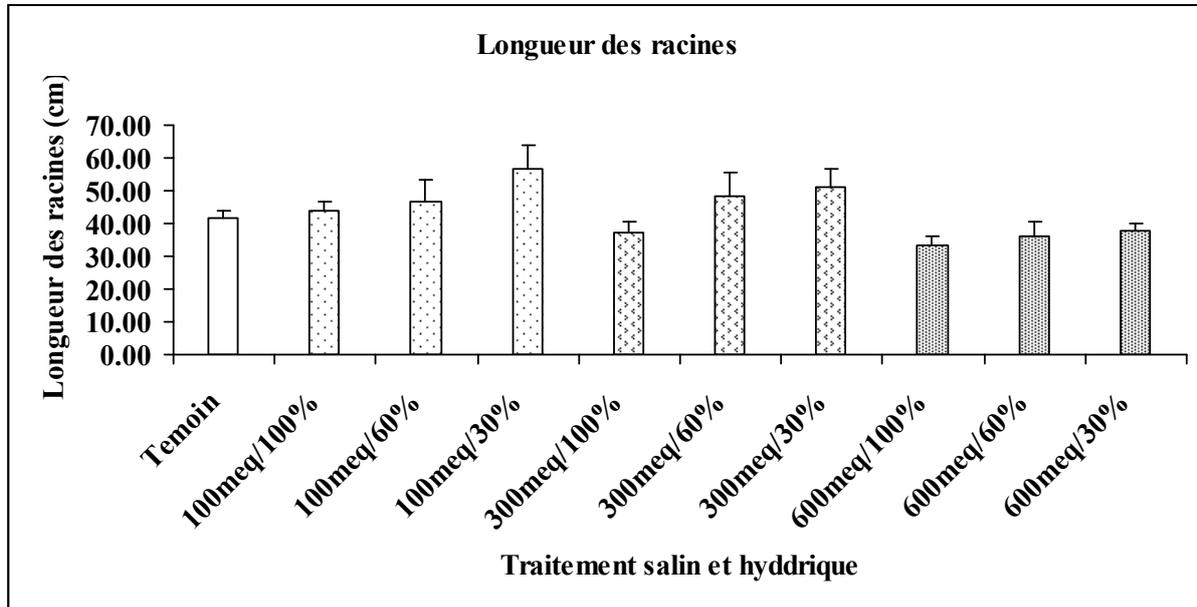
**II.6.2 : La recherche des nodosités au niveau racinaire :**

Les racines sont soigneusement observées sous loupe binoculaire pour déterminer s'il y a eu symbiose entre les racines et les microorganismes éventuels du substrat.

**II.7 : Etude statistique :** Les tests statistiques de signification concernant toutes l'expérimentation sont réalisés à l'aide de la variance ( $P = 5\%$ ) utilisant le logiciel **SPSS**.

## - Résultats :

## I.1 : Longueur racinaire



**Fig. E.** Longueur racinaire des plantes d'*Atriplex canescens*(Pursh) Nutt. En fonction des différents traitements salin et hydrique.

La figure (E) représentant les longueurs racinaires des plantes d'*Atriplex canescens* Pursh (Nutt) en fonction des différents traitements salin et hydrique indique des différences au niveau des valeurs de ce paramètre. En effet le lot des plantes témoins montre une moyenne de  $41.5 \pm 2.59$  cm alors que les plantes traitées à 100meq de NaCl montrent une augmentation des longueurs des racines en fonction des différents apports d'eau ( $44 \pm 2.78$  ;  $46.88 \pm 6.62$  et  $56.88 \pm 6.83$ cm) respectivement pour 100% ; 60% et 30% de la capacité au champ. Les plantes qui reçoivent 300 meq de NaCl présentent les valeurs suivantes ( $37.13 \pm 3.27$  ;  $48.25 \pm 7.55$  et  $51 \pm 5.73$ cm) avec les quantités d'eau saline respectives (100%. 60% et 30%) de la capacité au champ. Les longueurs les plus faibles dans l'ensemble sont observées sous les régimes salins à 600meq de NaCl ( $33.50 \pm 2.78$  ;  $36 \pm 4.38$  ;  $37.88 \pm 1.96$ cm) sous les arrosages suivants : 100% ; 60% et 30 % de la capacité.

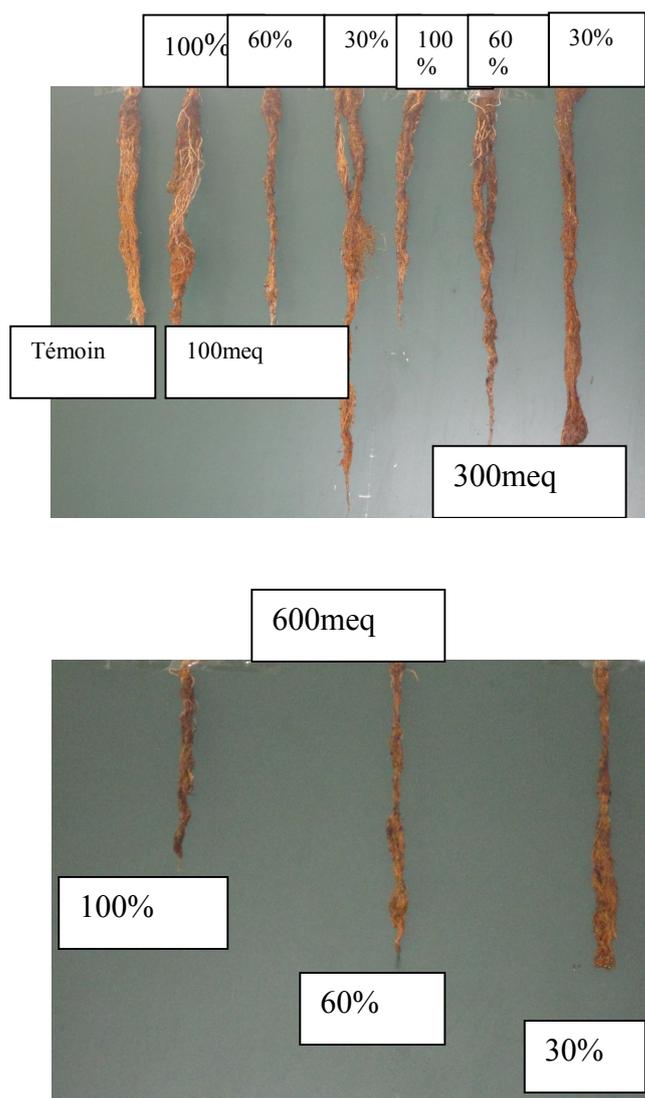
Donc pour tous les régimes salins les longueurs racinaires augmentent avec la diminution des apports d'eau.

L'Etude statistique (Tab N°04) met en évidence une probabilité hautement significative ( $P \leq 0.000$ ). Donc l'édification des racines a lieu sous l'influence directe du régime salin et hydrique.

**Tab N°04** : des analyses statistique relatives à la longueur racinaire et volume racinaire ainsi qu'au développement des nodosités sur le système racinaire d'*Atriplex canescens* (pursh) Nutt.

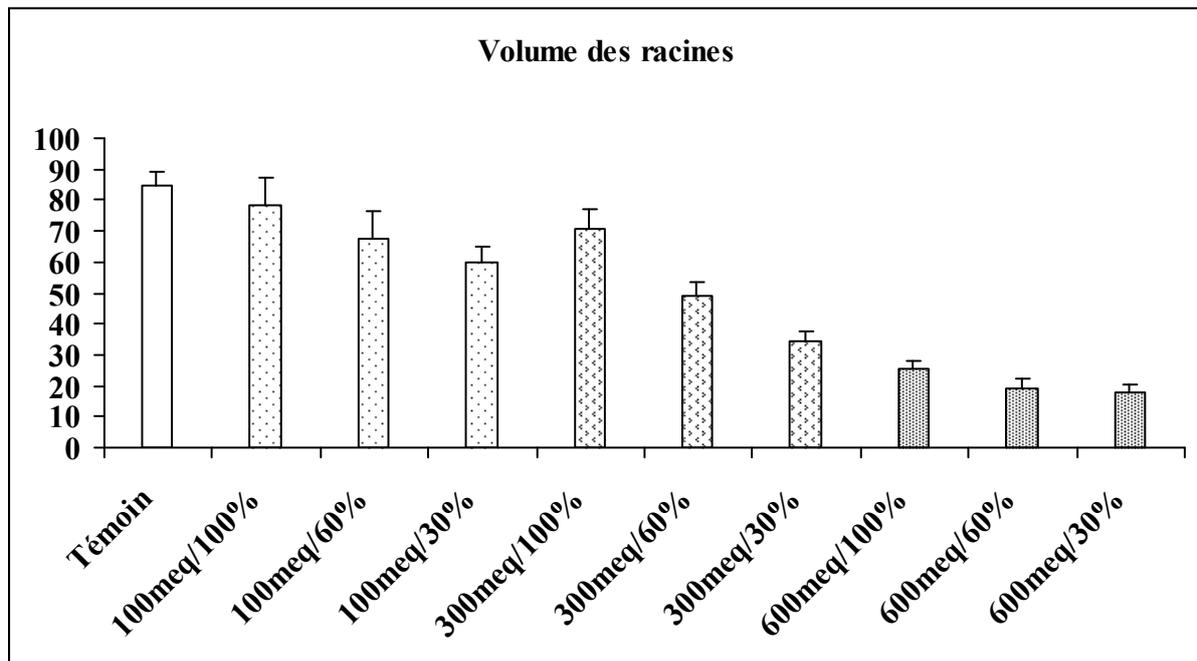
Paramètre	Probabilité	Moyennes et écarts types									
		Témoin	100meq/100%	100meq/60%	100meq/30%	300meq/100%	300meq/60%	300meq /30%	600meq/100%	600meq/60%	600meq/30%
Longueur racines	0.000	41.50±2.59	44±2.78	46.88±6.62	56.88±6.83	37.13±3.27	48.25±7.55	51±5.73	33.50±2.78	36±4.38	37.88±1.96
Volumes racines	0.000	85±4.47	78.25±9.10	67.5±9.15	59.75±5.39	70.88±6.24	49.13±4.12	34.38±3.25	25.38±2.77	19±3.21	17.75±2.71
Nombre de nodosités	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20±3

Durant le traitement combiné salin NaCl –hydrique.



**Photo N°2** : représentant les longueurs des racines des différents lots sous stress salin et hydrique.

## I.2 : Volume racinaire



**Fig. F :** Volume racinaire des plantes d'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. En fonction des différents traitements salin et hydrique.

La figure(F) relative au volume racinaire des plantes d'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. En fonction des différents traitements salin et hydrique indique des changements sous les différents traitements imposés aux plantes. Il faut signaler que les valeurs les basses sont exprimées par les traitements à 600 meq ( $25.38 \pm 2.77$  ;  $19 \pm 3.21$  et  $17.75 \pm 2.71$  cm<sup>3</sup>) sous les apports d'eau à 100% ; 60% et 30% de la capacité au champ. Dans l'ensemble les volumes des racines diminuent en fonction de l'intensification des stress (Salin et hydriques). Nous observons le volume le plus important chez les plantes témoins ( $78.25$ cm<sup>3</sup>) et le plus faible chez les plantes arrosées avec 30% de la capacité au champ à la concentration de 600meq/l. Sous le traitement à 100meq de NaCl la valeur la plus basse est affichée sous l'apport en eau à 30% de la capacité au champ ( $59.75 \pm 5.39$  cm<sup>3</sup>) alors que sous le traitement à 300 meq la valeur la plus réduite exprimée est de ( $34.38 \pm 4.12$  cm<sup>3</sup>) sous le traitement à 30%. L'analyse statistique démontre une probabilité hautement significative avec  $P \leq 0.000$ .

### I.3 : Formation des nodosités au niveau des racines

D'après les observations faites à l'œil nu et sous loupe binoculaire nous avons déterminé la formation de nodosités sur le système racinaire à 600meq /30% de la capacité au champ (20 nodosités en moyenne) sont repérées. Ces observations sont illustrées par les photos N° (2 à 6). Par contre sous l'effet des autres traitements aucune formation de nodosité n'est relevée.

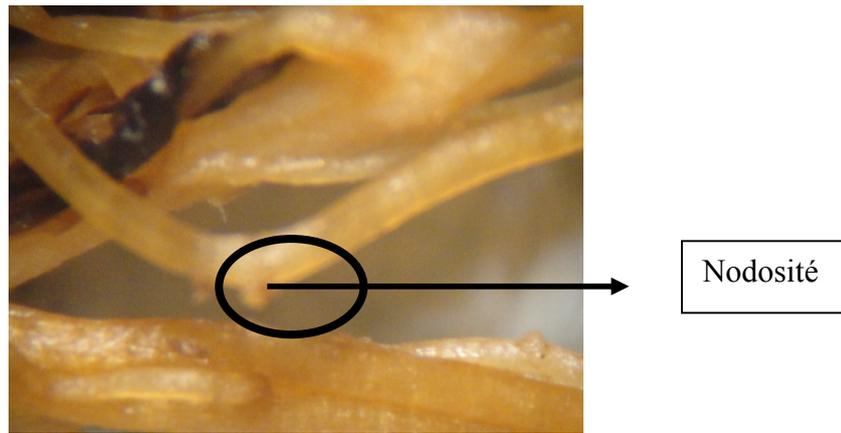


Photo N°3

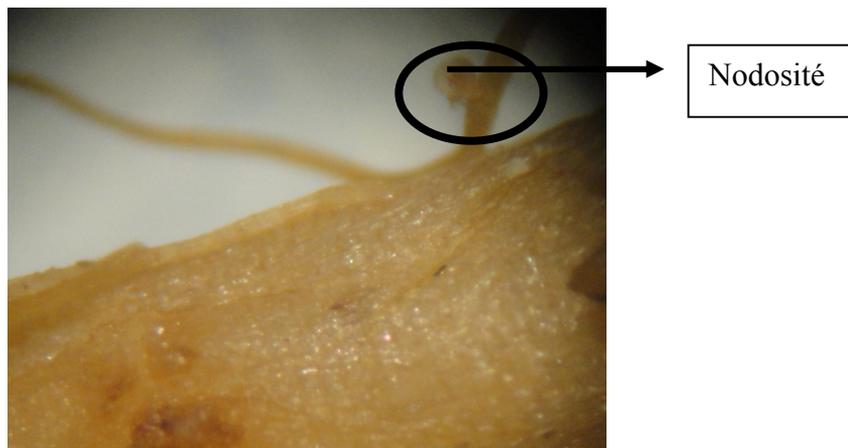


Photo N°4

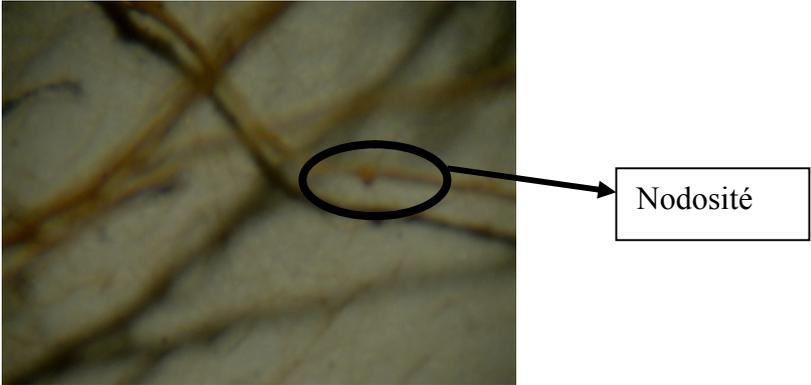


Photo N°5

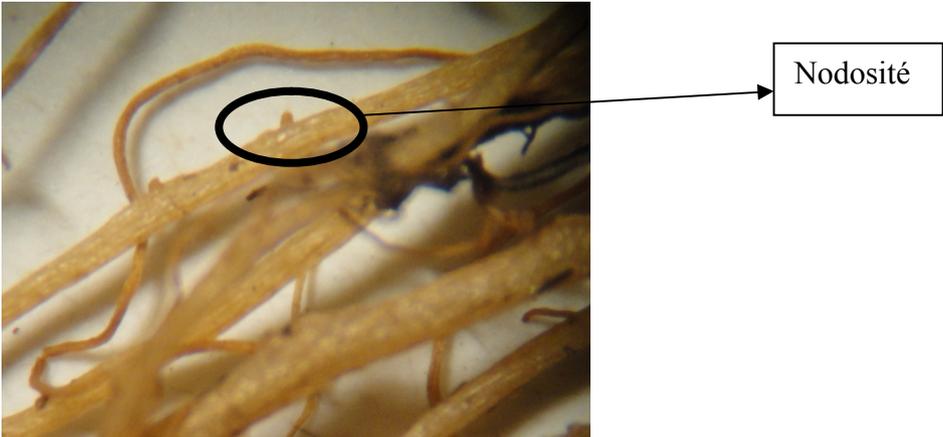


Photo N° 6

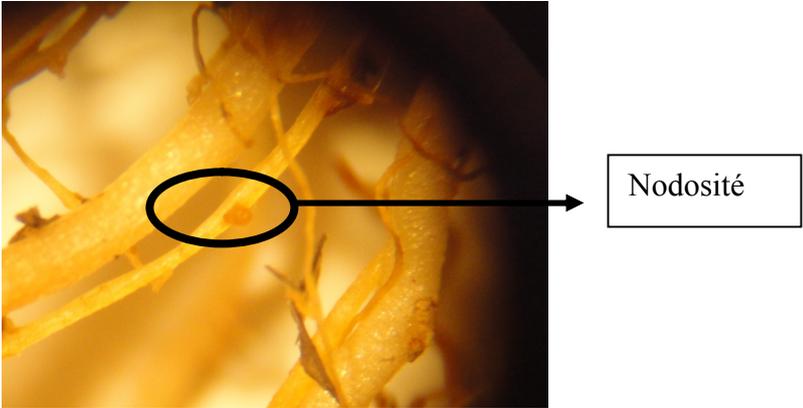
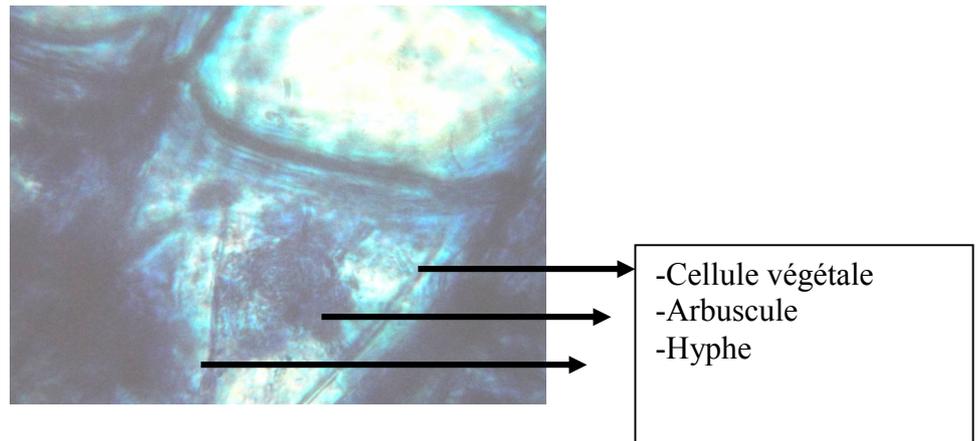
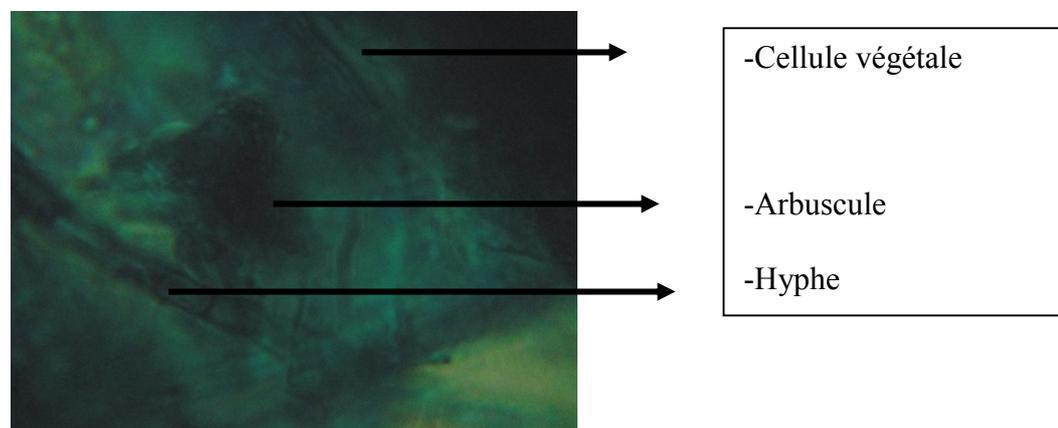


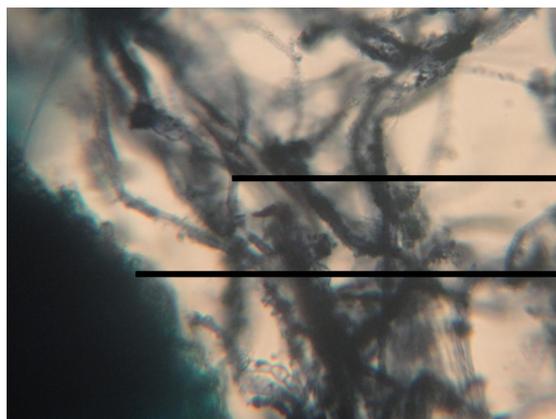
Photo N°7



**Photo N° 8** : représentant une phase pré-symbiotique de reconnaissance et phase d'infection. Les *strigolactones* normalement exsudés par l'hôte sont reconnus par le champignon et induisent un branchement des hyphes. Le champignon produit des facteurs diffusibles perçus par l'hôte. Le champignon pénètre grâce à la formation d'hyphopodia, aidés par les structures de pré-pénétration du végétal. L'hyphe rejoint les cellules du cortex au sein desquelles il forme des arbuscules.

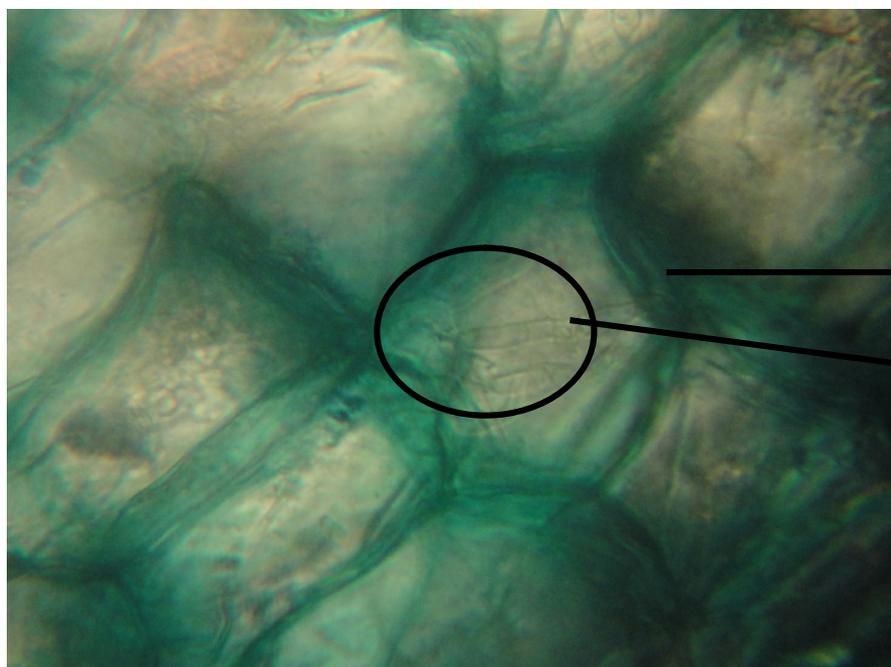


**Photo N° 9** : représentant la même situation que la précédente



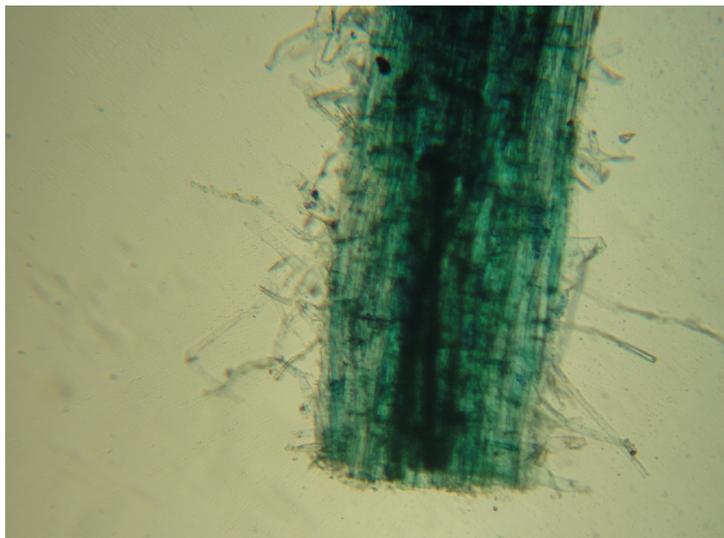
Des hyphes à la surface des cellules végétales des racines d'*Atriplex canescens*

Photo N° 10.



-Cellule végétale  
-Hyphes

Photo N° 11 : Des cellules végétales racinaires d'*Atriplex canescens* infectées.



**Photo N°12 :** Représentant des poils absorbants d'une racine d'*Atriplex canescens* dont une partie subit des déformations.

## II : Discussion

Nos résultats montrent que la longueur racinaire subit des modifications suivant l'intensification des stress salin et hydrique Selon OSMOND et *al.*, (1980). D'après le Houérou 1980a ; Shankarnarayan *et al.* 1989) la plupart des ligneux des régions semi-arides possèdent une ou quelques racines profondes elle est exceptionnellement profonde pour pouvoir atteindre les nappes phréatiques. Des exemples bien connus sont *Prosopis* spp. Et *Atriplex* spp. En Californie, les racines des arbustes chaparral peuvent s'enfoncer dans les fissures des fonds rocheux et atteindre des profondeurs de plus de 10m (Schlesinger et Gill 1980).

Avec la densification du peuplement de ligneux, les racines ont tendance à s'enfoncer plus profondément pour aller chercher l'eau dont la plante a besoin. C'est ce qui a été observé dans les pommeraies des climats tempérés (Atkinson 1980), dans les plantations d'*Eucalyptus* de l'Australie subhumide (Eastham et Rose 1990). Des études effectuées en Australie indiquent que la longueur totale des racines augmente.

Le volume racinaire est sévèrement affecté par la salinité et par le stress hydrique ceci est en accord avec les observations de Hamrouni et *al.*(2011) qui a indiqué que la plante s'adapte au stress salin en réduisant en premier lieu son système racinaire préservant ainsi la partie aérienne afin de maintenir et d'assurer la production des photosynthétats. Cette diminution observée chez les plantes est expliquée par le fait que NaCl agit en augmentant la pression osmotique du milieu, ce qui empêche l'absorption en eau par le système racinaire (Marshner, 1995, Navarro et *al.* 2002) et entraîne par conséquent, une réduction de la croissance. Sur le plan cellulaire, il y a même une diminution de la fabrication de la matière sèche est due à une baisse du nombre de divisions cellulaires (Benamar, 2009).

Nos résultats mettent en lumière une mycorhisation au niveau racinaire donc cette espèce est capable de profiter d'une symbiose avec des champignons.

D'après Harrison 2005 les plantes façonnent leur environnement microbien et peuvent interagir avec divers micro-organismes bénéfiques. Ces interactions peuvent améliorer la croissance des plantes et aident la plante à résister à des conditions de stress biotiques et abiotiques. 80% de toutes les espèces de plantes terrestres forment des relations symbiotiques avec les mycorhizes

D'après Morot –Gaudry(2013) pour optimiser leur nutrition en eau et en sels minéraux, la plupart des plantes s'associent avec des champignons qui leur assurent une prospection efficace du sol. En échange les plantes fournissent à leurs partenaires de l'énergie et des composés organiques issus de la photosynthèse, glucides notamment. L'association symbiotique entre des champignons et le système racinaire (mycorhizes) améliorent grandement le prélèvement du phosphore et de l'azote.

Les structures générées par l'association mycorhizienne peuvent être classées sur la base de critères anatomiques, morphologiques et physiologiques. Les endomycorhizes à arbuscules et les ectomycorhizes sont les associations mycorhiziennes les plus répandues chez les plantes .Le préfixe endo fait référence au fait que les hyphes ( "poils mycorhizes") franchissent les parois et "repoussent" la membrane plasmique .Le préfixe ecto traduit le fait que les hyphes mycéliennes progressent strictement entre les cellules du cortex racinaire , au niveau de la lamelle moyenne , sans jamais sortir de l'apoplasme. Les mycorhizes sont connus depuis des lustres pour améliorer grandement la fouille du sol pour l'eau et éléments minéraux Morot –Gaudry(2013).

La recherche indique que plusieurs champignon peuvent conférer à des plantes hôtes une tolérance à divers stress biotiques et abiotiques, occasionnés entre autre par la sécheresse, la chaleur , les herbivores et les attaque de pathogène ( Rodriguez et al .2008).Fait intéressant, il semble que la tolérance au stress de la plante hôte n'est pas une caractéristique générale de l'interaction avec les champignon , mais une caractéristique du milieu spécifique de l'interaction .Par *Curvularia protuberate* , un champignon qui confère une tolérance à la chaleur à la plante hôte. Toutefois, ni le champignon ni la plante ne peuvent survivre seuls à des températures supérieures à 38C (Redman et al .2002) .En outre, seulement des souches du champignon *.Protuberata* isolés des plantes géothermiques peuvent conférer aux plantes la tolérance à la chaleur (Rodriguez et al.2008).

Une comparaison des différents champignons endophytes dévoile une autre couche de la spécificité : *C. Fusarium culmorum* ne confère que la tolérance au sel et *Colletotrichum magna* que la tolérance aux maladies (Rodriguez et al .2008).La manière dont ces différentes tolérances se manifestent dans un contexte évolutif n'est pas clairement définie, mais il est probable que ces caractéristiques spécifiques contribuent à la certaines plantes à se développer et à survivre dans des habitats extrêmes.

Des associations bénéfiques avec des champignons peuvent stimuler la croissance des plantes et / ou conférer aux plantes une meilleure résistance aux stress biotiques et abiotiques

(Lugtenberg et Kamilova 2009). Les champignons mutualistes contribuent de manière significative à, ou sont tenus responsables de, l'adaptation des plantes face à des conditions de stress environnementaux, y compris la sécheresse, la chaleur, des pathogènes et même des conditions limitantes en nutriments (Stone et *al.*, 2000). Par ailleurs, certaines plantes sont encore dans l'incapacité de résister à des conditions de stress en l'absence de leurs champignons associés (Redman et *al.*, 2002).

Une meilleure croissance des plantes mycorhizes a été observée dans des conditions de sécheresse, de salinité (Garg et Chandel 2010 ; Talaat et Shawky, 2014) et sur des milieux pollués par les éléments traces métalliques, les radioéléments, les fongicides et les polluants organiques persistants suggérant un effet protecteur de la mycorhization contre les stress abiotiques (Javaid, 2011).

## **Conclusion**

Le but général de ce travail est de fournir des clés pour aider à connaître le comportement de l'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Soumises aux conditions environnementales. Les paramètres étudiés concernent l'aspect morphologique des racines (longueur et volume) ces paramètres développés avec appliques le stress salin et hydrique. Il est clairement observé qu'il y a une mycorhisation au niveau racinaire, il s'agit de confirmer dans des travaux futurs s'il s'agit d'une endomycorhisation ou ectomycorhisation. Il est aussi primordial de pouvoir déterminer l'espèce ou les espèces qui réussissent une symbiose avec cette plante fourragère. La fixation de l'azote atmosphérique résultant de la symbiose Champignon *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Peut constituer une source d'azote durable et peut compléter ou remplacer les intrants azotés. L'implantation de cette espèce est importante que ce soit comme source de protéine de bonne qualité ou pour l'amélioration de la fertilité du sol.

- Abbad A., Cherkaoui M., Wahid N., El Hadrami A., ET Benchaabane A (2004 b).** Variabilités phénotypique et génétique de trois populations naturelles d'*atriplex halimus* (l).comptes rendus biologies .vol 327 .issue4 :371-380.
- Achour A., (2005).** L'effet du traitement salin sur l'évolution des ions na<sup>+</sup> et k<sup>+</sup> chez *l'atriplex halimus l.* thèse de magister, univ. d'oran es-senia.
- Adel J., ET Bader J., (2002).** Studies of some traits related to salinity tolerance in bread wheat (*triticum aestivum l.*). proceeding of the international symposium on optimum resources utilization in salt-affected ecosystems in arid and semi-arid regions, cairo, egypt, p102.
- Alazzeah A ., Abu – Zanat .,( 2004 ).** Impact of feeding saltbush (*atriplex halimus l.*) on some mineral concentration in the blood serum of lactating awassi ewes- small ruminant research 54:81-88 .
- Arbaoui M., Benkhelifa M., Et Belkhodja M., (1999 b).** La réponse métabolique de la tomate industrielle (*lycopersicum esculuntum mill*). au choc salin, cultivée dans un sol sableux mélangé a la bentonite. université de senia, oran, algérie. séminaire 02, ouargla 08-10 novembre 1999 agronomie et hydraulique en zone aride et semi aride.
- Austin., (1989).** Breeding Strategies for Drought Resistance in Cereals F.W.G Bakered Cab International P 107- 116.
- Bajji M., Kinet J., M ET Lutts S., (2002).** Osmotic and ionic effects of nacl on germination, early seedling growth, and ion content of *atriplex halimus (chenopodiaceae)* can.j. bot. vol. 80, n°3, pp 297-304.
- Barrow J.R. Et Osunda P. (2002).**Phosphorus Solubilization And Uptake By Dark Septate Fungi In Four wing Saltbush *Atriplex Canescens* (Pursh) Nutt. Journal Of Arid Environments.51 :449-459 .
- Barrow J R., Osunda P., ET Reyes-Vera I., (2004).** Fungal entophytes intrinsically associated with micro propagated plants regenerated from native *bouteloua eriopoda* (torr) and *atriplex canescens* (pursh) nutt. in vitro cell. dev.biol-plant.4:608-612.
- Belkhodja M., Et Bidai, Y., (2004).** La réponse des graines d'*atriplex halimus l.* a la salinité au stade de germination. sciences et changements plantaires/sécheresse. vol.15, n°4, pp 331-335.

**-Ben Ahmed H., Zid E., Elgozzoh M., Etgrigon C., (1996).** Croissance et accumulation ionique chez *Atriplex halimus* (cahiers agricultures) : [http://www.auperf](http://www.auperf.org/ref.arg.5.96.canumero.htm)

[org /ref .arg .5.96.canumero .htm](http://www.auperf.org/ref.arg.5.96.canumero.htm)

**- Benata H., Berrichi A B., Reda Tazi M., Abdelmoumen H., Et Misbah El Idrissi M., (2006).** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et le développement de trois espèces légumineuses : *acacia tortilis* var. *raddiana*, *leucaena leucocephala* et *prosopis juliflora*. le premier congrès national sur l'amélioration de production agricole settat 16 - 17 mars 2006. recueil des résumés, p 25.

**-Benmahioul B. ,Daguin F., Kaid-Harche M.( 2009).** Effets du stress salin sur la germination et la croissance in vitro de la pistache (*pistacia vera* l.) c.r.biol .332, 752-758.

**- Ben Naceur M., Ben Salem M., Rouissi M., El Berji Z., Et Rahmoune C., (2002).** Influence du manque d'eau sur le comportement ecophysiole de quatre variétés de blé dur. *Annales de l'Inrgef*. vol. 5, pp. 133-152.

**-Benrebiha F Z., (1987).** Contribution à l'étude de la germination de quelques espèces d'*Atriplex* locale et introduites. Mémoire de Magister en Science Agronomiques, Institut N

**- Bouda S., Baaziz M., Et Haddioui A., (2006).** Effect Of Salinity On Germination Of Genus *Atriplex*. Recueil Des Résumés. Le Premier Congrès National Sur L'amélioration De Production Agricole. Faculté Des Sciences Et Techniques, Settat, Maroc, P. 151.

**- Boulghalagh J., Berrichi A., El Halouani H., Et Boukroute A., (2006).** Effet des stress salin et hydrique sur la germination des graines du jojoba (*simmondsia chinensis* [link] schneider). recueil des résumés. le premier congrès national sur l'amélioration de production agricole, settat, maroc, p 24.

**-Bouzouba A Z., El mourid M., (1999).** Etude comparative de quelques.

**-Brandle JR., (1987).** Windbreaks And Crop Production. Saf National Convention, October 18-21, Minneapolis (Usa). Maroc, P 24.

**-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.

**-Chahrour F., (2002).** Les échanges gazeux photosynthétiques et respiratoires des chloroplastes foliaires de *l'atriplex halimus* l. stressée à la salinité. *thèse magister en physiologie végétale*. univ. oran es-senia.100p.

- Chretien D., (1992).** La resistance au sel chez le jojoba (*simmondsia chinensis* Ls):croissance et modifications du contenu lipoproteique de calcs cultives en presence d'une teneur eleve en nacl. *these doct.* univ. paris vi, p144.
- Debez A., Chaibi W. Et Bouzid S., (2001).** effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'*atriplex halimus* l. agriculture. vol. 10, n°2, pp. 8-135.
- Dirik H., (2000).** Effet du stress hydrique osmotique sur la germination des grain chez les provances de cédre du liban (*cedrus libani* a rich) d'origine turque .ann, for, sci 57, pp 361-367.Distribution in the Norheat Algeria. Proc of Second International Scientific Conference.Science, Developpement And Environnent, Cairo, Egypt., Pp 333-344.
- Domergue Et Girgis (1991).** Effet De La Sécheresse Et De La Salinité Sur Les Plantes ,184.P In Physiologie Des Arabes Et Arbustes En Zone Arides Et Semi –Arides ,473p. Edition John Libbey Eurotext, Paris
- Dubos C., (2001).** Réponses moléculaires dejeunes plants de pin maritime soumis a un stress hydrique en milieu hydroponique. thèse doctorat 225p.
- Duchaufour Ph , (1995).**Pédologie : sol, végétation environnement masson .paris, milan ,barcelone.
- Dutuit P., Pourrat Y., Dodeman V L., (1991).**Stratégie d'implantation d'un système d'espèces adaptées .aux conditions d'aridités du pourtour méditerranéen .l'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. ed .aupelfuref .john libbey eurotext .paris, pp 6 .573.
- El Hendawy S. E. S., (2004).** Salinity tolerance in egyptian spring wheat: thèse de doctorat d'état. université münchen, almagne, pp 1-13.
- El Mzouri E.,Chiriyaa A.,El Mourid .,Laamari A .(2000).**Improving Feed Resource And Quality In The Dryland Areas Of Morocco By Introducing The Strip-Alley Cropping System .In:Gintzburger G.,M.Bounejmate And A.Nefzaoui(Eds.) .Fodder Shrub Development In Arid And Semi-Arid Zones .Proceedings Of The Workshop On Native And Exotic Fodder Shrubs InAridAndSemi-AridZones,27october November1996,Hammamet,Tunisia.Icarda,Aleppo(Syria).128.
- 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.

- Faurie C., F Erra C., Medori P., Devaux J. & Hemptinne J. L .,( 2006).** Ecologie approche scientifique et pratique 5<sup>e</sup> ed. tec & doc.407 p.
- Feliachi K., Amerone R., Khaldone (2001).** Impact du la sécheresse sur la production des céréales cultivées dans le nord d'algerie : céréaliculture n 35 ed itgs algérie.
- Flowers T J., Troke P F., And Teo A.R., (1977).** The mechanism of salt tolerance in halophytes. ann. rev. plant physoil, 28 p 89.
- Foucher F et Kondorosi E.,(2000).**Cell cycle regulation in the course of nodule organogenesis in medicago.plant mol biol.43:773-786.
- Franclet A.Et Le –Houérou H.N., (1971).** Les Atriplex en Tunisie et en Afrique du nord .doct .f.a.o.rome 1971.p249 et p189.
- Garg N., Chandel S.,( 2010).** Arbuscular Mycorrhizal Networks: Process And Functions. A Review. Agron.Sustain Dev(30):581-599.
- Girardin P., (1999).** Ecophysiologie Du Mais, Agpm, 323p.
- Greenway H., ET Munns R., (1980).** Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. annual review of plant physiology. vol. 3, pp 149-190.
- Gupta B. ET Hun B.(2014)** .Mechanism of Salinity Tolerance in Plants Physiological, Biochemical, And Molecular Characterization .International Journal of Genomics. Volume 2014(2014), Article Id 701596, 18pages
- Hamrouni L., Hanana M., Abdely C. et Ghorbel A., 2011.**Exclusion du chlorure et inclusion du sodium : deux mécanismes concomitants de tolérance à la salinité chez la vigne sauvage vitis vinifera subsp.sylvestris (var.'sejnène') biotechnol. agronom. soc. environ, 15 (3), 387-400.
- Hamza M., (1980).** Reponses des végétaux a la salinité. physio. vég. , 18, p 69-81.  
heller r, esnault r, lance c ,1993-physiologie végétale ,1.nutrition, paris,
- Haouala F., Ferjani H., Et Ben El Hadj S., (2007).** Effet de la salinité sur la répartition descations (na<sup>+</sup>, k<sup>+</sup> et ca<sup>2+</sup>) et du chlore (cl<sup>-</sup>) dans les parties aériennes et les racines du ray-grassanglais et du chiendent. biotechnol. agron. soc. environ. vol. 11, n°3, pp 235-244.
- Harrison, MJ. 2005.** Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis.annu. rev. microbial. 59, 19-42.
- Hanin S., (1976).** Définition de la sécheresse, politique d'utilisation de l'eau faurage 67, p 13.

- Hoagland. D. R; Avnon D.I; 1938.** The water- culture method for growing plants without soil calif. agric. exp. sta. cir. vol. 347: 1-39.
- Hopokins W G., (2003).** Physiologie végétale tradition de la 2 edition americane par -serge rambour, r.e.d pp 454.
- Hsiao TC. (1973).** Plant reponses to water stress. ann rev plant physoil; 24, 519 p .
- Jabnour M., (2008).** Adaptation des plantes a l'environnement: stress salin. présentation power point.
- Javaida., 2011.** Importance of arbuscularmycorrhizalfungi in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. biomanagement of metal-contaminated soils 125-141.
- Katembe WJ, Ungar IA, Mitchell J P, (1998).** Effect of salinity on germination and seedling growth of two atriplex species chenopodiaceae.ann bot; 82/165.
- Kinet, Jm., Benrebiha Fz., Bouzid S., Lailhacar S., Et Dutuit P., (1998).** Réseau *atriplex*. allier biotechnologie et ecologie pour une sécurité alimentaire accrue en régions arides et semi-aride. cahier agricultures, vol. 7, n°6, pp 505-509.
- Kitchen S.G., McArthur E.D., (2001).** Native or not: subjective labels and their kozlowski s., (1997). response of woody plants to flooding and salinity. tree physiology monograph, n°1, pp 1-29.
- Lamzeri H., (2007).** Reponses ecophysiologiques de trois espèces forestières du genre acacia, eucalyptus et schinus (*a. cyanophylla*, *e. gomphocephala* et *s. mölle*) soumises a un stress salin. thèse de magistère en ecologie et environnement .option : ecologie végétale. université mentouri constantine. 141p.
- Lamzeri, T., Tousch, D ; Sarda, X ; Grignon, C ; Depigny –This ; Monneveux, P. Et Belhassen, E. E., (1994).** Resistance des plantes a la sécheresse : mécanismes physiologiques .le sélectionneur français. Vol 45, pp75-85.
- Larafa M., (2004).** Dynamique de la végétation halophile en milieu aride et semi-aride au niveau des chotts (melghir, merouane et bendjelloul) et oued djeddi en fonction des condition du milieu .thèse .doct . sci. nat. opt. biol. vég. univ. annaba.149 p + annexes. ational agronomique, el-harrach, alger: 5-20.
- Larcher W., (1995).** Plant under stress .in physiologie plant ecology .third edition .springer: 321-448.
- Application In Wild land Plantings .Native Plant Jornal.Vol 2.N° 1:21-23**
- Leclerc J C., (1999).** Ecophysiologie Végétale.

- Le Houérou HN. (1966).** Salt tolerant plants of economic value in mediterranean basin. amsterdam: elsevier p 319-341.
- Le Houérou H N.,(1992).**The role of salt bushes (*atriplex spp*) in arid land rehabilitation in the mediterranean basin: a review .agro forestry systems, 18:107-148.
- Levigneron A., Lopez F, Vansuyt G., Berthomieu P., et Casse-Delbart F., (1995).**Les plantes face au stress salin *cahiers agriculture*, 4, p263-273.
- Lire plus: <http://www.aquaportail.com/definition-5469-nodosite.html#ixzz3XSP1X3Yx>
- Lugtenberg B, And Kamilova F. 2009.** Plant-growth-promoting rhizobacteria. annu. rev. microbiol. 63, 541-556.
- Maalem, S. (2002).** Etude Ecophysiologique De Trois Espèces Halophytes Du Genre *Atriplex* (*A. Canescens*, *A. Halimus* Et *A. Nummularia*) Soumises A L'enrichissement Phosphaté. **Thèse De Magistère En Physiologie Végétale Et Applications Biotechnologiques.** Université Baji Mokhtar, Annaba, Algérie, 76p.
- Maillard J., (2001).** Le point sur l'irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. risques et recommandations. handicap international. novembre, (2001). 34 p.
- Marschner, H., 1995.** Saline soils, mineral nutrition of higher plants, 2nd ed. academic press, san diego, ca.
- May L H., Milthrope F L., (1962).** Drought resistance of corps plants fields corp abstr, 15:171 p.
- Mermoud, A. (2006).** Cours de physique du sol : maîtrise de la salinité des sols. ecole
- Messedi D ., Abdelly C., 2004 .** Physiologie de la tolérance au sel d'un halophyte de recouvrement : *batis maritima*. revue des régions arides, tome 1, n ° spécial : 192- 199.
- Mulas M., Mulas G., (2004).**Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *atriplex* et *opuntia* dans la lutte contre la désertification. short and medium-term priority environmental action programme (smap) .université des etudes de sassari groupe de sassari groupe de recherche sur la désertification .112p .
- Munns M., (2002).** Comparative physiology of salt and water stress. plant cell environ, 25: 230 p.
- Navarro, J.M., Garrido, C., Carvajal, M., Martinez, V., 2002.** Yield and fruit quality of pepper plants under sulphate and chloride salinity. j. hort. sci. biotech. 77, 52–57.

- Ndour P., Et Danthu P., (2000).** Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de quelques acacias africain. projet national de semences forestières du sénégal. 11 p.
- Oldroyd GE, Murray JD, Poole PS, Downie JA, (2011).** The rules of engagement in the legume-rhizobial symbiosis. *Ann. Rev. Genet.* 45: 119.
- Ouerghi Z., Zid E., Hajji M., Et Soltani A., (1998).** Comportement physiologique du blé dur (*triticum durum* l.) en milieu sale. ciheam - options méditerranéennes, pp. 309- 313.
- Paramètres Physiologiques De L'arganies Régimes Hydriques.** First International Cofinancer on Biodiversity and Resource Preservation, Book Of Abstract, Ifrane, 13- 14 May.-
- Plantes Aux Stress. Cas Des Stress Salin +Et Hydriques P 91.
- Perret X., Staehelin C., Broughton WJ., (2000).** Molecular basis of symbiotic promiscuity. *microbiol.mbiol. rev.* 64: 180.
- Physiologie végétale 1.Nutrition 6<sup>e</sup> édition de l'abrégé René Heller ; Robert Esnault ; Claude Lance p49-50-51 ; 2000.** Plantes aux stress. cas des stress salin et hydriques p. 91.
- Rahmoune C., Maalem S., Kadri K., Et Ben Naceur M., (2008).** Etude de l'utilisation des eaux fortement salées pour l'irrigation des plantes du genre *Atriplex* en zones semi arides. revue des régions arides. vol. 2, no21, pp. 924-929.
- Rahmoune C., Semadi A., Auad H., EtTahar A., (1997).** Air quality and lichenic.
- Rasanen L.,(2002).**Biotic and abiotic factors influencing the development of n<sub>2</sub>-fixing symbioses between rhizobia and the woody legumes acacia and prosopis thèse de doctorat de l'université de hlsinki. finlan.
- Redman RS, Sheehan KB, Stout RG, Rodriguez RJ, Henson JM. 2002.** Thermotolerance conferred to plant host and fungal endophyte during mutualistic symbiosis. *science* 298, 1581.
- René Heller ; Robert Esnault, Claude Lance. , (2000).** Physiologie végétale 1.nutrition 6<sup>e</sup> édition de l'abrège p49-50-51.
- Rodriguez RJ, Henson J, Van Volkenburgh E, Hoy M, Wright L, Beckwith F, Kim YO, Redman RS. 2008.**Stress tolerance in plants via habitat-adapted symbiosis. *isme j.* 2, 404-416.
- R.W.F. Hardy, E.Jr. Knight. 1968.** *The biochenistry and postulatedmechanisms of n<sub>2</sub> fixation.* in "progress in phytochemistry" (l. reinhold, ed.), 387-469. cité dans "mycorrhizes et fixation d'azote" [[archive](#)] du 25 avril 1978 ; y. dommergues, o.r.s.t.o.m.
- Sanderson .C.S.Mc Arthur.E.D.2004.**Fourwing saltbush *atriplex canescens*(pursh) nutt.seed transfert zones .usda forest service rmrs-gtr-125.

- Stewart C R., (1981)**. Proline accumulation biochemical aspects. p 243.
- Stone JK, Bacon CW, White JF. 2000**. An overview of endophytic microbes: endophytism defined. in: bacon cw, white jf, eds. microbial endophytes. new york: marcel dekker, inc, 3–30.
- Tal M., (1984)**. Selection for stress tolerance. in hand book of plant cell culture. techniques for propagation and breeding (d. a. evans, w. r. sharpn p.v. ammirato and yamadou, eds) vol. i. p 461.
- Tremblind., (2000)**. Comportement autoécologique de *halopephis amplexiclis* .plante pinière des sebkha de l'ouest qlg2rienm rev. sécheresse 1152-.pp 109-116.
- Wahbi J., Hamrouni L., (2010)**. Etude de la germination des graines d'acacia tortilus sous defferents contraintes abiotique.
- Whit A., Cannell M.G.R and Friend A.D., (1999)**. Climate change impacts one ecosystems and the terrestrial carbon sink: a new assessment-challenges for the future. global environmental change; 9:p21-30.
- Yeo A., (1983)**.Salinity resistance: physiologies and prices. *physiol. plant*, 58. p 214 -228.
- Yoko at A.Takahara K., ET Akashi K., (2006)**. Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants .spriner .pp 15-39.
- Zid, E. Et Grignon, C. (1986)**. Les tests de sélection précoce pour la resistance des plantes aux stress. cas des stress salin et hydrique. l'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. ed. aupelfuref. john libbey. eurotext, paris, pp. 91-108.

ملخص:

في المناطق الجافة و شبه الجافة، و خاصة في حوض البحر الأبيض المتوسط، تملح التربة عامل لا حيوي رئيسي في قلة المحاصيل الزراعية، زراعة النباتات المقاومة للملوحة هي واحدة من التقنيات الأكثر استعمالا لاستعادة خصوبة التربة في هذه المناطق. العائلة الرمرامية *Chenopodiaceae* تضم نباتات ملحية مهمة مثل الرغل الأمريكي *Atriplex Canescens Pursh (Nutt)*

إن الهدف من دراستنا هو تعريض النباتات لإجهاد ملحي و ذلك بسقيها في مرحلة النمو بمياه معالجة بكلوريد الصوديوم بتركيز مختلفة (100meq, 300meq, 600meq) في أوساط مختلفة مائية (100%, 60%, 30%) دات سعة الحقلية للنبات. مع وضع شاهد في وسط مغدي لدراسة طول و حجم الجذور . و أيضا من خلال دراستنا أثبتنا أن هناك تعايش بين الرغل الأمريكي و الكائنات الدقيقة الموجودة في التربة .

**الكلمات المفتاحية:** الإجهاد الملحي و مائي ، طول و حجم الجذور ، تعايش ، كائنات دقيقة *Atriplex canescens (Pursh) Nutt*, NaCl et nutrition azotée.

Résumé :

Dans les régions arides et semi arides, notamment autour du bassin méditerranéen, la salinisation des sols constitue l'un des facteurs abiotique majeur qui réduit le rendement agricole de plusieurs cultures. L'introduction de plantes tolérantes à la salinité est l'une des techniques les plus utilisées pour la valorisation des sols dans ces régions. Les Chenopodiaceae constituent une famille très importante d'halophytes dont *Atriplex canescens (Pursh) Nutt*.

L'objectif de notre travail est de tester des solutions salines (NaCl), à différentes doses (100meq, 300meq et 600meq) avec un régime hydrique de 30%, 60% et 100% de la capacité au champ et à la capacité au champ sur les plantes. En plus d'un lot témoin qui reçoit de l'eau enrichie en solution nutritive. Les paramètres étudiés concernent l'aspect morphologique des racines (longueur et volume), ainsi que la formation des nodosités sur le système racinaire (symbioses racines microorganismes).

**Les mots clé :** stress salin, stress hydrique, NaCl, *Atriplex canescens (Pursh) Nutt*, longueur et volume racinaire et symbiose et microorganismes nutrition azotée.