

**UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA**

**Faculté des sciences Agro-Vétérinaires**

Département des Sciences Agronomiques

## MEMOIRE DE MAGISTER

Spécialité : Amélioration des productions végétales

EFFET DE LA SALINITE SUR LA GERMINATION ET LA CROISSANCE DE  
L'*Atriplex halimus* DE DIFFERENTES PROVENANCES (Djelfa, Tébessa et Oran).

Par

**Mourad OUNOUGH**

Devant le jury composé de :

M. Benmoussa	Maître de conférences, U. de Blida	Président
F. Z. Benrebiha	Maître de conférences, U. de Blida	Promoteur
C. Chaouia	Chargé de cours, U. de Blida	Co-promoteur
F. Saidi	Maître de conférences, U. de Blida	Examineur
M. S. Abdul-Hussain	Maître de conférences, U. de Blida	Examineur

Blida, février 2006

## REMERCIEMENTS

Je remercie Dieu tout puissant de m'avoir donné la force et la santé afin d'accomplir ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ma gratitude et mes sincères remerciements à mon promoteur Mme BENREBIHA F. Z., ainsi qu'à mon co-promoteur Melle CHAOUIA C. de bien vouloir m'encadrer, pour avoir suivi attentivement la progression de mon travail et pour leurs conseils et leurs patiences.

Je remercie vivement Mr BENMOUSSA M. qui m'a fait l'honneur de présider le jury.

Mes remerciements vont aussi à Mme SAIDI F. et Mme ABDUL-HUSSAIN M. S. pour avoir accepté d'examiner ce travail.

J'exprime ma reconnaissance au technicien du laboratoire de physiologie végétale Mme GHANIA, ainsi qu'aux personnels de la serre de physiologie végétale pour leurs extrêmes gentillesse et soutiens.

Je remercie aussi le personnel de la bibliothèque NACERA, WAHIBA, MALIK.

Je remercie également le personnel d'administration et de P.G.R.S. pour leurs prestations.

Je voudrai par ailleurs témoigner toute ma sympathie à Melle MERDJAOUI F. pour avoir bien voulu taper le présent mémoire.

Qu'il me soit permis également de remercier mes amis BRAHMI S., RAS AIN L., HADJAJ S., OUKARA F. Z., MOUAS A. pour leurs précieuses aides.

Enfin, je tiens à remercier toutes personnes ayant participé de loin ou de prêt à la réalisation de travail.

## **DEDICACES**

Je présente ma profonde gratitude et mes chaleureux et vifs remerciements à mes très chers parents pour leurs encouragements, leur patience et leurs sacrifices, pour leur soutien moral et financier, pour tout ce qu'ils m'ont offert pour être enfin ce que je suis.

Ce modeste mémoire est dédié :

A mes frères et sœurs : ZAHER, HAFID et HOURIA ainsi qu'à toute ma famille OUNOUGHI et NASSOU.

A BRAHMI SAMIA.

A mes amis LOTFI, SOFIANE, FAZO, AMINA, TOUFIK, FOUZIA, HOURIA, AMEL, ZHOR, FELLA, SIHAM.

Je le dédie aussi à ABDELRAHMAN, TARIK, YASSIN, BRAHIM, AMINE, FAYCEL.

Ainsi qu'à toute la promotion 1997/1998.

## RESUME

L'*Atriplex halimus* L., Chénopodiacee halophyte, présente un grand polymorphisme qui mérite d'être exploité dans le cadre de réhabilitation des zones semi-arides et arides et qui permet d'élargir les potentialités de sélection de génotype résistant au stress salin, nous avons utilisé des graines d'*Atriplex halimus* issues de trois provenances Laghouat, Tébessa et Saida soumises au deux sels NaCl et Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> avec sept concentrations allant de 5 à 35 % pour chaque sel.

Au stade germinatif : les graines issus des trois provenances (Laghouat, Tébessa et Saida), ne présente aucune différence au niveau du taux de germination avec une moyenne respective de  $5.90 \pm 3.93$  %,  $6.7 \pm 5.64$  % et  $7.33 \pm 5.09$  %.

Pour les deux sels utilisés (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), il semble que le taux de germination est plus élevé pour les graines soumises au Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> avec une moyenne de 5.65 % contre 4.38 % pour les graines soumises au NaCl.

Pour les concentrations de sel utilisées, le témoin présente un taux de germination le plus élevé avec 17.73 %, pour la concentration 5 % de sel, le taux de germination est important aussi avec 16 %, mais dès que la concentration dépasse 10 % de sel ce taux diminue à 10 %, à 15 % de sel le taux de germination est de 3.2 %, à la concentration 35 % de sel, le taux de germination est nul, donc une inhibition de la germination.

Au deuxième stade, croissance et développement : les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat semblent les plus résistantes au stress salin avec un nombre de paires de feuilles de  $4.32 \pm 0.61$ , une longueur de la tige principale de 7.98 cm, une longueur de la racine principale de 4.45 cm, un poids frais de la partie aérienne de 0.20g, un poids frais de la partie racinaire de  $0.16 \pm 0.02$  mg, et un taux de protéines de  $20 \pm 0.02$  mg/g de matière fraîche.

Pour les deux sels étudiés, les plantules soumises au  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  présentent une croissance plus importante par rapport aux plantules soumises au  $\text{NaCl}$ , avec un nombre de paires de feuilles de 3.87, une longueur de la tige principale de 7.99 cm, une longueur de la racine principale de 4.5 cm, un poids frais de la partie aérienne de 0.15g, un poids frais de la partie racinaire de 0.11 mg, et un taux de protéines de 18.12 mg/g de matière fraîche.

Pour les différentes concentrations de sel utilisées, les témoins des trois provenances Laghouat, Tébessa et Saida et la concentration de 5 % de sel présentent la croissance et le développement les plus importants et même pour la concentration de 5 %, les mesures biometriques montrent qu'elles sont supérieures aux témoins.

Les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat sont celles qui résistent au mieux à la salinité et à la l'augmentation des concentrations de sel, suivie de celles Tébessa et puis celles de Saida.

Les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat présentent à 5 %, un nombre de paires de feuilles de 6, une longueur de la tige principale de 16.06 cm, une longueur de la racine principale de 8.7 cm, un poids frais de la partie aérienne de 0.47 g, un poids frais de la partie racinaire de 0.48 mg, et un taux de protéines de 29 mg/g de matière fraîche, au-delà de 10 % de sel, nous constatons une baisse considérable de la croissance au fur et à mesure que les concentrations augmentent et à 30 et 35 % de sel, nous constatons une inhibition de la croissance, ce sont des concentrations nocives pour l'*Atriplex halimus*.

**Mots clés :** *Atriplex halimus*, Chénopodiacées, stress salin, salinité.

## ABSTRACT

*Atriplex halimus* L, Chenopodiacy halophyte, introduces a great polymorphism which deserves to be exploited within the framework of rehabilitation of the zones semi-arid and arid and which makes it possible to widen the potentialities of selection of genotype resistant to the saline stress, we used seeds of *Atriplex halimus* resulting from three sources Laghouat, Tebessa and Saïda subjected to two salts NaCl and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> with seven concentrations going from 5 to 35 % for each salt

At the germinatif stage: the seeds resulting from the three sources (Laghouat, Tebessa and Saïda), does not present any difference at the level of the rate of germination with a respective average of  $5.90 \pm 3.93$  %,  $6.7 \pm 5.64$  % and  $7.33 \pm 5.09$  %.

For two salts used (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> , it seems that the rate of germination is higher against for seeds subjected to Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> with an average of 5.65% 4.38% for seeds subjected to NaCl.

For the salt concentrations used, the witness shows the highest rate of germination with 17.73%, for the concentration 5% of salt, the rate of germination is significant also with 16%, but dice which the concentration exceeds 10% of salt this rate decreases to 10%, to 15% of salt the rate of germination is 3.2%, with the concentration 35% of salt, the rate of germination is null, therefore an inhibition of germination.

At the second stage, growth and development: the plantlets resulting from seeds of the source of Laghouat seem most resistant to the saline stress with a number of pairs of sheets of  $4.32 \pm 0.61$ , a length of the principal stem of 7.98 cm, a length of the principal root of 4.45 cm, a fresh weight of the air part of 0.20g, a fresh weight of the racinaire part of  $0.16 \pm 0.02$  Mg, and a protein rate of  $20 \pm 0.02$ mg/g of fresh matter.

For two studied salts, the plantlets subjected to Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> present a more significant growth compared to the plantlets subjected to NaCl, with a number of pairs of sheets of

3.87, a length of the principal stem of 7.99 cm, a length of the principal root of 4.5 cm, a fresh weight of the air part of 0.15g, a fresh weight of the racinaire part of 0.11 Mg, and a protein rate of 18.12 fresh matter mg/g.

For the various salt concentrations used, the witnesses of the three sources Laghouat, Tebessa and Saïda and the concentration of 5% of salt present the growth and the development most significant and even for the concentration of 5%, biometric measurements show that they rank above the witnesses.

The plantlets resulting from seeds of the source of Laghouat those which resist as well as possible the salinity and the increase in the salt concentrations, are followed those Tebessa and then those of Saïda.

The plantlets resulting from seeds of the source of Laghouat present at 5%, a number of pairs of sheets of 6, a length of the principal stem of 16.06 cm, a length of the principal root of 8.7 cm, a fresh weight of the air part of 0.47 G, a fresh weight of the racinaire part of 0.48 Mg, and a protein rate of 29 fresh matter mg/g, beyond 10% of salt, we note a considerable fall of the growth as the concentrations increase and to 30 and 35% of salt, we note an inhibition of the growth.

Key words : *Atriplex halimus*, Chénopodiacées, saline stress, salinity.

## ملخص

*Atriplex halimus*

Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> NaCl :  
% 35 % 5 7  
:  
% 5.65 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> NaCl  
% 4.38 NaCl  
%17.73  
15 % 10 % 10 % 16 % 5  
% 35 % 3.2 %  
% 3.87  
0.11 0.15 4.5 7.99  
/ 18.12  
Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
NaCl  
% 5  
16.06 6 % 5  
/ 29 0.48 0.47 8.7  
% 10  
*Atriplex halimus* % 35 % 30

*Atriplex halimus* :

## LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

- C° : Celsius.
- C.V : covariance.
- D.D.L : degré de liberté.
- E.T. : écarts-types.
- H : NaCl (chlorure de sodium).
- H1 : solution à 5 % de NaCl.
- H2 : solution à 10 % de NaCl.
- H3 : solution à 15 % de NaCl.
- H4 : solution à 20 % de NaCl.
- H5 : solution à 25 % de NaCl.
- H6 : solution à 30 % de NaCl.
- H7 : solution à 35 % de NaCl.
- Kg : kilogramme.
- L : Laghouat.
- MF : matière fraîche.
- MS : matière sèche.
- N : Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (sulfate de sodium).
- N1 : solution à 5 % de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- N2 : solution à 10 % de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- N3 : solution à 15 % de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- N4 : solution à 20 % de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- N5 : solution à 25 % de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

N6 : solution à 30 % de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.  
N7 : solution à 35 % de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.  
S : Saida.  
T : Tébessa.  
T° : témoin.  
UF : unité fourragère.  
cm : centimètre.  
g : gramme.  
ha : hectare.  
mg : milligramme.  
% : pour cent.  
[ ] : concentration.

## LISTE DES TABLEAUX, GRAPHIQUES ET ILLUSTRATIONS

Figure 3. 1 : Climagramme pluviothermique d'Emberger	28
Figure 3. 2 : Dispositif expérimental pour la germination	32
Figure 3. 3 : Dispositif expérimental pour la croissance	34
Figure 3. 4 : Extraction des protéines solubles	36
Figure 3. 5 : Dispositif expérimental pour le dosage des protéines	38
Figure 3. 6 : Dispositif expérimental	39
Figure 4. 1: Effets de la provenance des graines de l' <i>Atriplex halimus</i> sur le taux de germination	41
Figure 4. 2 : Effet de la concentration de sel sur le taux de germination	42
Figure 4. 3 : Effet de la nature de sel sur le taux de germination	43
Figure 4. 4 : les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat soumises aux concentrations allant de 5 % à 35 % de NaCl	46
Figure 4. 5 : les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat soumises aux concentrations allant de 5 % à 35 % de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	46
Figure 4. 6 : les plantules issues des graines de la provenance de Tébessa soumises aux concentrations allant de 5 % à 35 % de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	47
Figure 4. 7 : les plantules issues des graines de la provenance de Tébessa soumises aux concentrations allant de 5 % à 35 % de NaCl	47
Figure 4. 8 : les plantules issues des graines de la provenance de Saida soumises aux concentrations allant de 5 % à 35 % de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	48
Figure 4. 9 : les plantules issues des graines de la provenance de Saida soumises aux concentrations allant de 5 % à 35 % de NaCl	48
Figure 4. 10 : Les témoins des plantules issues des graines des trois provenances Laghouat, Tébessa et Saida	49
Figure 4. 11 : Effet de provenance des graines de l' <i>Atriplex halimus</i> sur le nombre de paire de feuille	49

Figure 4. 12 : Effet de la concentration du sel sur le nombre de paires de feuilles	50
Figure 4. 13 : Effet de la nature du sel sur le nombre de paires de feuilles	51
Figure 4. 14 : Effet de provenance des graines sur la longueur de la tige	55
Figure 4. 15 : Effet de la concentration du sel sur la moyenne de la longueur de la tige	56
Figure 4. 16 : Effet de la nature du sel sur la longueur moyenne de la tige	57
Figure 4. 17 : Effet de la concentration du sel et les provenances des graines sur la moyenne de la longueur de la tige	58
Figure 4. 18 : Effet de provenance des graines de l' <i>Atriplex halimus</i> sur la longueur de la racine principale	61
Figure 4. 19 : Effet de la concentration du sel sur la moyenne de la longueur de la racine principale	62
Figure 4. 20 : Effet de la nature du sel sur la longueur moyenne de la racine principale	63
Figure 4. 21 : Effet de la concentration du sel et les provenances des graines sur la moyenne de la longueur de la racine principale	64
Figure 4. 22 : Effet de provenance des graines sur le poids frais de la partie aérienne	67
Figure 4. 23 : Effet de la concentration du sel sur le poids frais de la partie aérienne	68
Figure 4. 24 : Effet de la nature du sel sur le poids frais de la partie aérienne	69
Figure 4. 25 : Effet de la concentration du sel et les provenances des graines sur le poids frais de partie aérienne	70
Figure 4. 26 : Effet de provenance des graines de l' <i>Atriplex halimus</i> sur le poids frais de la partie racinaire	73
Figure 4. 27 : Effet de la concentration du sel sur le poids frais de la partie racinaire	74
Figure 4. 28 : Effet de la nature du sel sur le poids frais de la partie racinaire	75
Figure 4. 29 : Effet de la concentration du sel et les provenances des graines sur le poids frais de partie racinaire	76
Figure 4. 30 : Courbe étalon des protéines	79
Figure 4. 31 : Effet de provenance des graines de l' <i>Atriplex halimus</i> sur la teneur des protéines solubles	81
Figure 4. 32 : Effet de la concentration du sel sur la teneur des protéines solubles	82
Figure 4. 33 : Effet de la nature du sel sur la teneur des protéines solubles	83
Figure 4. 34 : Effet de la concentration du sel et les provenances des graines sur la teneur des protéines solubles	85
Tableau 2. 1 : Salinité en fonction de la conductivité électrique et d'extrait de pâte saturée et le somme des anions	24

## TABLES DES MATIERES

<b>INTRODUCTION</b>	16
<b>CHAPITRE 1 GENERALITES SUR L'<i>Atriplex halimus</i></b>	18
1. 1. Systématique et botanique	18
1. 2. Caractéristiques climatiques et édaphiques des zones à <i>Atriplex</i>	20
1. 3. Répartition et distribution géographique	20
1. 4. Intérêt de l' <i>Atriplex halimus</i>	21
<b>CHAPITRE 2 STRESS SALIN</b>	23
Définitions	23
2. 1. Echelle de la salinité	23
2. 2. Effet de la salinité sur les végétaux	24
<b>CHAPITRE 3 MATERIEL ET METHODES</b>	27
3. 1. Lieu de travail	27
3. 2. Matériel végétal	27
3. 3. Sels utilisés	29
3. 4. Préparation des solutions d'arrosage	30
3. 5. Réalisation des essais de germination	30
3. 6. Repiquage	33
3. 7. Arrosage (fréquence et dose)	33
3. 8. Dispositif expérimental pour la croissance	33
3. 9. Dosage des protéines	35

	15
3. 10. Extraction et dosage des protéines solubles	35
3. 11. Dispositif expérimental (dosage des protéines)	37
3. 12. Paramètres étudiés	39
3. 13. Mode d'expression des résultats	39
<b>CHAPITRE 4 RESULTATS ET DISCUSSIONS</b>	40
<b>Introduction</b>	40
4. 1. Effet de la nature, la composition de sel et la provenance des graines de l' <i>Atriplex halimus</i> sur la germination	40
4. 2. Effet de la nature, la concentration de sel associé la provenance des graines de l' <i>Atriplex halimus</i> sur le nombre de paire de feuille	45
4. 3. Effet de la nature et la concentration de sel associé aux provenances des graines de l' <i>Atriplex halimus</i> sur la longueur de la tige	54
4. 4. Effet de la nature et la concentration de sel associé aux provenances des graines de l' <i>Atriplex halimus</i> sur la longueur de la racine principale	60
4. 5. Effet de la nature et la concentration de sel associé aux provenances des graines de l' <i>Atriplex halimus</i> sur le poids frais de la partie aérienne	66
4. 6. Effet de la nature et la concentration de sel associé aux provenances des graines de l' <i>Atriplex halimus</i> sur le poids frais de la partie racinaire	72
4. 7. Extraction et dosage des protéines solubles	78
<b>DISCUSSION GENERALE</b>	88
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	92
<b>REFERENCES</b>	

## INTRODUCTION

La salinisation des sols est un problème majeur qui touche un nombre croissant des régions du globe [1]. Fréquemment associée à la contrainte hydrique, elle entraîne une réduction des surfaces cultivables et menace l'équilibre alimentaire mondial [2].

En Algérie, les régions semi-arides et arides et en particulier les steppes qui restent le support principal de l'élevage, connaissent actuellement une désertification et une salinisation de plus en plus accentuées, ce qui cause des problèmes environnementaux et écologiques graves, avec une réduction de la production fourragère qui est estimée de 75 % [3].

Afin de protéger et d'améliorer ces régions, l'introduction d'espèces fourragères connues pour leurs tolérances à la sécheresse et à la salinité telles que les *Atriplex*, s'avère indispensable.

Les *Atriplex* font partie des halophytes facultatives, des plantes qui sont capables d'accomplir leur cycle de développement dans les milieux à salinité élevée [4], ils permettent de mettre en valeur des terres chargées en sels sur les quelles la quasi-totalité des espèces ne peuvent y végéter [5].

Les *Atriplex* permettent aussi de mettre en valeur des terres où la végétation naturelle est profondément dégradée et la production agricole très irrégulière.

Les *Atriplex* appartiennent à la famille des Chénopodiacées, qui sont herbacées, d'autres arbustives, elles peuvent être annuelles ou pérennes [2].

Les *Atriplex* ont une croissance rapide, elles constituent une réserve fourragère importante, utilisable par les ovins et les camélidés surtout pendant la période qui s'étale

entre le milieu de l'été et le début de l'hiver, lorsque les besoins des animaux sont élevés (fin gestation, allaitement) [6].

L'aptitude de l'espèce à résister à la salinité semble pouvoir être mise en corrélation avec la résistance à la sécheresse et ceci grâce à son port buissonnant et à son système racinaire très ramifié et profond [7].

Les *Atriplex* sont riches en protéines (10 à 25%) de la matière sèche soit (2,5 à 6%) de la matière fraîche, elles sont riches en sels solubles, mais pauvres en énergie, ce déficit énergétique peut être comblé par les fourrages herbacés [2].

L'exploitation des nappes d'*Atriplex* et leur généralisation nécessitent une étude de leur germination et leur croissance dans les conditions naturelles et au laboratoire.

Ce travail rentre dans le cadre d'un projet de recherche qui s'intitule « étude de la diversité biologique de l'*Atriplex halimus* in vivo et in vitro en vue de sélectionner des individus résistants à des conditions extrêmes en zones arides et semi-arides ».

Pour cela, la démarche adoptée consiste à déterminer de façon précise les principales caractéristiques de la germination des graines et du développement des plantules d'*Atriplex*.

Trois sites ont été retenus pour le prélèvement des graines :

- Laghouat
- Tébessa
- Saïda.

Notre étude portera sur :

- L'étude de l'influence des différentes concentrations de deux sels (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) sur la germination et la croissance de l'*Atriplex halimus*.
- L'influence de l'origine géographique des semences et le suivi germinatif.
- L'analyse des protéines.

## CHAPITRE 1 GENERALITES SUR L'*Atriplex halimus*

### 1. 1. Systématique et botanique

L'*Atriplex halimus* L. (nom vernaculaire arabe : G'ttef) est une espèce halophyte vivace appartenant au genre *Atriplex* et à la famille botanique des chénopodiacées.

REINMANN et BRECKLE [8], signalent que les chénopodiacées forment une famille connue par l'accumulation de grandes quantités des ions alcalins.

#### 1. 1. 1. Systématique

Embranchement	: Spermaphytes
Sous embranchement	: Angiospermes
Classe	: Dicotylédones
Famille	: Chénopodiacées
Genre	: <i>Atriplex</i>
Sous genre	: <i>Atriplex</i>
Espèce	: <i>halimus</i> L

Le genre *Atriplex* se caractérise par des plantes arbustives de la famille des chénopodiacées, il comprend plus de 417 espèces [9]. On compte quinze espèces en Afrique du Nord dont deux acclimatées ; parmi ces espèces, on distingue sept vivaces, une bisannuelle et neuf annuelles.

Seulement cinq espèces présentent un réel intérêt pratique, ce sont : *Atriplex nummularia*, *Atriplex halimus*, *Atriplex canescens*, *Atriplex glauca*, *Atriplex mollis* [10].

MAIRE [11], a mis en évidence quinze espèces en Algérie, les plus répandues sont au nombre de deux : il s'agit de l'*Atriplex halimus* et l'*Atriplex portulacoïdes*.

L'*Atriplex halimus* comprend deux sous espèces : *Atriplex halimus* L. *ssp halimus* et *Atriplex halimus ssp schweimfurthii boiss* [10].

### 1. 1. 2. Caractéristiques morphologiques de la plante

L'*Atriplex halimus* est un arbuste de 1 à 3 m de hauteur, c'est une plante vivace qui peut atteindre quatre mètres de hauteur lorsqu'elle n'est pas soumise au pâturage, les touffes formées peuvent atteindre 1 à 3 m de diamètre [12].

- La tige

De couleur blanche grisâtre, rameuse, entièrement feuillées.

- Les feuilles

Elles mesurent 2 à 5 cm de largeur, leur longueur est deux fois plus que la largeur, oblongues ou ovales obtuses [13].

Elles sont alternes brièvement mais nettement pétiolées. Plus ou moins charnues, luisantes, couvertes de poils vésiculaires ou trichomes, très riches en sels [14].

- La racine

Elle est étalée, obtuse puis s'enfonce verticalement en profondeur.

- La fleur

Elle est monoïque à inflorescence sans feuilles, en grappes de glomérules ou en panicules d'épis plus au moins serrés. Les épis sexués mâles au sommet et les femelles à la base. La plante peut porter à la fois des fleurs unisexuées mâles, unisexuées femelles et bisexuées [15].

- Le fruit

C'est une akène, composée de deux bractéoles indurées en forme de rein, dentées ou entièrement lisses ou tuberculeuses.

- La graine

De couleur brune foncée, de 2 mm de diamètre environ, entourée de péricarpe membraneux.

L'*Atriplex halimus* est une plante chaméphyte ou monophanérophyte, fleurissant et fructifiant à partir du mois d'avril et jusqu'au mois de novembre [12].

## 1. 2. Caractéristiques climatiques et édaphiques des zones à *Atriplex*

Les principales régions à *Atriplex* se situent, selon le climagramme pluviothermique d'Emberger, dans les étages humides, sub-humides, semi-arides, arides et sahariens [16].

### 1. 2. 1. Caractéristiques climatiques

Les zones à *Atriplex* ont un régime de précipitation irrégulier d'une saison à une autre. La période sèche dure 4 à 6 mois et parfois plus. La pluviosité varie de 100 mm à 400 mm/an [16].

L'amplitude thermique est généralement supérieure à 20°C [17]. La moyenne des minima pour les zones à *Atriplex* varie de -3°C à +6°C, et la moyenne des maxima varie entre 24,7°C et 40°C.

L'*Atriplex halimus* est une espèce qui peut résister aux faibles températures jusqu'à -10°C et aux fortes jusqu'à 45°C [17].

### 1. 2. 2. Caractéristiques édaphiques

Les sols sont peu profonds et pauvres en matière organique. Les zones à *Atriplex* se situent le plus souvent dans les grandes dépressions autour des chotts où il existe une forte tendance à la salinité [18].

## 1. 3. Répartition et distribution géographique

### 1. 3. 1. Dans le monde

Les *Atriplex* sont réparties dans le monde entier, de l'Alaska à la Patagonie, de la Bretagne à la Sibérie et de la Norvège à l'Afrique du sud [9].

### 1. 3. 2. En Algérie

En Algérie, l'*Atriplex* est spontanée dans les étages bioclimatiques semi-arides et arides.

Les statistiques agricoles du ministère de l'agriculture en 1974, montrent que les nappes d'*Atriplex* en association avec les solanacées couvrent une superficie de 1.000.000 ha [19].

Les plus grandes superficies se trouvent entre les isoyètes de 100 et 400 mm/an, cette zone correspond aux zones dites steppiques (Batna, Biskra, Boussaâda, Djelfa, M'sila, Saïda, Tébessa, Tiaret).

Le genre *Atriplex* se rencontre aussi sur le littoral et même au Sahara (Hoggar) et plus particulièrement dans la région de Bechar où les nappes longent les dépressions d'oued [20].

#### 1. 4. Intérêt de l'*Atriplex halimus*

##### 1. 4. 1. Importance agronomique

Les *Atriplex* constituent avec la *Kochia*, le support principal de l'industrie pastorale des régions australiennes [9].

##### a. Mise en valeur des sols pauvres

La capacité des *Atriplex* à se développer dans les zones arides et aux sols pauvres permet de mettre en valeur ces régions.

La couverture d'*Atriplex* accroît la perméabilité des sols et augmente le drainage des horizons superficiels.

Les *Atriplex* exercent une influence très favorable sur la végétation herbacée qui s'installe entre eux, et qui présente souvent une valeur fourragère plus grande que celle apportée par l'*Atriplex* [21].

##### b. Mise en valeur des sols salés

Les *Atriplex* sont des espèces halophytes, qui conviennent aux sols sableux sur horizons salés jusqu'à une conductivité de l'ordre de 60 mmhos/cm [22].

Les *Atriplex* ont la capacité de désaliniser les sols. SARSON [23], signale que la teneur en NaCl peut atteindre 20% de la matière sèche de l'*Atriplex nummularia*.

##### c. Fixation des dunes

FRANCELET et LE HOUEROU [9], notent qu'en Afrique du Nord, l'emploi des *Atriplex halimus* L. est efficace pour la fixation des dunes et des marnes.

Dans la région de Rekkacha près de Kairouan (Tunisie), les sables épandus par les crues de Zeroud de l'hiver 1969/1970 ont été maîtrisés grâce à des boutures racinées d'*Atriplex nummularia* [9].

Des essais réalisés sur le cordon dunaire dans la région de Djelfa et Boussaâda (Algérie), ont montré des résultats satisfaisants.

#### d. Intérêt fourrager

L'*Atriplex halimus* L. offre plusieurs avantages, le plus important réside dans son utilisation en tant que plante fourragère en zones arides [24].

FRANCELET et LE HOUEROU [9], insistent sur le fait que l'*Atriplex halimus* doit être considéré comme une réserve pendant la période de disette exploitable (allant de l'été jusqu'au début de l'hiver). L'*Atriplex halimus* est riche en protéines, qui peuvent atteindre 2 000 à 3 000 Kg/Ms/Ha [25]. Les nappes d'*Atriplex* peuvent être utilisées dans l'alimentation des ovins par pâturage direct en été, automne et hiver, période pendant laquelle les autres espèces spontanées sont rares, voir inexistantes.

L'intérêt des *Atriplex* en tant que plantes fourragères réside dans leur :

- Rusticité ;
- Résistance à la sécheresse ;
- Excellent rendement à faibles doses d'eau ;
- Tolérance à la salinité ;
- Valeur fourragère qui varie de 500 à 5 000 UF/ha/an, selon les régions et les nappes d'*Atriplex*.

#### 1. 4. 2. Intérêt économique

L'importance économique des *Atriplex* réside dans la récupération des sols salés ce qui les rendre exploitables.

En outre, la production du bois présente un intérêt économique très important, puisque les buissons d'*Atriplex halimus* L. présentent un grand nombre de brandilles sèches qui représentent environ 23% du poids total frais de la biomasse sur pied [26].

## **CHAPITRE 2 STRESS SALIN**

### Définitions

Un stress est défini comme l'ensemble des facteurs d'environnement, qui provoquent une réduction dans la croissance de la plante [27].

On parle de stress salin lorsque le facteur « sel » est en excès par rapport aux besoins de l'espèce [23].

LE HOUEROU [28], a considéré comme sol salin tout sol présentant une conductivité de l'extrait de la pâte saturée supérieure à 7 mmhos/cm.

### 2. 1. Echelle de la salinité

L'échelle agronomique mise au point par l'US Salinity Laboratory est graduée, selon les valeurs de la conductivité électrique, de 0 à 16 mmhos/cm [29].

Au-delà de 8 mmhos/cm, la plupart des plantes voient leurs rendements affectés par la salinité, seuls les végétaux spécialisés peuvent prospérer dans le domaine de CE (Conductivité Electrique) à 16 mmhos/cm.

SERVANT [30], propose une autre échelle couvrant le domaine des sols très salés, comme ceux rencontrés le long du littoral méditerranéen, cette échelle est exprimée en fonction de la CE et de la somme des anions.

Tableau 2. 1 : Salinité en fonction de la conductivité électrique et d'extrait de pâte saturée et le somme des anions

Classes	Désignation	CE (mmhos/cm à 25°C)	Somme des anions (mé/L)
0	Non salé	< 2,5	< 25
1	Faiblement salé	2,5 – 5	25 – 55
2	Moyennement salé	5 – 10	50 – 105
3	Salé	10 – 15	105 – 165
4	Fortement salé	15 – 20	165 – 225
5	Très fortement salé	20 – 27,5	225 – 315
6	Excessivement salé	27,5 – 40	315 – 620
7	Hyper salé	> 40	> 620

## 2. 2. Effet de la salinité sur les végétaux

Chez les végétaux glycophytes, les effets dépressifs de la salinité du milieu se font sentir très rapidement. Quant au halophytes, un léger excès de sel dans le milieu racinaire stimule la croissance, et ce n'est que par la suite, avec l'augmentation du sel dans la solution du sol, que cet excès devient préjudiciable à la croissance.

Si les problèmes de salinité se posent surtout avec une grande acuité dans les régions arides et semi-arides, ils intéressent également les régions tempérées.

En effet, des irrigations mal conduites ou l'utilisation intensive d'engrais en cultures protégées, par exemple, font que les problèmes de salinité se posent également sous nos latitudes, dans des régions cependant bien arrosées.

Les ions présents dans le sol participent à la salinité du milieu. Cependant, en pratique, quelques ions seulement sont susceptibles de s'accumuler et induire des phénomènes de salinité. Ce sont, pour ce qui concerne les anions : les chlorures et les sulfates, et dans une moindre mesure les carbonates et les bicarbonates. Les cations tels que le sodium, le calcium et le magnésium sont responsables de la plupart des troubles dus à la salinisation du milieu, avec une place prépondérante pour le sodium [31].

Les sels solubles peuvent se trouver dans le sol, sous forme cristallisée (cristaux, efflorescences) : c'est le cas de sels peu solubles comme le gypse. Le plus souvent, il s'agit de sels sous forme dissoute, des anions et des cations présents dans la solution du sol, celle-ci présente une composition cationique en équilibre avec les cations échangeables retenus par le complexe absorbant [29].

Les divers ions accumulés dans les sols salés ont des influences diverses sur la croissance des végétaux, ces effets peuvent être directs ou indirects.

### 2. 2. 1. Effets indirects

Les effets indirects de la salinité se marquent au niveau du substratum, les ions responsables de la salinité altèrent les propriétés physico-chimiques des sols (texture et structure) ce qui crée de mauvaises conditions d'aération pour les racines et entrave la croissance des plantes [32].

D'autre part, il faut signaler que la salinité peut engendrer différents problèmes pour les végétaux ; ainsi, certains oligoéléments indispensables aux plantes se trouvent bloqués sous l'effet de ces ions, au moment où d'autres ions toxiques sont, au contraire, mobilisés comme l'ion d'aluminium [33].

### 2. 2. 2. Effets directs

Les effets directs se situent sur le plan de la physiologie de la plante. Il s'agit de l'effet de la pression osmotique, des effets spécifiques des ions ainsi que l'influence de l'équilibre ionique.

#### a. Pression osmotique

L'augmentation de la pression osmotique entraîne une diminution de la pénétration de l'eau dans les racines. Elle doit être due à une augmentation de la concentration en sels ou une addition de glucides au milieu [34]. Il s'ensuit une diminution de la disponibilité de l'eau pour la plante de telle sorte que dans de nombreux cas, les symptômes du stress salin dans le milieu racinaire peuvent être confondus avec les symptômes du stress hydrique.

#### b. Effet spécifique des ions

Toutefois, la pression osmotique ne peut agir seule, puisque ses variations, causées par les sels ou les glucides, n'avaient pas la même incidence sur le niveau de la production et le comportement de la plante. De même un sel donné ne peut avoir les mêmes effets sur différents végétaux.

Un milieu dominé par NaCl n'a pas la même influence sur la croissance des végétaux glycophytes que sur les halophytes ; chez les glycophytes, l'addition de NaCl à un milieu nutritif provoque une diminution rapide et importante de la production (pois, haricot).

D'autre part, l'addition d'un cation à un milieu nutritif agit différemment sur la production, et ce selon la nature de l'anion accompagnateur ; c'est ainsi que le sodium déprime beaucoup moins la production des glycophytes s'il est administré sous forme de sulfate, plutôt que sous forme de chlorure [35].

En outre, certains ions toxiques ou perturbateurs de métabolisme peuvent s'accumuler dans les liquides intracellulaires, selon le cas, ces actions toxiques ou perturbatrices peuvent être dues à des ions qui préexistent dans le milieu racinaire. Dans d'autres cas, ces ions peuvent être néoformés et issus, comme c'est le cas par exemple de  $\text{NH}_4^+$ , d'une synthèse perturbée des protéines sous l'effet du stress salin [36].

### c. Equilibre ionique

Les effets toxiques des ions sont surtout, et avant tout, la conséquence de perturbations sur le plan nutritionnel suite à une modification importante de l'équilibre ionique [37].

L'élévation du niveau de salinité ne se traduit pas nécessairement par une chute de production ; chez les halophytes, on assiste à une augmentation des rendements jusqu'à un niveau optimum de salinité qui se situe à un niveau d'autant plus élevé que l'espèce est plus résistante aux sels [31].

Chez les plantes monoïques, l'augmentation de la salinité induit une augmentation du pourcentage des fleurs mâles, et chez les plantes dioïques, on remarque une augmentation du pourcentage des pieds mâles [36].

L'augmentation de la salinité du milieu affecte les activités enzymatiques, notamment les enzymes impliqués dans les transferts d'énergie. La balance hormonale mettant en cause les auxines, les gibbérellines et les cytokinines, est modifiée chez les plantes soumises au stress salin [31].

## **CHAPITRE 3 MATERIEL ET METHODES**

### 3. 1. Lieu de travail

Nous avons réalisé notre travail au sein du département d'agronomie au niveau du laboratoire de physiologie végétale, et les plantules obtenues ont été suivies sous serre.

### 3. 2. Matériel végétal

Les graines de l'*Atriplex halimus*, utilisées dans le cadre de cette étude sont issues de trois provenances : Saïda, Tébessa et Laghouat, récoltées respectivement durant la campagne 2002/2003.

Les semences ont été conservées au laboratoire à l'obscurité et à une température ambiante.

#### 3. 2. 1. Présentation des zones de prélèvement

Les principales zones à *Atriplex* se situent, selon le climagramme pluviothermique d'Emberger (figure 3. 1), dans les étages humides, sub-humides, semi-arides, arides et sahariens.

Ainsi, et d'après le même climagramme, nous pouvons situer les régions de provenance de nos semences comme suit : Saïda à l'étage semi-aride, Tébessa et Laghouat à l'étage aride à hiver frais.

#### 3. 2. 2. Décortication

La décortication des fruits mûrs de l'*Atriplex halimus* a été réalisée manuellement afin d'extraire la graine de son enveloppe.

Après décortication, nous avons séparé les graines abîmées sous l'effet de frottement et nous avons utilisé seulement les graines intactes.

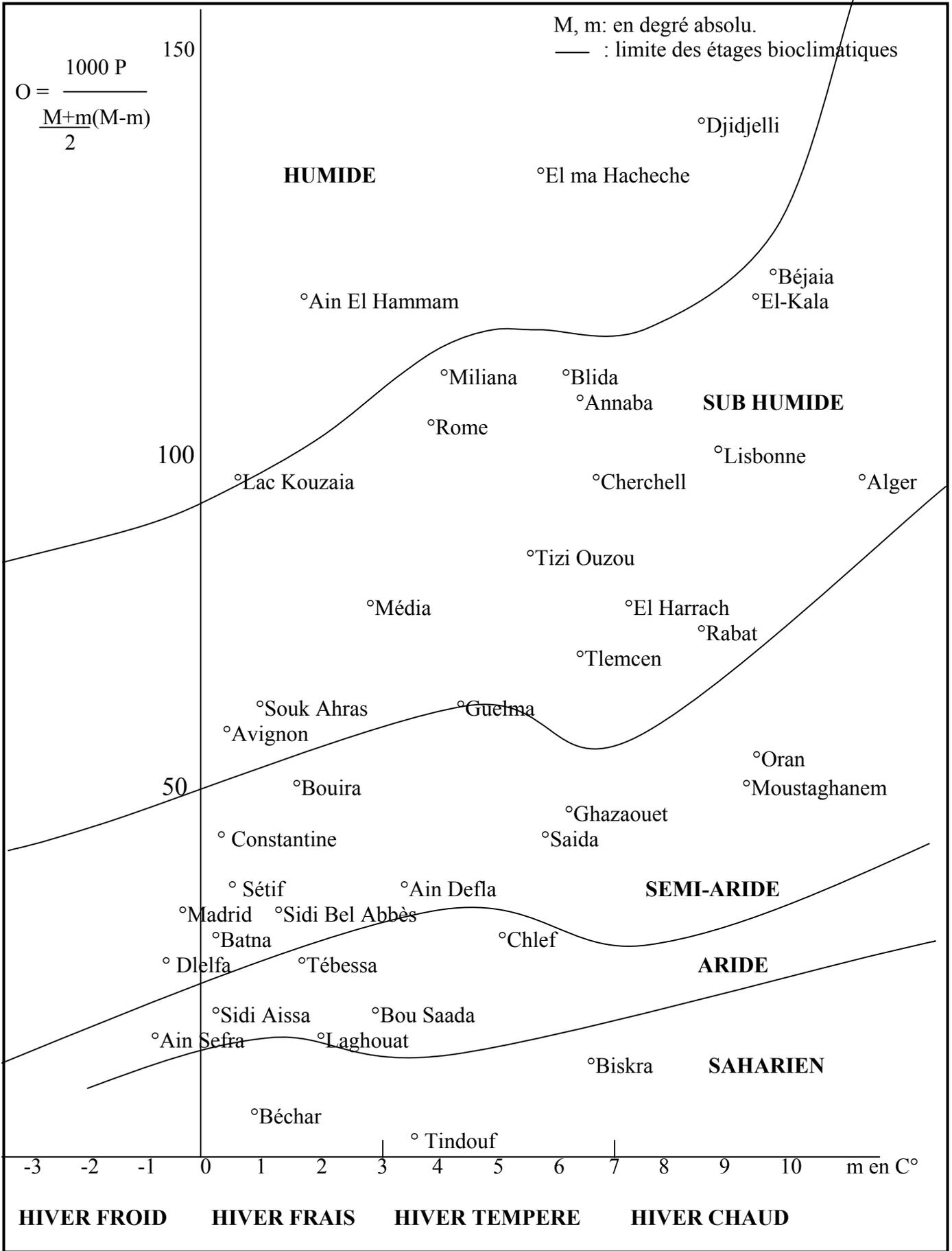


Figure 3.1 : Climagramme pluviothermique d'Emberger

### 3. 2. 3. Description de la graine

La graine de l'*Atriplex halimus* est formée d'un disque ovoïde de 2 mm, de couleur brune rougeâtre. Le poids de mille graines est de l'ordre de 728,5 mg.

La graine est entourée de deux téguments, l'un est brun et l'autre gris clair. Elle renferme un embryon unique de 1,5 mm de longueur.

### 3. 3. Sels utilisés

Pour notre étude, et afin de soumettre les plants d'*Atriplex* au stress salin, nous avons choisi deux sels : NaCl et Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

#### 3. 3. 1. NaCl

Le chlorure de sodium est un sel sans couleur, caractérisé par sa très grande solubilité dans l'eau. Son poids moléculaire est de 58,44 (NaCl = 58 g/mol).

Dans le cristal, les ions Na et Cl s'alternent, les ions de chaque type forment un treillis cubique face au centre, dans lequel chaque ion est entouré par six ions de l'autre type, le chlorure de sodium est fortement transparent à la lumière.

Le point de fusion pour le NaCl est 801°C et le point d'ébullition est de 1 465°C. Sa densité est de 2,16 g/cm<sup>3</sup> à 25°C.

La proportion de chlorure de sodium dans les sels de l'eau de mer est de 78% [38].

#### 3. 3. 2. Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Le sulfate de sodium est un sel de couleur blanche, caractérisé par sa faible solubilité dans les dissolvants organiques et l'eau, par rapport au NaCl. Son poids moléculaire est de : Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 142 mg/mol.

Dans le cristal, le soufre est entouré de quatre ions d'oxygène dont deux sont reliés par des liaisons datives, les deux autres sont liés d'une part avec le soufre, et de l'autre part avec les ions sodium par des liaisons covalentes. Ce qui forme un tétraèdre.

Le point de fusion pour le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> est de 884°C et le point d'ébullition est de 1 200°C.

Le sulfate de sodium se produit dans des gisements de sel dans les formations géologiques antiques, mais peut également être produit sur une échelle industrielle [38].

### 3. 4. Préparation des solutions d'arrosage

Pour notre expérimentation, nous avons utilisé différentes concentrations de deux sels NaCl et Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ; nous avons pris :

NaCl : T <sup>0</sup>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : T <sup>0</sup>
H <sub>1</sub> ⇔ 5%	N <sub>1</sub> ⇔ 5%
H <sub>2</sub> ⇔ 10%	N <sub>2</sub> ⇔ 10%
H <sub>3</sub> ⇔ 15%	N <sub>3</sub> ⇔ 15%
H <sub>4</sub> ⇔ 20%	N <sub>4</sub> ⇔ 20%
H <sub>5</sub> ⇔ 25%	N <sub>5</sub> ⇔ 25%
H <sub>6</sub> ⇔ 30%	N <sub>6</sub> ⇔ 30%
H <sub>7</sub> ⇔ 35%	N <sub>7</sub> ⇔ 35%

### 3. 5. Réalisation des essais de germination

Les essais de germination ont été réalisés sur les graines d'*Atriplex halimus* provenant de Saïda, Tébessa et Laghouat.

Les sels utilisés pour l'arrosage sont NaCl et Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, pour chaque sel huit (08) concentrations ont été effectuées.

Les graines sont placées sur du coton recouvert de papier filtre imbibé d'eau distillée pour le témoin et des différentes solutions salines préparées pour les autres concentrations étudiées.

Nous avons réalisés nos essais de germination dans des boites à pétri en plastique de 9 cm de diamètre. Chaque essai a porté 100 graines, avec 25 graines par boite, soit quatre boites par essai.

Nous avons placé ces boites par la suite dans une étuve à l'obscurité et à 15°C pendant 7 jours.

Le dénombrement est effectué toutes les 24 heures, et le critère adopté pour le début de germination est l'apparition d'une radicule de 1 mm environ de longueur.

### 3. 5. 1. Dose et fréquence d'arrosage

Nous avons arrosé les graines un jour sur deux à raison de 5 ml par boîte et ce pour imbiber le coton.

### 3. 5. 2. Dispositif expérimental pour la germination

Le dispositif expérimental adopté au cours de notre expérimentation est un bloc aléatoire complet sans contrôle d'hétérogénéité à randomisation totale.

Nous avons deux facteurs : sels et provenances :

- La provenance a 3 niveaux : Saïda, Tébessa et Laghouat.
  - Le sel a 15 niveaux : H<sub>1</sub> – H<sub>2</sub> – H<sub>3</sub> – H<sub>4</sub> – H<sub>5</sub> – H<sub>6</sub> – H<sub>7</sub> –  
N<sub>1</sub> – N<sub>2</sub> – N<sub>3</sub> – N<sub>4</sub> – N<sub>5</sub> – N<sub>6</sub> – N<sub>7</sub> – T°
- H : NaCl      N : Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Le nombre de répétitions est de cinq (donc 5 jours), alors nous avons 225 observations (figure 3. 2).

La mise en germination pour les trois provenances a été comme suit :

Saïda : 16 – 05 – 2004.

Tébessa : 12 – 05 – 2004.

Laghouat : 07 – 05 – 2004.



Figure 3. 2 : Dispositif expérimental pour la germination

### 3. 6. Repiquage

Après 7 jours de germination, les graines ainsi germées ont été repiquées à raison de 5 graines par pot de 20 cm de largeur et 20 cm de hauteur.

Le fond des pots a été rempli de graviers pour faciliter le drainage, les pots avaient trois ouvertures à la base.

Le substrat utilisé est un mélange de tourbe tamisée et du sable avec : 2/3 sable + 1/3 tourbe.

Les plantules ont été arrosées avec l'eau distillée pendant 15 jours pour favoriser leur reprise.

Afin d'éviter les attaques des oiseaux, nous avons installé un filet.

### 3. 7. Arrosage (fréquence et dose)

Nous avons arrosé les plants un jour sur deux à raison de 100 ml/pot, avec les solutions salines déjà préparées (NaCl et Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

### 3. 8. Dispositif expérimental pour la croissance

Le dispositif expérimental adopté au cours de notre expérimentation pour la croissance est un bloc aléatoire complet sans contrôle d'hétérogénéité à randomisation totale.

Nous avons deux facteurs : sels et provenances :

- La provenance a 3 niveaux : Saïda, Tébessa et Laghouat.
  - Le sel a 15 niveaux : H<sub>1</sub> – H<sub>2</sub> – H<sub>3</sub> – H<sub>4</sub> – H<sub>5</sub> – H<sub>6</sub> – H<sub>7</sub> – T°  
N<sub>1</sub> – N<sub>2</sub> – N<sub>3</sub> – N<sub>4</sub> – N<sub>5</sub> – N<sub>6</sub> – N<sub>7</sub> –
- H : NaCl      N : Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Nous avons cinq répétitions pour chaque traitement, notre bloc comprend 225 observations (figure 3. 3).

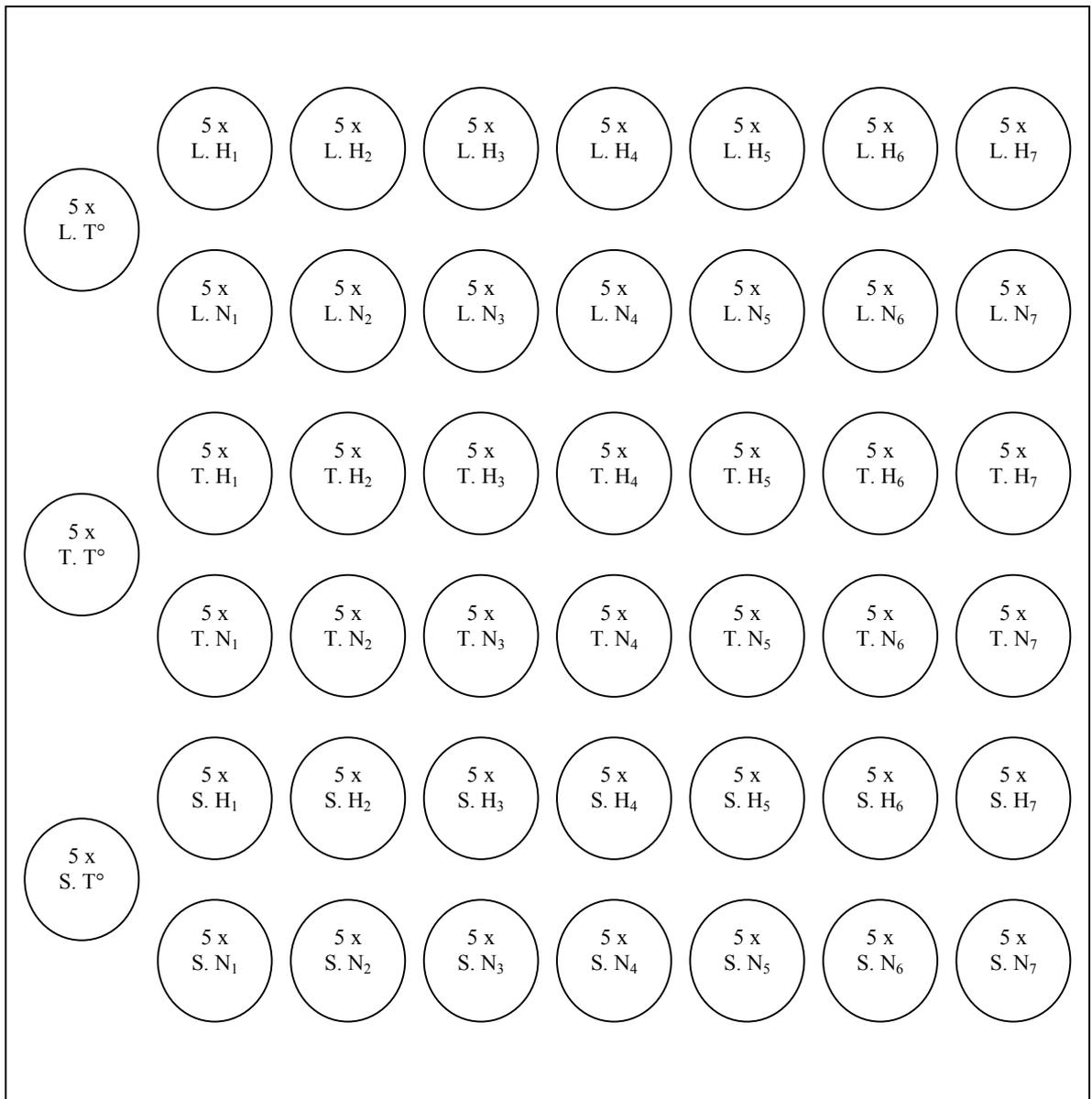


Figure 3. 3 : Dispositif expérimental pour la croissance

### 3. 9. Dosage des protéines

Cette étape a été réalisée au niveau du département de chimie.

D'après ABBAD et BENCHABANE [39], l'*Atriplex halimus* constitue une ressource fourragère riche en azote (matière), avec une moyenne de 18 à 25%, alors que les espèces cultivées telles que les graines de blé n'en contiennent que 14%, les feuilles de luzernes contiennent 25%.

Sous ce cadre, nous avons réalisé le dosage des protéines de l'*Atriplex halimus* sous l'effet du stress salin pour les trois provenances.

### 3. 10. Extraction et dosage des protéines solubles

Le dosage des protéines solubles se fait par spectrophotomètre, dont le but est de quantifier l'évolution des protéines cytoplasmiques et les protéines pariétales. Pour notre étude, nous avons retenu la méthode de BRADFORD [40], (figure 3. 4).

On règle la sensibilité sur l'émission  $\lambda = 600$  nm, on photomètre successivement les solutions étalons, les solutions d'analyse et à nouveau les solutions étalons pour que nos résultats soient fiables.

La teneur en protéine en mg/g de matière fraîche est exprimée par la formule suivante :

$$\text{Teneur en protéines (mg/g MF)} = \frac{\text{Quantité des protéines (g)} \times 200}{\text{Poids de l'échantillon}}$$

[200 : le coefficient de dilution]

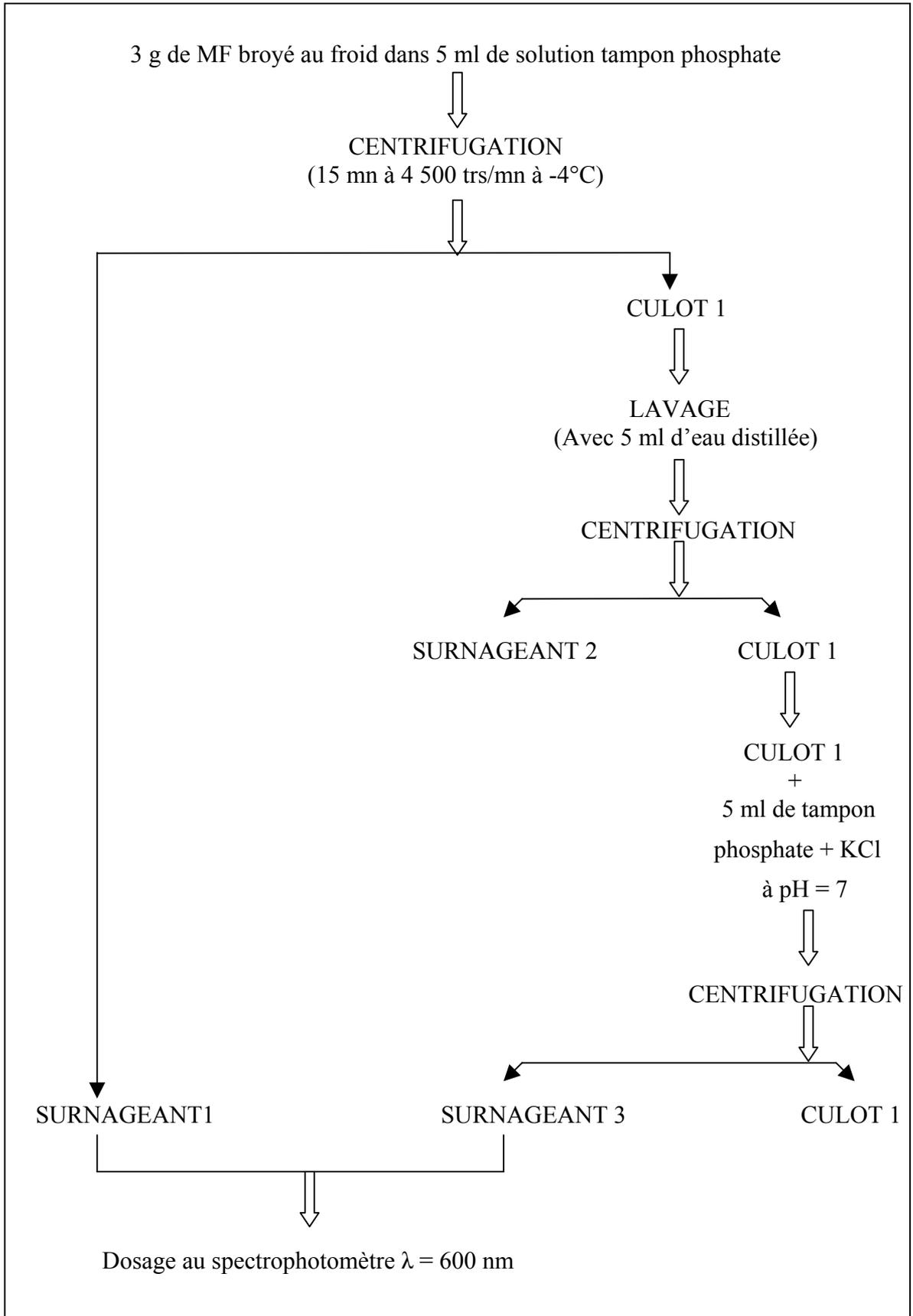


Figure 3. 4 : Extraction des protéines solubles (BRADFORD [40])

### 3. 11. Dispositif expérimental (dosage des protéines)

Le dispositif expérimental adopté pour le dosage des protéines solubles, est un bloc aléatoire complet sans contrôle d'hétérogénéité à randomisation totale (B.A.C).

Nous avons deux facteurs : sels et provenances :

- Provenance : Saïda, Tébessa et Laghouat.
- Deux sels à 15 niveaux :  $H_1 - H_2 - H_3 - H_4 - H_5 - H_6 - H_7 -$   
 $N_1 - N_2 - N_3 - N_4 - N_5 - N_6 - N_7 -$   $T^\circ$

H : NaCl      N : Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Nous avons deux répétitions pour chaque traitement, d'où 45 observations.

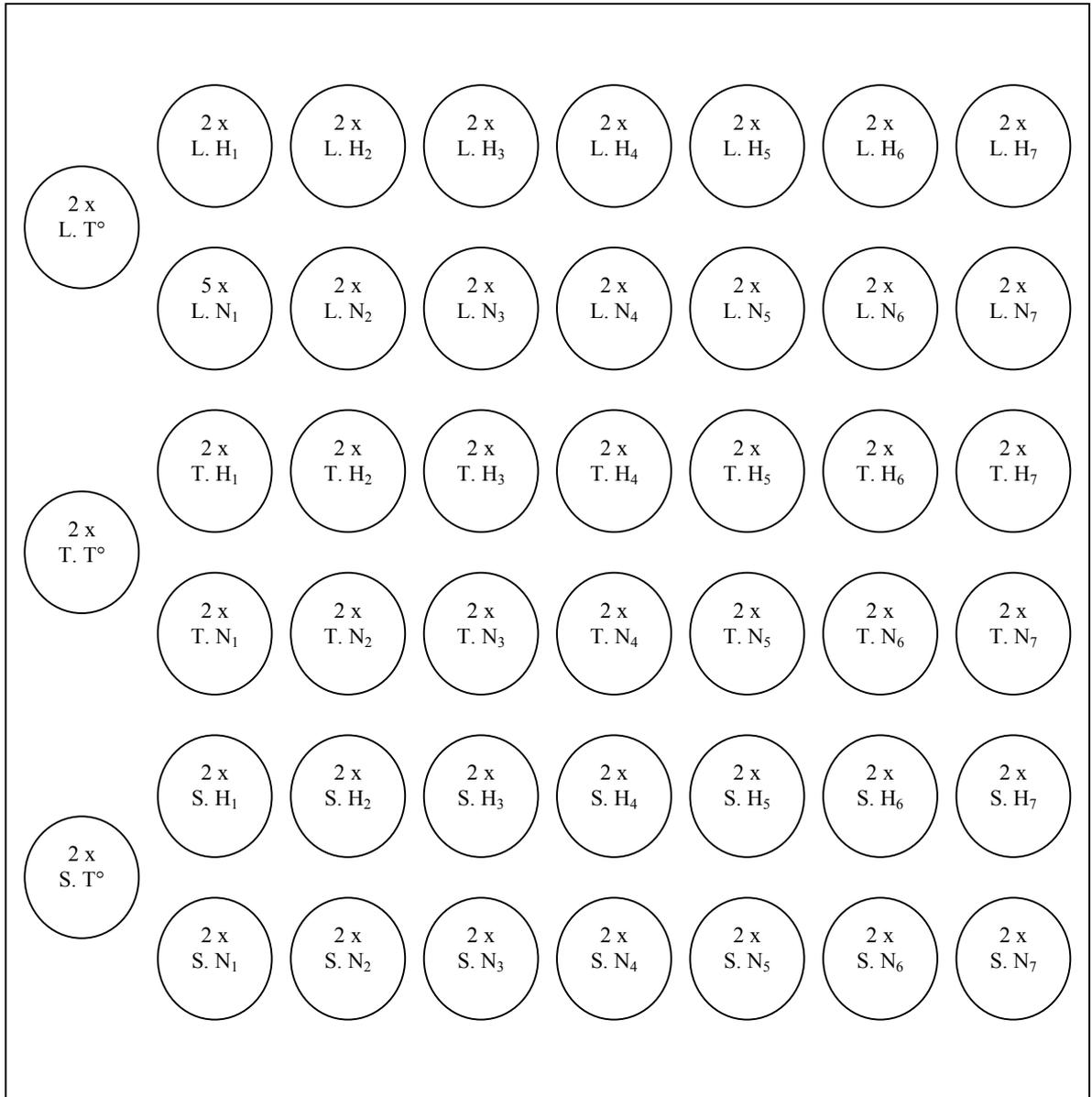


Figure 3. 5 : Dispositif expérimental pour le dosage des protéines



Figure 3. 6 : Dispositif expérimental

### 3. 12. Paramètres étudiés

1. Test de germination :
  - taux de germination.
2. Croissance et développement :
  - nombre de paires de feuilles.
  - longueur de la tige principale.
  - longueur de la racine principale.
  - poids de la partie aérienne.
  - poids de la partie racinaire.
3. Dosage des protéines solubles :
  - taux des protéines solubles.

### 3. 13. Mode d'expression des résultats

Le logiciel utilisé pour l'analyse statistiques est le STATITCF.

Les analyses statistiques des résultats sont traitées par une analyse de variance au seuil de 5%.

Le test de NEWMAN et KEUL au seuil de 5% est utilisé pour la comparaison des moyennes.

## CHAPITRE 4 RESULTATS ET DISCUSSIONS

### Introduction

La salinité du milieu est caractérisée par la teneur excessive en sels minéraux causée par les différents sels notamment le (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) [41].

Nous allons exposer nos résultats et nous discuterons l'effet de la concentration et de la composition chimique du sel ainsi que l'effet de la provenance des graines de sur la germination et la croissance de l'*Atriplex halimus*.

#### 4. 1. Effet de la nature, la composition du sel et la provenance des graines de l'*Atriplex halimus* sur la germination

Au bout de 6 jours de germination, nous avons effectué l'analyse de la variance des facteurs : nature du sel, concentration de sel et provenance des graines de l'*Atriplex halimus*, afin de déterminer leurs effets sur la germination (tableau 4. 1).

Tableau 4. 1: Analyse de la variance de l'effet de la nature du sel, la concentration du sel et la provenance des graines de l'*Atriplex halimus* sur le taux de germination

	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Prob.	E.T.	C.V.
VAR.Totale	16640.09	225	69.62				
VAR. Sel	81.62	2	40.81	1.35	0.2640		
VAR.Provenance	10443	14	696.2	23.02	0.0000		
VAR. Sel×Provenance	307.70	28	10.26	0.34	0.9900		
VAR. Résiduelle	5807.78	181	30.26			5.5	82.8 %

A l'issue de cet essai, les résultats obtenus (tableau 4.1), montrent que l'analyse de variance pour le facteur provenance des graines de l'*Atriplex halimus* (Laghouat, Tébessa et Saïda), ne révèle aucune différence significative pour le taux de germination.

Cependant, l'analyse de variance pour le facteur sel ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), montre l'existence d'une action très significative sur le taux de germination.

Enfin, l'analyse de la variance inter-facteurs sel et provenance, ne révèle aucune action sur le taux de germination.

#### 4. 1. 1. Effets de la provenance des graines de l'*Atriplex halimus* sur le taux de germination

Les graines de l'*Atriplex halimus*, issues des trois provenances (Laghouat, Tébessa et Saïda), ne présentent aucune différence pour le taux de germination (figure 4. 1).

Taux de germination (%)

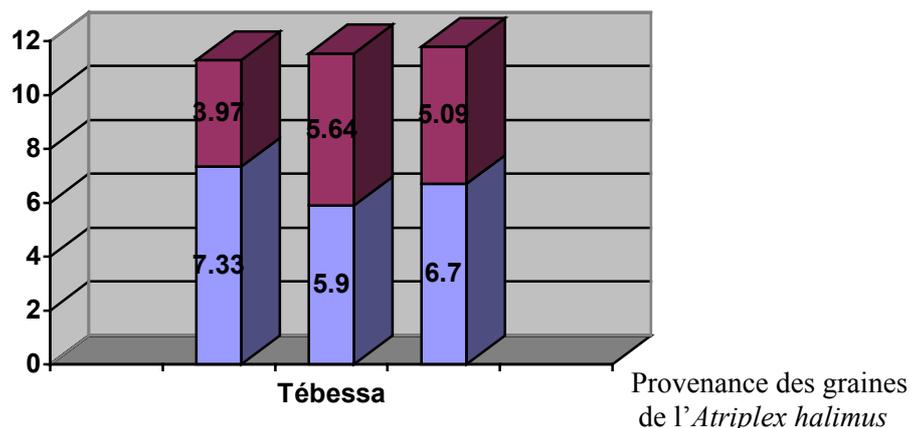


Figure 4. 1: Effets de la provenance des graines de l'*Atriplex halimus* sur le taux de germination

Le facteur provenance des graines n'a pas d'effet sur le taux de germination, car il n'existe aucune différence au niveau du taux de germination des graines des trois provenances (Laghouat, Tébessa et Saïda), les moyennes respectives pour les trois provenances sont de  $5.9 \pm 3.97 \%$ ,  $6.7 \pm 5.64 \%$  et  $7.33 \pm 5.09 \%$ .

#### 4. 1. 2. Effet de la concentration du sel sur le taux de germination

Nous remarquons, d'après les résultats de notre essai, que la concentration du sel a un effet sur le taux de germination (figure 4. 2).

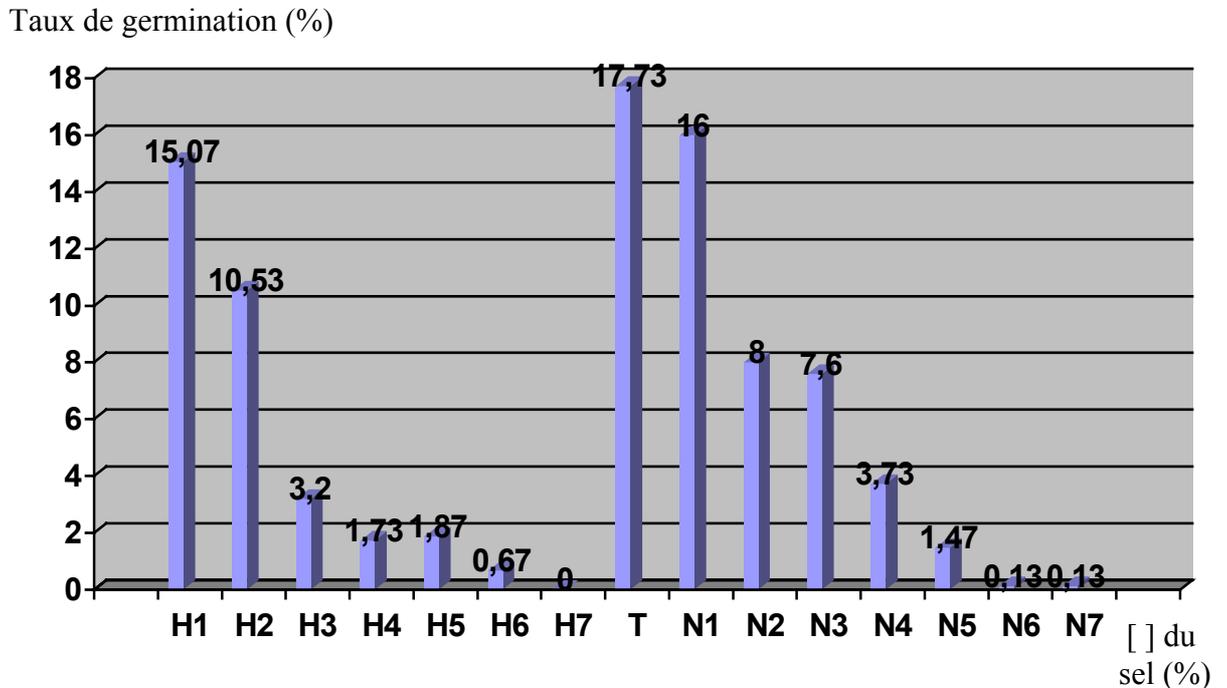


Figure 4. 2 : Effet de la concentration du sel sur le taux de germination

Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5%, révèle plusieurs groupes homogènes pour l'effet de la concentration du sel sur le taux de germination.

Nous constatons, d'après la figure (4. 2), que les taux les plus élevés pour la germination sont enregistrés chez le témoin avec  $17.73 \pm 7.86$  %, et les traitements avec les solutions salines de concentration de 5% pour les deux sels NaCl et Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> avec des moyennes du taux de germination de  $15.07 \pm 8.36$  % et  $16 \pm 11.33$  % respectivement.

Les concentrations 20, 25 et 30% de la solution saline du NaCl ont présenté les taux de germination les plus faibles avec les valeurs de  $1.73 \pm 20.8$  % ,  $1.87 \pm 2.18$  % et  $0.67 \pm 1.17$  % respectivement. Pour la concentration de 35 % le taux de germination est nul, donc nous assistons à une inhibition de la germination.

Quant à la solution saline du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ce sont les concentrations de 25, 30 et 35% qui ont enregistré les taux de germination les plus faibles avec les valeurs de  $1.47 \pm 2.02$  %  $0.13 \pm 0.48$  % et  $0.13 \pm 0.29$  % respectivement.

D'après nos résultats, nous pouvons dire que les taux de germination les plus élevés sont obtenus avec le témoin et la concentration de 5% des deux sels, la concentration du sel allant de 15 à 30% pour les deux sels, entraîne une diminution remarquable du taux de germination.

Pour le NaCl, la concentration de 35% entraîne une inhibition de la germination, tandis que pour le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, le taux de germination est très faible avec 0.13 %.

#### 4. 1. 3. Effet de la nature du sel sur le taux de germination

Nous constatons que la nature du sel (la composition chimique), a un effet sur le taux de germination (figure 4. 3).

Taux de germination (%)

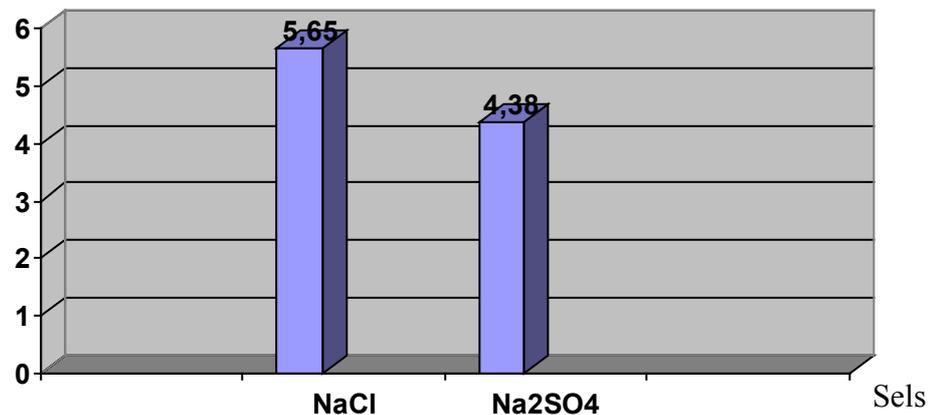


Figure 4. 3: Effet de la nature du sel sur le taux de germination

Les graines soumises au NaCl, présentent le taux de germination le plus élevée avec une moyenne de 5.65%, pour celles soumises au Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> présentent une moyenne de 4.38 %.

#### 4. 1. 4. Effet de l'interaction des concentrations du sel et les provenances des graines sur le taux de germination

Statistiquement, le facteur provenance des graines de l'*Atriplex halimus* n'a pas d'effet sur le taux de germination.

#### 4. 1. 5. Discussion

Selon ZID et BOUKHRIS [42], les graines d'*Atriplex halimus* sont caractérisées par la rapidité de leur germination (quelques heures sont suffisantes pour l'apparition de la

radicule), cette information est confirmée par notre étude, puisque nous avons obtenus des racines de 2 à 3 cm dès le premier jour de la mise en germination.

Les semences d'*Atriplex halimus* germent bien à des températures relativement basses, l'optimum thermique se situe aux environs de 15°C, ce qui confirme les résultats obtenus par BENREBIHA [16].

Le taux maximal est atteint au bout de six jours de la mise en germination.

A partir de cette étude, nous constatons que la provenance des graines d'*Atriplex halimus* n'a aucun effet sur la germination.

La nature du sel (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), affecte le taux de germination à différents degrés, les résultats obtenus montrent que pour les graines soumises au NaCl, le taux de germination est de 4.38%, quant aux graines soumises au Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, il est de 5.65%, cette réduction est due à la composition chimique du sel et à ses caractéristiques [44], elle semble être liée aussi à la forte pression osmotique [43].

La réduction de la germination est due à la notion des ions spécifiques qui composent le sel, car les chlorures sont plus néfastes que les sulfates et les chlorures liés au sodium sont plus néfastes que les sulfates liés au sodium [36].

Les concentrations du sel ont un effet considérable sur les taux de germination, pour notre travail, nous avons utilisé sept concentrations allant de 5 à 35 % et un témoin.

Les taux de germination les plus élevés sont obtenus au niveau du témoin avec 17.73%, avec la concentration 5% de NaCl le taux de germination enregistré est de 16%, alors qu'il est de 15.07% pour la concentration 5 % de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

D'après CHOUKR-ALLAH et *al.* [45], la germination est stimulée par des niveaux de salinité de 3%, vue la caractéristique halophyte de l'*Atriplex halimus*.

A partir de 10 % de sel, nous constatons que le taux de germination diminue d'une façon considérable et plus la dose du sel augmente, plus le taux de germination diminue (de 20% à 30%).

A 35% de sel, nous observons une inhibition de la germination, ce qui confirme les travaux de BINET [46]. Cette inhibition de la germination est causée par les fortes pressions osmotiques exercées par les sels [44].

Les résultats obtenus montrent que la concentration et la composition chimique des sels affectent la germination, ce qui confirme les travaux de WILLIAM et *al.* [43], qui note que le stress salin réduit de manière considérable les taux de germination chez plusieurs espèces du genre d'*Atriplex*.

La germination des graines de l'*Atriplex halimus* est le premier stade physiologique affecté par la salinité [1].

#### 4. 2. Effet de la nature, la concentration du sel associé à la provenance des graines de l'*Atriplex halimus* sur le nombre de paires de feuilles

Afin de déterminer l'effet de la nature, la concentration du sel et la provenance des graines de l'*Atriplex halimus* sur le nombre de paires de feuilles, nous avons effectué l'analyse de la variance (tableau 4. 2).

Tableau 4. 2 : Analyse de la variance l'effet de la nature, la concentration du sel et la provenance des graines de l'*Atriplex halimus* sur le nombre de paires de feuilles

	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Prob.	E.T.	C.V.
VAR.Totale	762.14	225	3.19				
VAR. Sel	31.29	2	15.64		27.02		
VAR.Provenance	598.71	14	93.91		68.95		
VAR. Sel×Provenance	21	28	0.70		1.21		
VAR. Résiduelle	111.15	181	0.58			0.76	19.7%

A l'issu de cet essai, les résultats obtenus montrent que pour le facteur provenance des graines de l'*Atriplex halimus*, l'analyse de la variance révèle l'existence d'une action significative sur le nombre de paires de feuilles.

L'analyse de la variance pour le deuxième facteur, concentration du sel, montre une action très significative sur le nombre de paires de feuilles.

L'analyse de la variance inter-facteurs sel et provenance des graines, ne révèle aucune différence significative.



Figure 4. 4 : Les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat soumises aux concentrations allant de 5% à 35% de NaCl



Figure 4. 5: Les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat soumises aux concentrations allant de 5% à 35% de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>



Figure 4. 6: Les plantules issues des graines de la provenance de Tébessa soumises aux concentrations allant de 5% à 30% de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

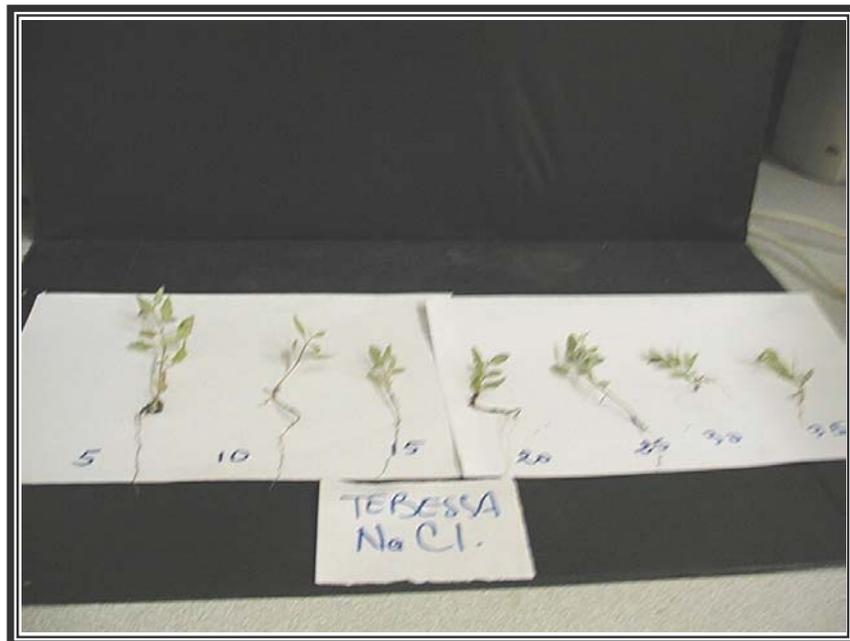


Figure 4. 7: Les plantules issues des graines de la provenance de Tébessa soumises aux concentrations allant de 5% à 35% de NaCl

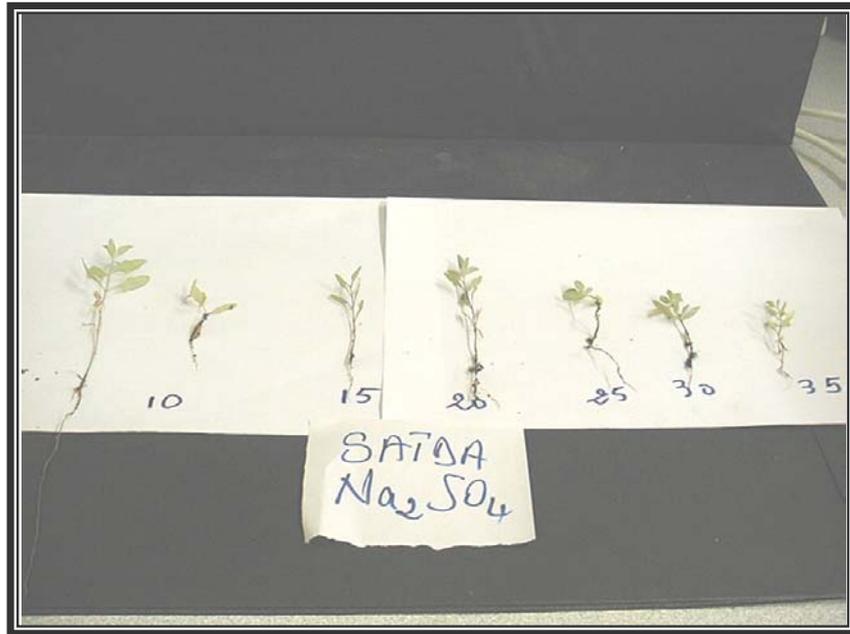


Figure 4. 8: Les plantules issues des graines de la provenance de Saïda soumises aux concentrations allant de 5% à 35% de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>



Figure 4. 9: Les plantules issues des graines de la provenance de Saïda soumises aux concentrations allant de 5% à 35% de NaCl

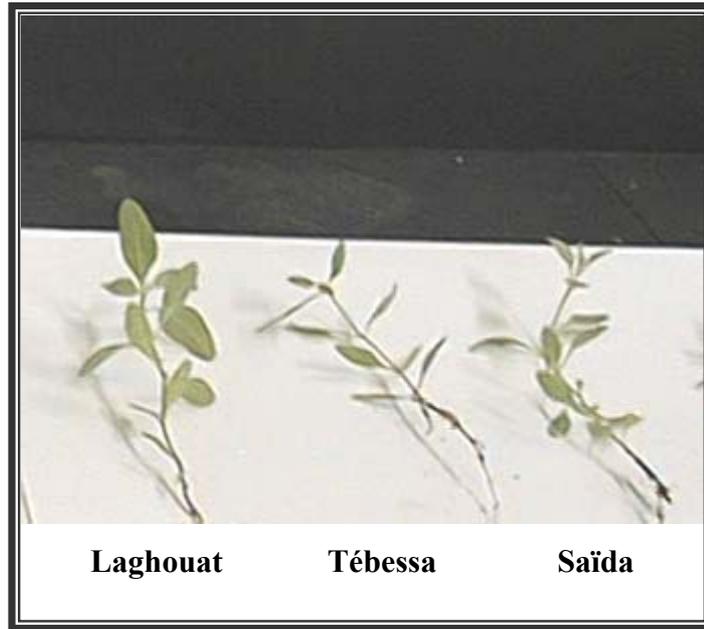


Figure 4. 10 : Les témoins des plantules issues des graines des trois provenances Laghouat, Tébessa et Saïda

4. 2. 1. Effet de la provenance des graines de l'*Atriplex halimus* sur le nombre de paires de feuilles

Nombre de paires de feuilles

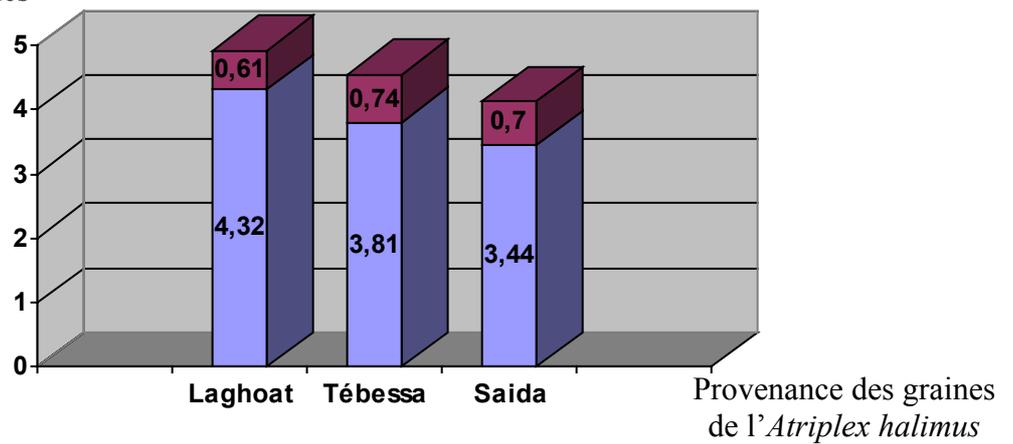


Figure 4. 11 : Effet de provenance des graines de l'*Atriplex halimus* sur le nombre de paires de feuilles

La figure (4. 11) montre que le nombre de paires de feuilles le plus élevé est obtenu avec la provenance de Laghouat avec une moyenne de  $4.32 \pm 0.74$ .

Suivi par la provenance de Tébessa avec une moyenne de nombre de paires de feuilles de  $3.81 \pm 0.74$ .

Le nombre de paires de feuilles le plus bas est obtenu avec les graines qui proviennent Saïda avec une moyenne de  $3.44 \pm 0.7$ .

#### 4. 2. 2. Effet de la concentration du sel sur le nombre de paires de feuilles

Les concentrations des sels utilisées au cours de notre expérimentation n'exercent pas le même effet sur le nombre de paires de feuilles, ceci est illustré dans la figure (4.12).

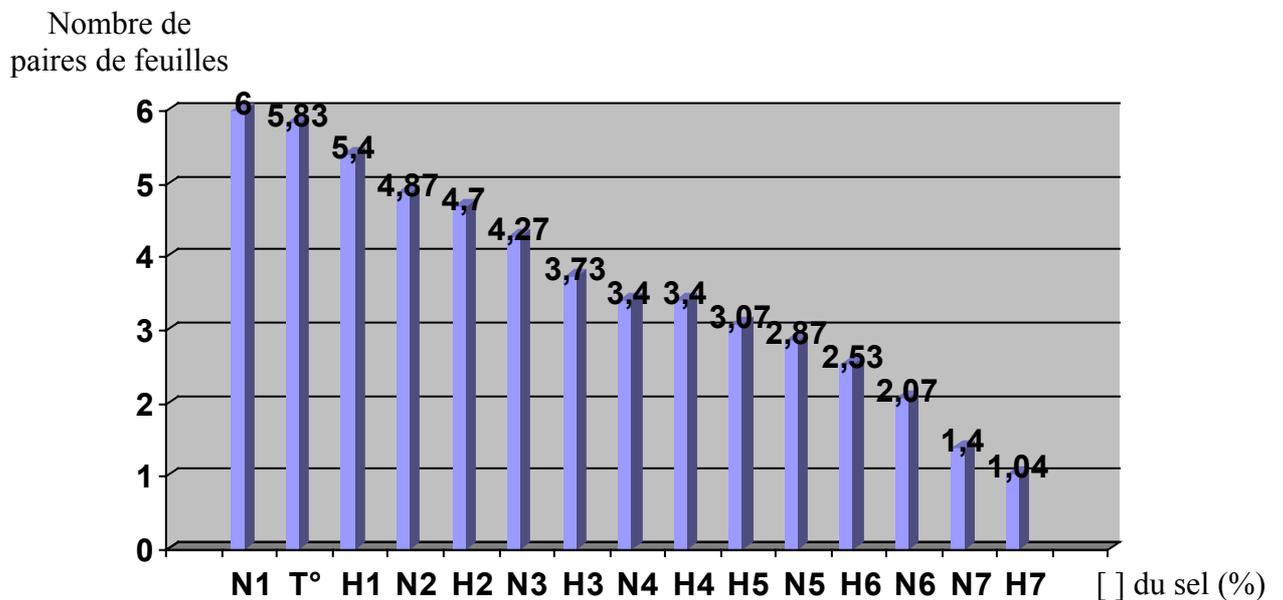


Figure 4. 12 : Effet de la concentration du sel sur le nombre de paires de feuilles

Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5%, révèle que le nombre de paires de feuilles le plus élevé est obtenu avec la concentration de 5% de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , nous avons compté six (6) paires de feuilles (figure 4. 12).

Le témoin et la concentration de 5% de  $\text{NaCl}$ , présentent un nombre de paires de feuilles élevé avec une moyenne respective de 5.83 et 5.4.

Nous constatons que la concentration de 5% de sel ne diminue pas le nombre de paires de feuilles mais, au contraire, elle stimule la croissance [6].

A partir de 15% du sel, le nombre de paires de feuilles présente une diminution considérable et plus la concentration du sel augmente, plus le nombre de feuille diminue.

Le nombre de paires de feuilles le plus bas est obtenu avec les concentrations 30% de NaCl avec  $2.53 \pm 0.76$ , 35% de NaCl avec  $2.07 \pm 1.13$ , 30% de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  avec  $1.40 \pm 1.33$  et la concentration de 35 % de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  avec  $1.40 \pm 1.13$ .

#### 4. 2. 3. Effet de la nature du sel sur le nombre de paires de feuilles

Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure (4. 13).

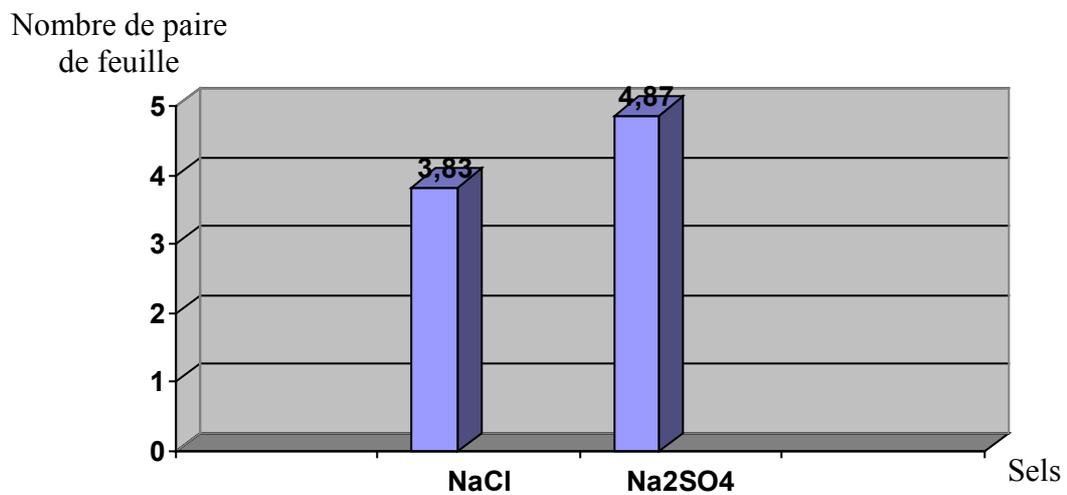


Figure 4. 13 : Effet de la nature du sel sur le nombre de paires de feuilles

Nous constatons que le nombre de paires de feuilles est plus élevé pour les plantules soumises au  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  avec une moyenne de 4.83 contre 3.83 pour les plantules soumises au NaCl.

Cela est dû aux chlorures qui composent le NaCl, car les chlorures sont plus néfastes que les sulfates qui composent le  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  et les chlorures liés au sodium sont plus néfastes que les sulfates liés au sodium [36].

#### 4. 2. 4. Discussion

A partir de cette étude, nous constatons que les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat résistent mieux au sel avec une moyenne de  $4.32 \pm 0.61$ , contre  $3.81 \pm 0.74$  pour les plantules issues des graines de la provenance de Tébessa et  $3.44 \pm 0.7$  pour les graines issues de la provenance de Saïda.

Le nombre de paires de feuilles est plus élevé pour les plantules soumises au  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  avec une moyenne de 4.83 contre 3.83 pour les plantules soumises au NaCl.

Cela est dû aux chlorures qui composent le NaCl, car les chlorures sont plus néfastes que les sulfates qui composent le  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  et les chlorures liés au sodium sont plus néfastes que les sulfates liés au sodium [36].

Lorsque le sodium est présent excessivement, il est utilisé à la place du potassium dans le fonctionnement des stomates [47].

L'accumulation du sodium est plus rapide que celle du chlore [47], environ 90 % de sodium ( $\text{Na}^+$ ) accumulé se trouve au niveau des organes aériens dont 80 % au niveau des feuilles [48].

Le témoin et les traitements à 5% de concentration des deux sels étudiés, présentent le nombre de paires de feuilles le plus important.

Les concentrations allant de 10 à 15% de sel présentent une diminution du nombre de paires de feuilles mais au-delà de 15% de sel, nous assistons à une diminution considérable du nombre de paires de feuilles.

A la concentration de 35%, le sel devient nocif pour la croissance [49].

Selon GALE [50], à 5% de sel, la stimulation de la croissance est due à une augmentation de la surface foliaire totale et non pas à une augmentation de la photosynthèse.

La diminution du nombre de paires de feuilles et de la croissance de l'*Atriplex halimus* au-delà de 20% de la concentration du sel, est causée par les dommages importants au niveau des structures microscopiques des chloroplastes et d'autres organites cellulaires [49].

Les concentrations élevées de NaCl, provoquent une forte réduction de la surface foliaire associée à une augmentation de la succulence et la densité stomatique [51].

La salinité affecte l'assimilation de carbone par la plante ce qui cause la réduction de l'indice foliaire plutôt que le taux de la photosynthèse [52].

Une forte salinité dans le sol, est perçue pour la plante comme une diminution de la disponibilité en eau [41].

Les concentrations salines trop élevées dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale, en particulier vis-à-vis des transporteurs ioniques cellulaires, le sodium entre en compétition avec le potassium et le calcium et le chlorure avec les nitrates, le phosphate et les sulfates [53], avec une réduction de l'alimentation en azote [52].

Les études du métabolisme ionique, montrent que chez les plantes résistantes, les ions toxiques sont exclus des sites sensibles de la cellule grâce à l'excrétion, l'exclusion ou la dilution, des processus qui permettent d'éviter les fortes accumulations ioniques dans le cytoplasme [54].

En présence du sel, nous avons constaté une brillance au niveaux des feuilles, ce qui confirme les travaux de BIRANE [55].

Les halophytes excluent le chlorure de sodium de leur feuilles par des glandes spécialisées dites les glandes à sel, situées à la face supérieure des feuilles, l'excrétion peut se faire aussi sous forme de poils salés chez le genre *Atriplex*, les poils sont constituées par des cellules très allongées, l'accumulation se fait dans les vacuoles [56].

4. 3. Effet de la nature et la concentration du sel associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur la longueur de la tige

Afin de déterminer l'effet de la nature et la concentration du sel associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur la longueur de la tige, nous avons effectué l'analyse de la variance (tableau 4. 3).

Tableau 4. 3 : Analyse de la variance de l'effet de la nature et de la concentration du sel associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur la longueur de la tige

	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Prob.	E.T.	C.V.
VAR. Totale	6096.07	225	25.51				
VAR. Sel	221.72	2	110.86	127.49	0.0000		
VAR. Provenance	5507.21	14	367.15	422.22	0.0000		
VAR. Sel×Provenance	200.18	28	6.67	7.67	0.0000		
VAR. Résiduelle	166.96	181	0.87			0.93	13.9%

L'analyse de la variance montre que le facteur provenance des graines de l'*Atriplex halimus* a un effet hautement significatif sur la longueur de la tige.

La concentration du sel a une action hautement significative sur la longueur de la tige.

L'analyse de la variance inter-facteurs révèle une action significative sur la longueur de la tige.

#### 4. 3. 1. Effet de la provenance des graines de l'*Atriplex halimus* sur la longueur de la tige

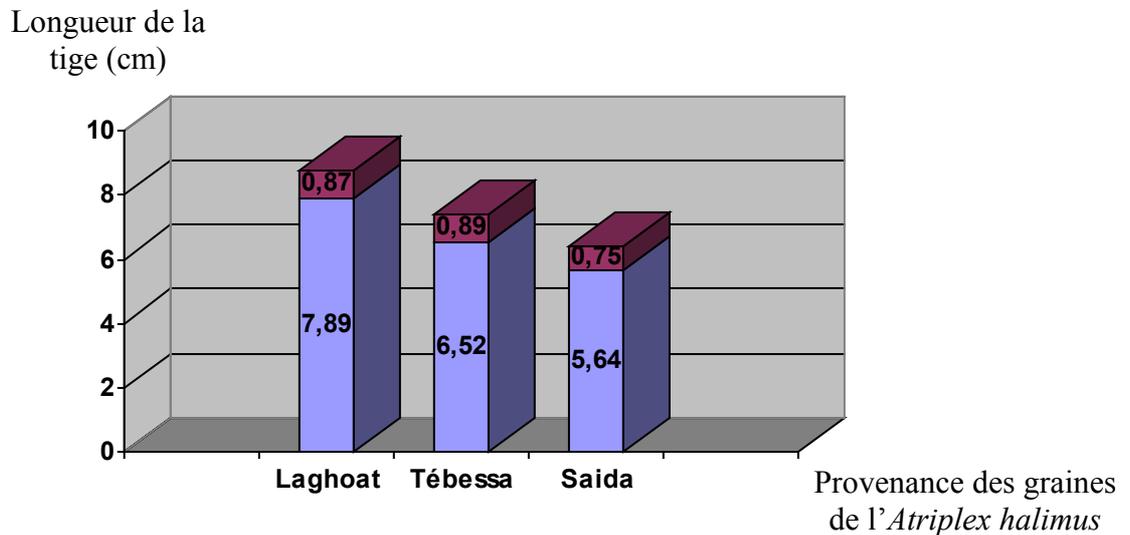


Figure 4. 14 : Effet de provenance des graines sur la longueur de la tige

La figure (4. 14), permet de tirer les observations suivantes :

La longueur de la tige la plus élevée est obtenue avec les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat pour une moyenne de  $7.89 \pm 0.87$  cm.

Suivie des plantules issues des graines de la provenance de Tébessa avec une moyenne de  $6.52 \pm 0.89$  cm.

La moyenne de la longueur de la tige la plus basse est obtenue au niveau des plantules issues des graines de la provenance de Saïda avec une moyenne de  $5.64 \pm 0.75$  cm.

#### 4. 3. 2. Effet de la concentration du sel sur la longueur moyenne de la tige

Les longueurs des tiges des plantules issues des différentes provenances présentent des réponses assez hétérogènes vis-à-vis les différentes concentrations de sel (figure 4. 15).

La figure (4.15) montre que la moyenne de la longueur de la tige la plus élevée est obtenue avec le témoin pour  $14.50 \pm 0.27$  cm, suivie des plantules soumises à la concentration de 5% de NaCl avec  $12.76 \pm 1.23$  cm et de  $12.68 \pm 0.97$  cm pour les plantules soumises à la concentration de 5% de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### La moyenne de la longueur

de la tige (cm)

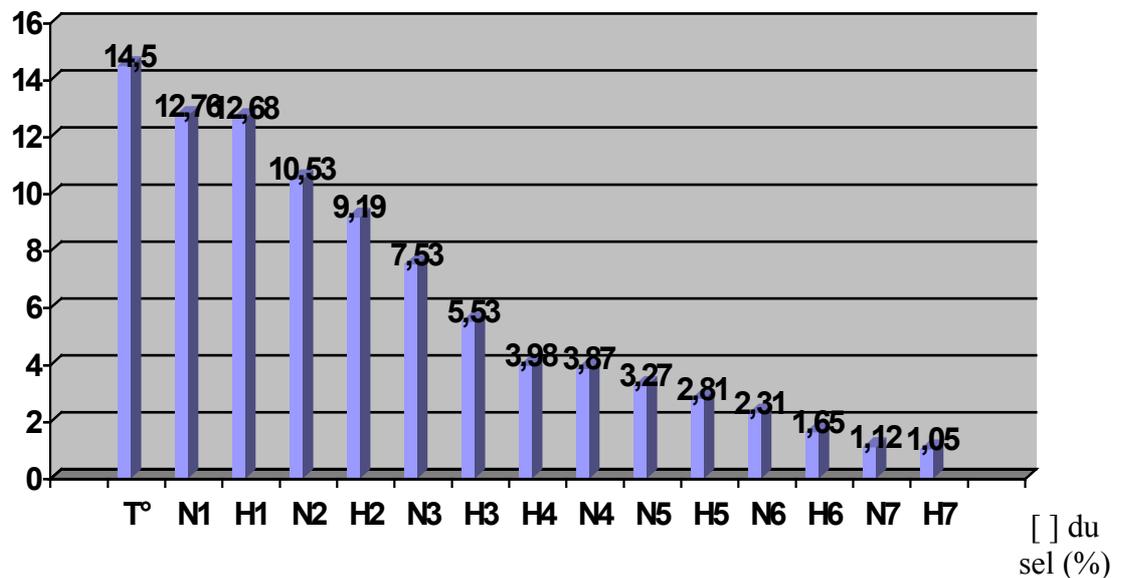


Figure 4. 15 : Effet de la concentration du sel sur la moyenne de la longueur de la tige

L'effet des deux sels NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> est très significatif pour la concentration de 15% avec une moyenne de la longueur de la tige de  $7.53 \pm 0.85$  cm pour les plantules soumises au NaCl et  $5.53 \pm 1.16$  cm pour celles soumises au Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

A partir de 25 % de sel, la longueur moyenne de la tige est très affectée avec 1 à 2 cm. La concentration de 35% de sel provoque une inhibition significative de l'allongement des tiges ce qui confirme les résultats de BELFERD [57].

#### 4. 3. 3. Effet de la nature du sel sur la longueur moyenne de la tige

Les résultats obtenus sont illustrés par la (figure 4.16).

D'après le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5%, nous remarquons que l'effet de sel se manifeste plus au moins fortement d'un sel à un autre, le NaCl a plus d'effet en ralentissant l'allongement avec une moyenne de 6.42 cm contre 7.99 cm pour le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ce qui confirme les travaux de HADJ-ARAB [58].

La moyenne de la longueur

de la tige (cm)

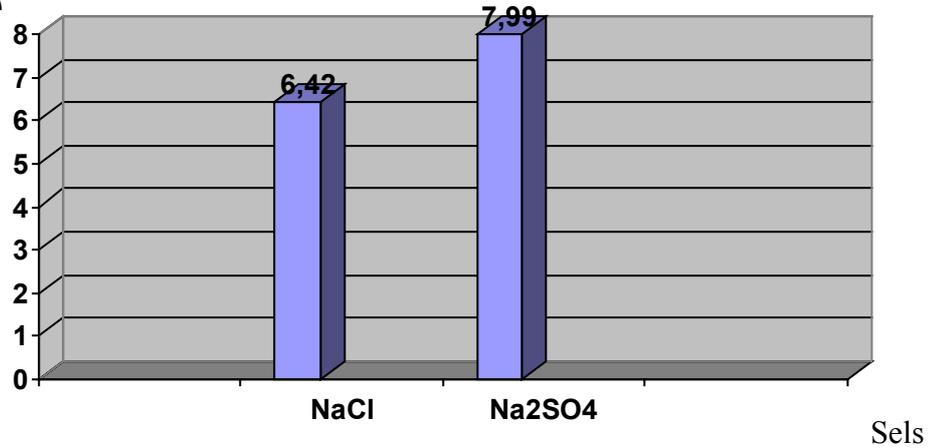


Figure 4. 16 : Effet de la nature du sel sur la longueur moyenne de la tige

#### 4. 3. 4. Effet de la concentration du sel associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur la longueur de la tige

L'étude de l'interaction entre les deux facteurs : concentration du sel et provenance des graines, nous montre que la moyenne de la longueur de la tige la plus élevée est obtenue avec les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat soumises à la concentration de 5% avec  $16.06 \pm 1.59$  cm (figure 4. 17).

Les groupes homogènes nous révèlent que la moyenne de la longueur de la tige pour le témoin est de  $15.60 \pm 0.37$  cm, suivie de celles soumises à la concentration de 5% de NaCl avec  $14.72 \pm 0.86$  cm, et avec  $15.50 \pm 0.5$  cm pour celles soumises à la concentration de 5% de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

En second, nous avons les plantules issues des graines de la provenance de Tébessa soumises à la concentration de 5% du NaCl avec une moyenne de 14 cm et celles soumises au Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> avec une moyenne de 14 cm.

Les plantules issues des graines de la provenance de Saïda sont les plus résistantes à l'élévation des concentrations.

Les plantules qui présentent les moyennes de la longueur de tige les plus basses, sont celles issus des graines de la provenance de Tébessa et Saïda.

*La moyenne de la  
longueur de la tige (cm)*

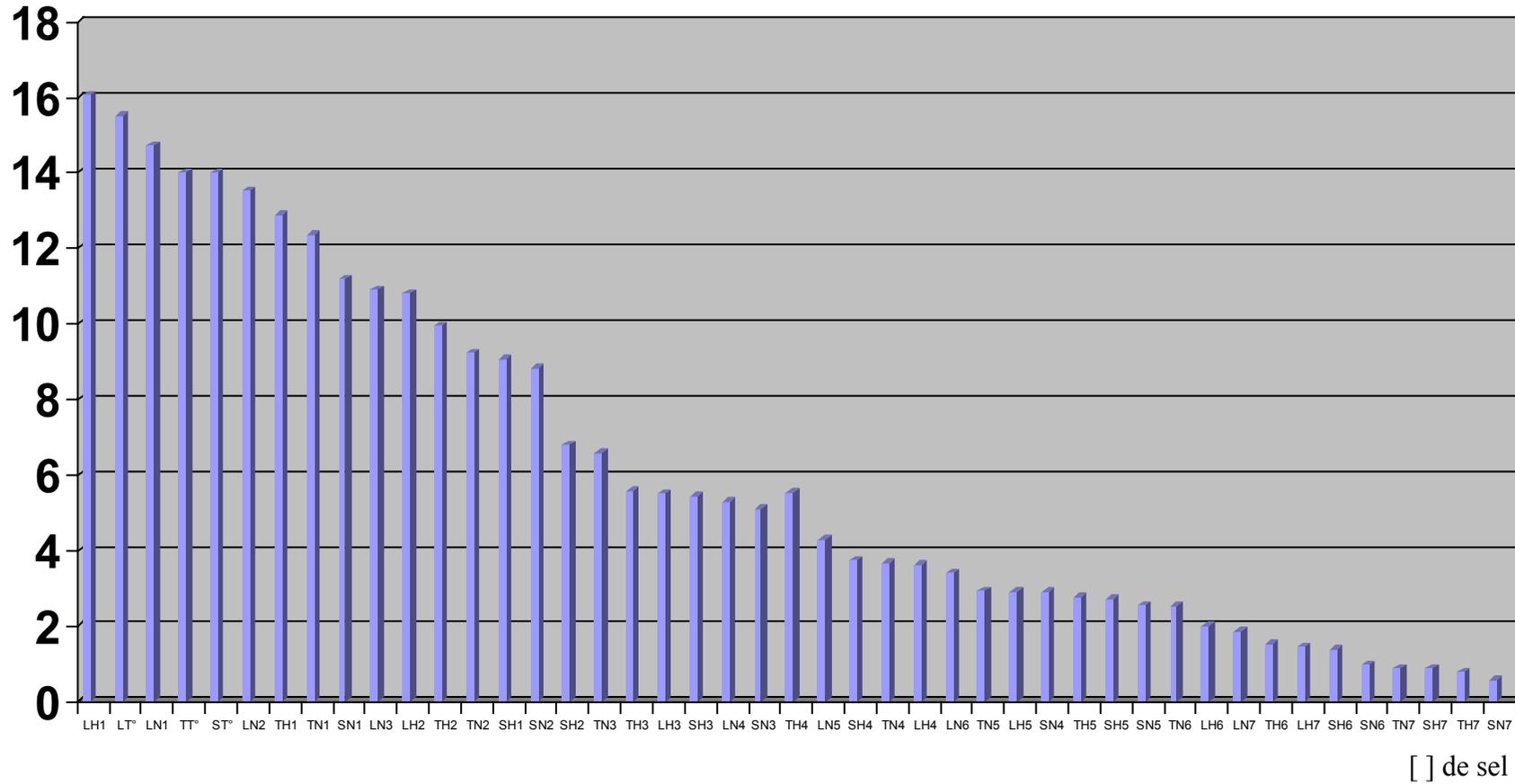


Figure 4. 17 : Effet de la concentration du sel et les provenances des graines sur la moyenne de la longueur de la tige

#### 4. 3. 5. Discussion

*Nous constatons que la longueur de la tige est affectée par les provenances des graines de l'*Atriplex halimus*, la nature et les concentrations du sel.*

*Les plantules qui résistent mieux aux sels sont celles issues des graines de la provenance de Laghouat suivie de celles de Tébessa et puis celles de Saïda, ce qui confirme les interactions génotype et environnement car les espèces acquièrent une certaine résistance lorsqu'elles sont confrontées aux conditions défavorables.*

*L'effet exercé par la nature sel sur la plante se manifeste plus au moins fortement d'un sel à un autre, dans notre étude, le NaCl est plus néfaste pour l'allongement que le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ce qui confirme les travaux de HADJ-ARAB [58], car le sodium lié au chlore s'avère plus toxique que le sodium lié au sulfate et les chlorures semblent manifester plus de dégâts sur la plante que les sulfates [59].*

La concentration de 5% de sel, stimule l'allongement des plantules d'*Atriplex halimus* [57] [60], issues des graines de la provenance de Laghouat avec une moyenne de  $16.06 \pm 1.59$  cm.

A partir de 10% de sel, la croissance et l'allongement des plantules est ralentie, cette réduction semble être due à la présence de sodium dans le milieu qui bloque l'assimilation de certains éléments nutritifs nécessaires au développement des tiges par le phénomène d'antagonisme[61].

A la concentration de 35% de sel, nous avons observé une inhibition de l'allongement de la tige, ce qui confirme les travaux de BELFERD [57].

Au delà de 20% de sel, le nombre de paires de feuilles ainsi que l'allongement de la tige commencent à diminuer [62], cette réduction serait plutôt due à l'enrichissement des tissus en sodium [63].

Les sels induisent une augmentation de la taille des vaisseaux conducteurs et du diamètre des tiges ce qui entraîne la diminution de la longueur des tiges [62] [64].

4. 4. Effet de la nature et la concentration du sel associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur la longueur de la racine principale

L'analyse de la variance va nous permettre de déterminer l'effet de la nature et la concentration du sel, associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur la longueur de la racine principale (tableau 4. 4).

Tableau 4. 4 : Analyse de la variance de l'effet de la nature et la concentration du sel associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur la longueur de la racine principale

	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Prob.	E.T.	C.V.
VAR. Totale	1498.67	225	6.23				
VAR. Sel	59.96	2	29.98	36.96	0.0000		
VAR. Provenance	1201.44	14	80.10	98.73	0.0000		
VAR. Sel×Provenance	72.51	28	2.42	2.98	0.0000		
VAR. Résiduelle	155.77	181	0.81			0.90	23.8 %

L'analyse de la variance montre que le facteur provenance des graines de l'*Atriplex halimus* (Laghout, Tébessa et Saïda), a un effet hautement significatif sur la longueur de la racine principale.

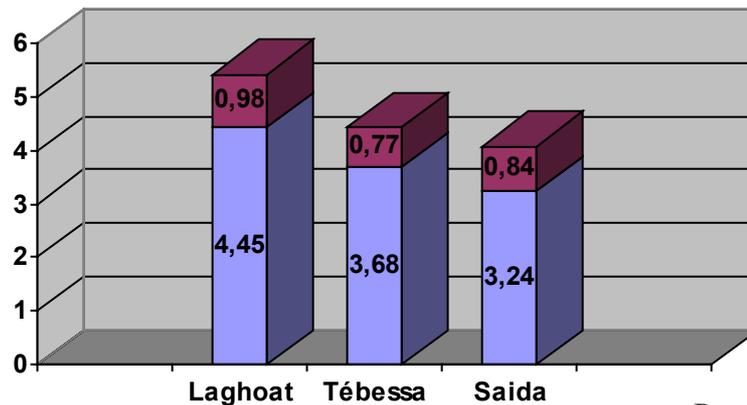
La concentration du sel a une action hautement significative sur la longueur de la racine principale.

L'analyse de la variance inter- facteurs révèle une action significative sur la longueur de la racine principale.

#### 4. 4. 1. Effet de la provenance des graines de l'*Atriplex halimus* sur la longueur de la racine principale.

D'après le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5%, nous remarquons que la moyenne de la longueur de la racine principale la plus élevée est obtenue avec les plantules des graines issus de la provenance de Laghouat avec une moyenne de  $4.45 \pm 0.98$  cm, suivie de celles de Tébessa avec une moyenne de  $3.68 \pm 0.77$  cm et celles de Saïda avec une moyenne de  $2.24 \pm 0.64$  cm, donc les plantules d'*Atriplex halimus* des graines issues de la provenance de Laghouat sont celles qui résistent au mieux au sel (figure 4. 18).

Longueur de la racine principale (cm)



Provenance des graines de l'*Atriplex halimus*

Figure 4. 18 : Effet de provenance des graines de l'*Atriplex halimus* sur la longueur de la racine principale

#### 4. 4. 2. Effet de la concentration du sel sur la longueur moyenne de la racine principale

D'après le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5%, nous constatons que la concentration de 5% de NaCl présente la moyenne de la longueur de la racine principale la plus élevée avec  $7.48 \pm 1.61$  cm, par rapport au témoin qui présente une moyenne de  $6.5 \pm 1.02$  cm (figure 4. 19).

*Longueur de la racine*

*principale (cm)*

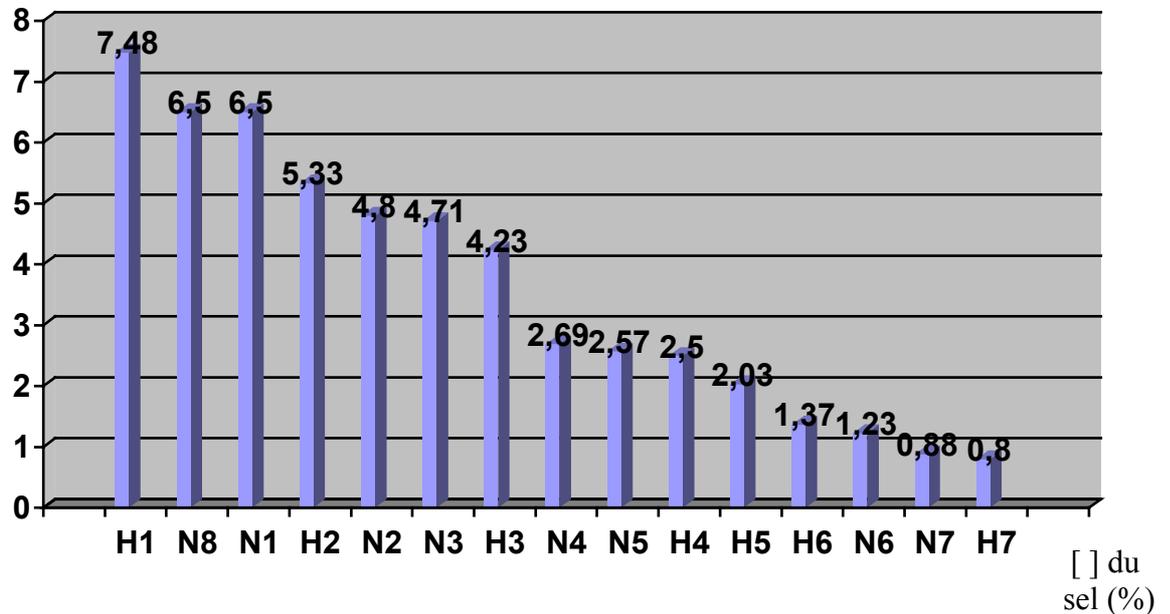


Figure 4. 19 : Effet de la concentration du sel sur la moyenne de la longueur de la racine principale

Au-delà de 10 % de sel, nous constatons une diminution considérable de la longueur de la racine principale avec une moyenne de la racine principale allant de 24 cm.

Les concentrations de 30 et 35 % de sel, entraînent une inhibition de la croissance de la racine principale.

#### 4. 4. 3. Effet de la nature du sel sur la longueur moyenne de la racine principale

D'après la figure (4. 20), nous constatons que le NaCl ralentit l'allongement de la racine principale avec une moyenne de 3.7 cm, plus que le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> qui présente une moyenne de 4.5 cm, ce ralentissement est dû au chlorure qui compose le NaCl, qui sont plus néfastes que les sulfates qui composent le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

*Longueur de la racine  
principale (cm)*

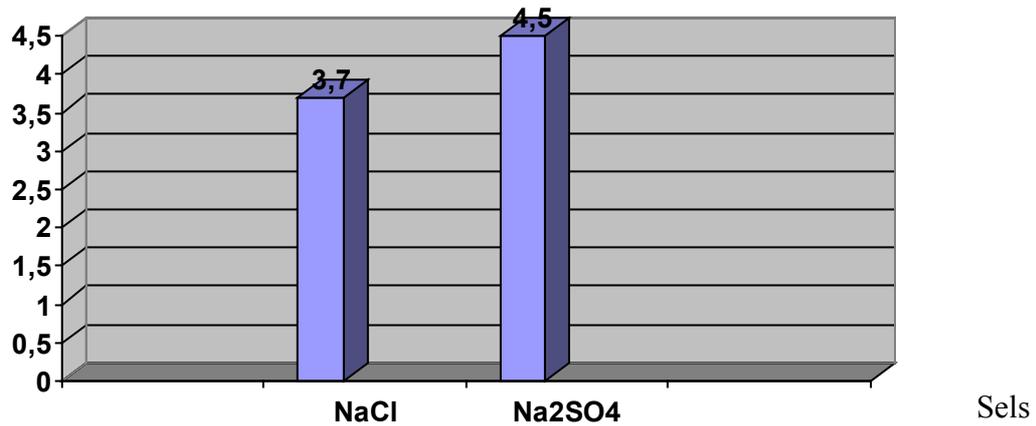


Figure 4. 20 : Effet de la nature du sel sur la longueur moyenne de la racine principale

#### 4. 4. 4. Effet de la concentration du sel associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur la longueur de la racine principale.

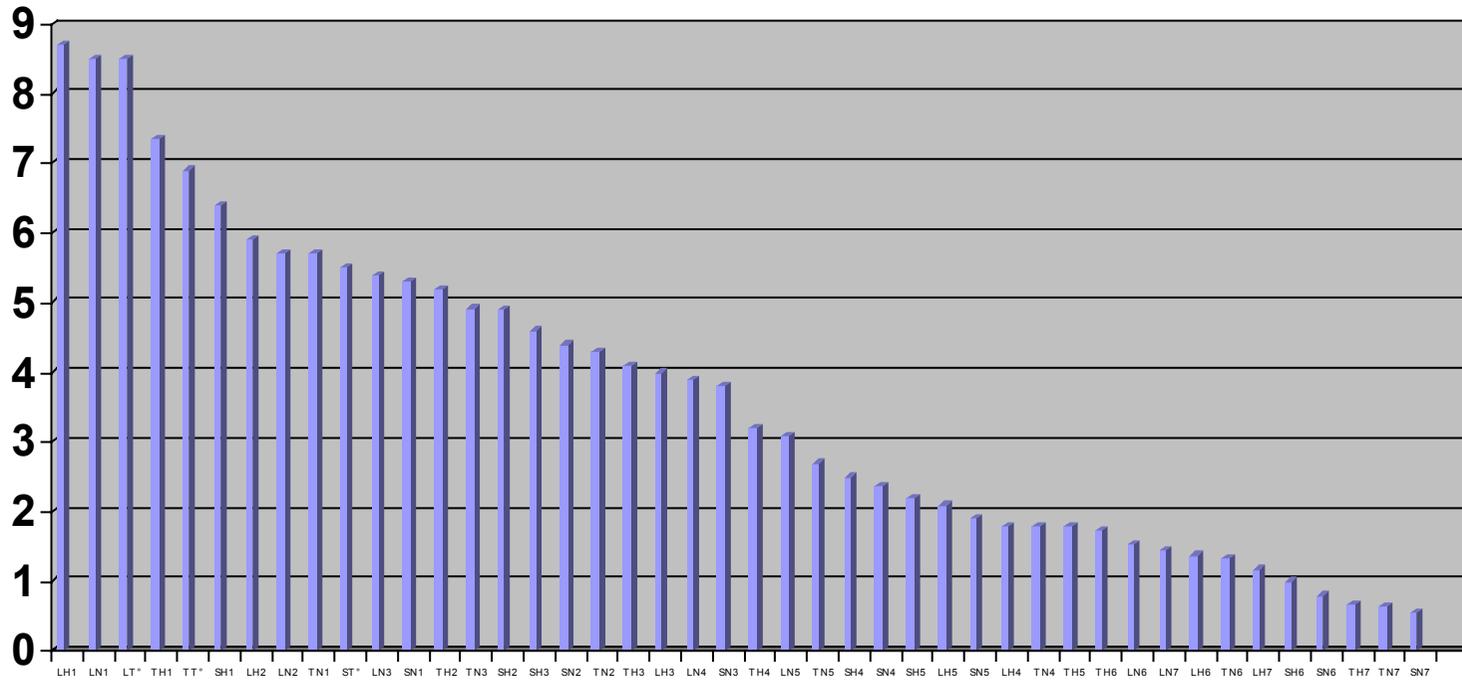
L'étude de l'interaction des deux facteurs sel et provenance des graines de l'*Atriplex halimus*, nous montre que la moyenne de la racine principale la plus élevée est obtenue avec les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat soumises à la concentration de 5% de NaCl avec 8.7 cm, et 8.5 cm pour celles soumises au Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> par rapport au témoin qui présente une moyenne de 8.5 cm (figure 4. 21).

Suivie par les plantules issues des graines de la provenance de Tébessa soumises à la concentration de 5% de NaCl avec 7.34 cm.

Les plantules issues des graines de la provenance de Saïda sont les moins résistantes au sel avec une moyenne de 6.4 cm soumises à la concentration de 5% de NaCl.

Au-delà de 10% de sel, nous assistons à une inhibition de l'allongement de la racine principale, pour les plantules issues des trois provenances.

*Longueur de la racine  
principale (cm)*



[ ] de sel (%) × Provenances

Figure 4. 21 : Effet de la concentration du sel et les provenances des graines sur la moyenne de la longueur de la racine principale

#### 4. 4. 5. Discussion

Nous constatons que les deux facteurs : sel (concentration et nature) et provenance des graines de *Atriplex halimus* ont un effet sur la longueur de la racine principale.

La longueur de la racine principale la plus marquée est obtenue avec les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat ensuite celles de Tébessa et Saïda, cette résistance est acquise par l'espèce comme réponse à l'environnement de l'espèce [42].

Le sel manifeste un effet qui diffère d'un sel à un autre selon sa composition chimique, les ions qui composent les sels provoquent une diminution suivant leur nature.

Dans notre étude, la moyenne de la longueur des racines des plantules soumises au  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  est plus importante que celle des plantules soumises au  $\text{NaCl}$ , ce qui confirme les travaux de HADJ-ARAB [58], qui note que les chlorures ont un effet plus toxique que les sulfates et le sodium lié aux chlorures est plus néfaste que celui lié aux sulfates [58].

La concentration de 5% de  $\text{NaCl}$ , stimule la croissance des plantules issues des graines des trois provenances Laghouat, Tébessa et Saïda, avec une moyenne respective de 8.5 cm, 7.34 et 6.4 cm par rapport aux témoins qui présentent des moyennes respectives de 8 cm, 6.5 cm et 6.5 cm. Cette stimulation est due à la caractéristique halophyte de l'espèce *Atriplex halimus* [65] [66].

Au-delà de 10% de sel, nous constatons une diminution progressive au fur et à mesure que les concentrations augmentent, ce qui confirme les travaux de THUAULT [67], qui note que dans le cas de l'*Atriplex halimus* et *Atriplex arenaria*, le  $\text{NaCl}$  modifie le rythme de la croissance des racines.

Les concentrations de 30% et 35%, entraînent une inhibition de l'allongement des racines qui peut être due au phénomène de toxicité [68], cette diminution est associée au changement de la couleur des racines qui deviennent blanches (couleur rouillée en absence de sel), grêles et moins ramifiées.

4. 5. Effet de la nature et la concentration du sel associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur le poids frais de la partie aérienne

L'analyse de la variance va nous permettre de déterminer l'effet de la nature et la concentration du sel, associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur le poids frais de la partie aérienne (tableau 4. 5).

Tableau 4. 5 : Analyse de la variance de l'effet de la nature et la concentration du sel associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur le poids frais de la partie aérienne

	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Prob.	E.T.	C.V.
VAR. Totale	6.65	225	0.03				
VAR. Sel	0.12	2	0.06	199.98	0.0000		
VAR. Provenance	6.18	14	0.41	1359.75	0.0000		
VAR. Sel×Provenance	0.29	28	0.01	31.83	0.0000		
VAR. Résiduelle	0.06	181	0.00			0.02	9.9 %

L'analyse de la variance montre que le facteur provenance des graines de l'*Atriplex halimus* (Laghouat, Tébessa et Saïda), a un effet hautement significatif sur le poids frais de la partie aérienne.

La concentration du sel a une action hautement significative sur le poids frais de la partie aérienne.

L'analyse de la variance inter- facteurs révèle une action significative sur le poids frais de la partie aérienne.

4. 5. 1. Effet de la provenance des graines de l'*Atriplex halimus* sur le poids frais de la partie aérienne

*Poids frais de la*

*partie aérienne (g)*

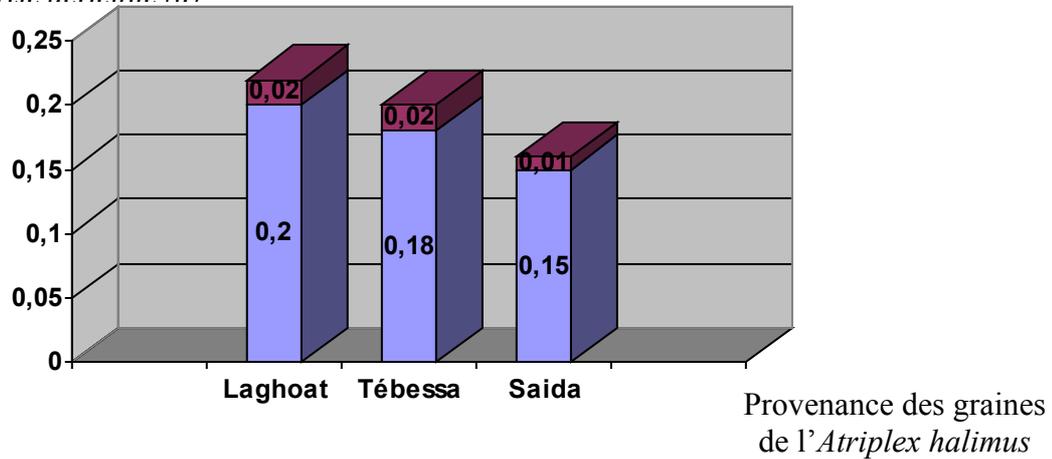


Figure 4. 22 : Effet de provenance des graines sur le poids frais de la partie aérienne

D'après le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5%, nous pouvons classer les plantules issues des graines des trois provenances en trois groupes homogènes (figure 4. 22).

Le poids frais de la partie aérienne le plus élevé a été enregistré chez les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat avec une moyenne de  $0.2 \pm 0.02$  g.

Suivie des plantules issues des graines de la provenance de Tébessa avec une moyenne de  $0.18 \pm 0.02$  g.

Les plantules qui présentent le poids frais de la partie aérienne le plus bas est obtenu au niveau des plantules issues des graines de la provenance de Saïda avec une moyenne de  $0.15 \pm 0.01$  g.

Les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat sont celles qui résistent au mieux à la salinité que celles de Tébessa et Saïda.

#### 4. 5. 2. Effet de la concentration du sel sur le poids frais de la partie aérienne

Poids frais de la partie aérienne (g)

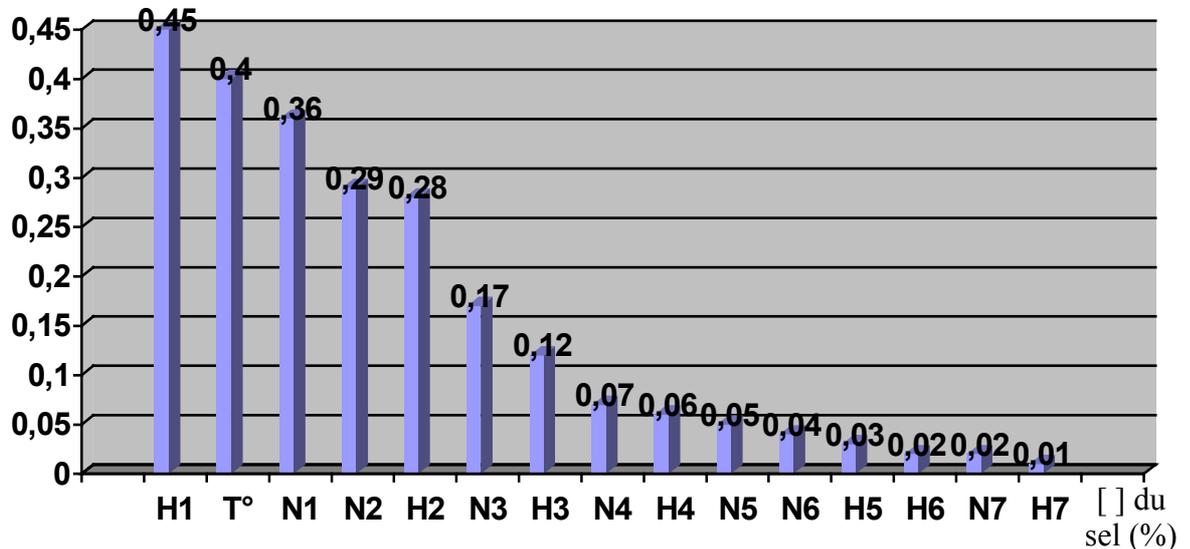


Figure 4. 23 : Effet de la concentration du sel sur le poids frais de la partie aérienne

D'après le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5%, le groupe homogène qui présente le poids frais de la partie aérienne le plus élevé est représenté avec la concentration de 5% de NaCl, pour une moyenne de  $0.45 \pm 0.01$  g par rapport au témoin avec  $0.044 \pm 0.01$  g et la concentration de 5% de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  avec  $0.4 \pm 0.01$ g (figure 4. 23).

Au-delà de 10% de sel, nous constatons que le poids frais de la partie aérienne baisse d'une façon considérable au fur et à mesure que les concentrations augmentent.

A partir de 25% des deux sels, nous assistons à une inhibition de la croissance et le poids frais de la partie aérienne n'augmente plus.

#### 4. 5. 3. Effet de la nature du sel sur le poids frais de la partie aérienne

Nous constatons d'après la (figure 4. 24), que le NaCl a plus d'effet d'inhibition de l'augmentation poids frais de la partie aérienne avec une de 0.13 g, que le  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  qui présente une moyenne de 0.15 g, cela est dû aux chlorures additionnés au sodium qui ont des effets plus néfastes que les sulfates additionnés au sodium [57].

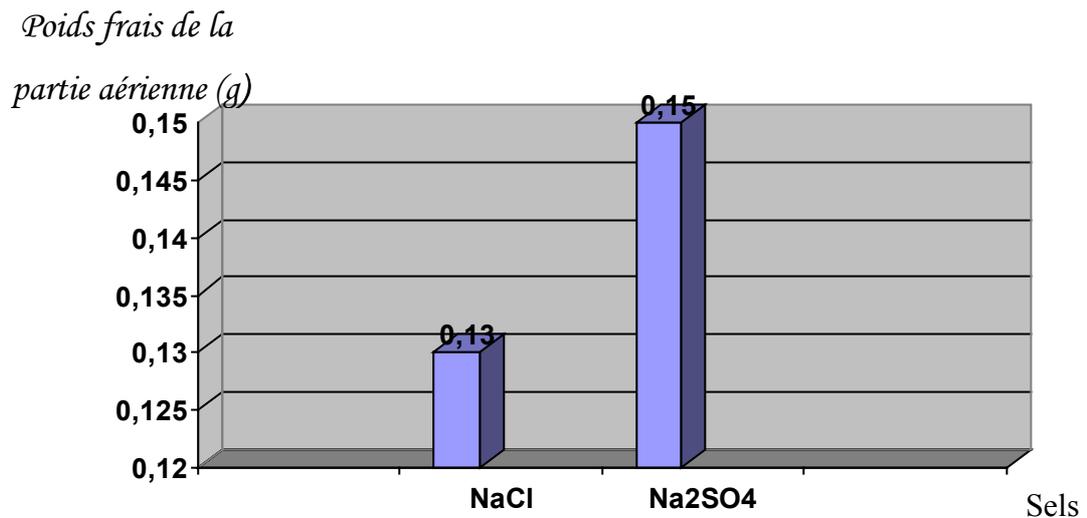


Figure 4. 24 : Effet de la nature du sel sur le poids frais de la partie aérienne

#### 4. 5. 4. Effet de la concentration du sel associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* le poids frais de la partie aérienne

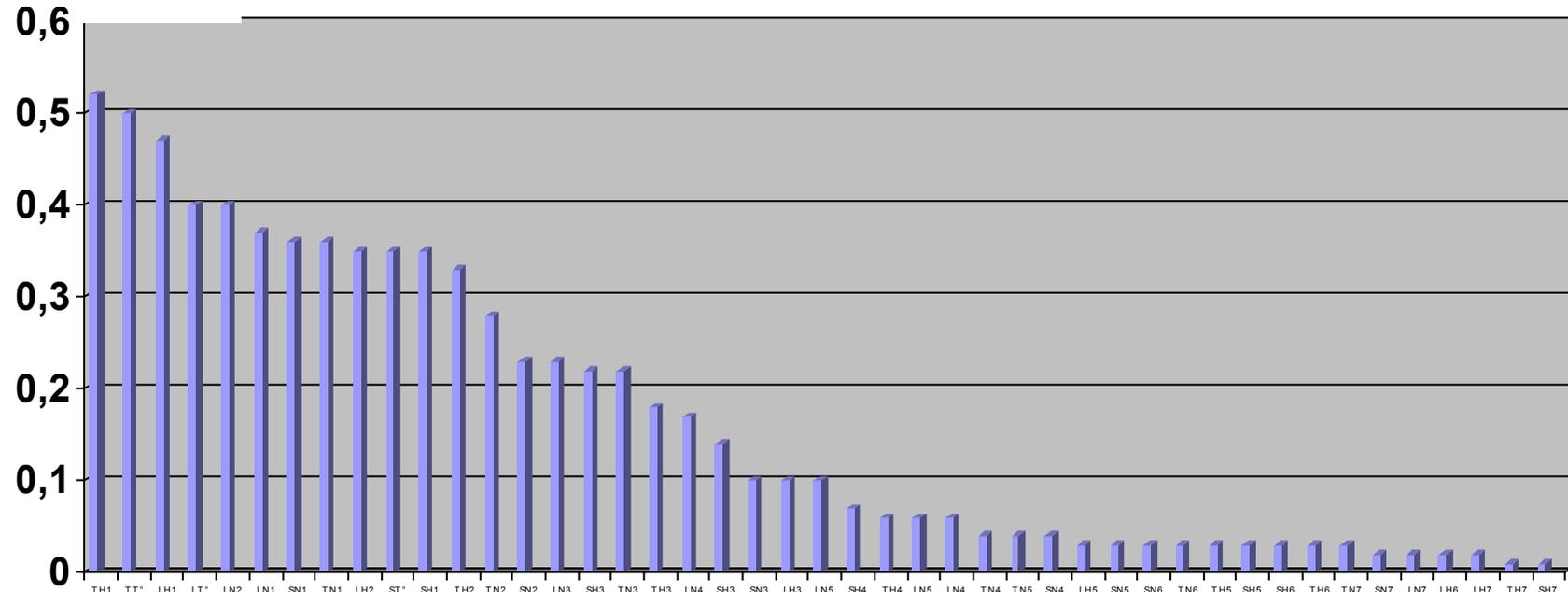
L'étude de l'interaction sel (concentration et nature) et provenance des graines l'*Atriplex halimus*, révèle que le poids de la partie aérienne le plus élevé est obtenu avec la concentration de 5% au niveau des plantules issues des graines de la provenance de Laghouat avec une moyenne de  $0.52 \pm 0.01$  g par rapport au témoin avec une moyenne de  $0.50 \pm 0.01$  g suivie de celles Tébessa avec une moyenne de  $0.47 \pm 0.02$  g par rapport au témoin qui présente une moyenne de  $0.50 \pm 0.02$  g (figure 4. 25).

Pour les plantules issues des graines de la provenance de Saïda soumises à la concentration de 5%, sont celles qui présentent le poids de la partie aérienne le plus bas avec  $0.36 \pm 0.01$  g, par rapport aux deux autres provenances, mais qui est supérieure au témoin qui présente une moyenne de  $0.35 \pm 0.01$  g.

A partir de 10% de concentrations des deux sels, les plantules issues des graines des trois provenances présentent une diminution de la croissance au fur et à mesure que les concentrations de sels augmentent.

Au delà de 30% de sel, nous assistons une inhibition de la croissance de la partie aérienne et le poids n'augmente plus.

Poids frais de la  
partie aérienne (g)



[ ] de sel (%) × Provenances

Figure 4. 25 : Effet de la concentration du sel et les provenances des graines sur le poids frais de partie aérienne

#### 4. 5. 5. Discussion

A l'issu de cette étude, nous constatons que les deux facteurs : sel (concentration et nature) et provenance des graines de *Atriplex halimus* ont un effet sur le poids frais de partie aérienne.

Le poids frais de partie aérienne lu plus important est obtenu avec les plantules issues de la provenance de Laghouat avec une moyenne  $0.2 \pm 0.02$  g, suivie de celles de Tébessa et Saïda, cette résistance est génétique, elle comme une repense à l'environnement pour mieux s'adapter [69], ce qui montre qu'il existe une variabilité entre les populations étudiées donc une différence génétique vis-à-vis la salinité [69].

La toxicité due au sel se manifeste suivant les ions qui composent les sels, selon MAHRANE [59], les chlorures causent plus de dégâts au niveau de la croissance que les sulfates, ce qui confirme nos travaux puisque le poids frais de partie aérienne est plus important pour les plantules soumises au  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  avec une moyenne de  $0.15 \pm 0.01$  g, contre  $0.13 \pm 0.01$  g que celles soumises au NaCl.

La concentration de 5% de sel, présente le poids de la partie aérienne le plus important avec une moyenne de  $0.52 \pm 0.02$  g par rapport au témoin qui présente une moyenne de  $0.50 \pm 0.01$  g pour les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat, ce qui confirme les résultats de BINET [64], qui note qu'au début de la phase végétative, une faible concentration de 150 mmhos/cm stimule l'accumulation de la matière fraîche de la plante entière, c'est vraisemblablement le reflet de caractère halophile de l'espèce *Atriplex halimus*, ainsi l'accumulation de poids frais en présence de sel est supérieur à celle de témoin sans sel [49].

Au-delà de 10% de sel, le poids frais de la partie aérienne diminue progressivement au fur et à mesure que les concentrations augmentent.

A 35% de sel, nous constatons une inhibition de la croissance ce qui confirme les résultats de BENREBIHA [16], cette inhibition de la croissance est due au phénomène de toxicité [68].

4. 6. Effet de la nature et la concentration du sel associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur le poids frais de la partie racinaire

L'analyse de la variance va nous permettre de déterminer l'effet de la nature et la concentration de sel, associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur le poids frais de la partie racinaire (tableau 4. 6).

Tableau 4. 6 : Analyse de la variance de l'effet de la nature et la concentration du sel associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur le poids frais de la partie racinaire

	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Prob.	E.T.	C.V.
VAR.Totale	7.61	225	0.03				
VAR. Sel	0.17	2	0.09	5.95	0.0000		
VAR.Provenance	3.24	14	0.22	15.95	0.0000		
VAR. Sel×Provenance	1.45	28	0.05	3.39	0.0000		
VAR. Résiduelle	2.74	181	0.01			0.12	96.5 %

L'analyse de la variance montre que le facteur provenance des graines de l'*Atriplex halimus* (Laghouat, Tébessa et Saïda), a un effet significatif sur le poids frais de la partie aérienne.

La concentration du sel a une action très significative sur le poids frais de la partie aérienne.

L'analyse de la variance inter- facteurs révèle une action significative sur le poids frais de la partie aérienne.

#### 4. 6. 1. Effet de la provenance des graines de l'*Atriplex halimus* sur le poids frais de la partie racinaire

Poids frais de la

partie racinaire (mg)

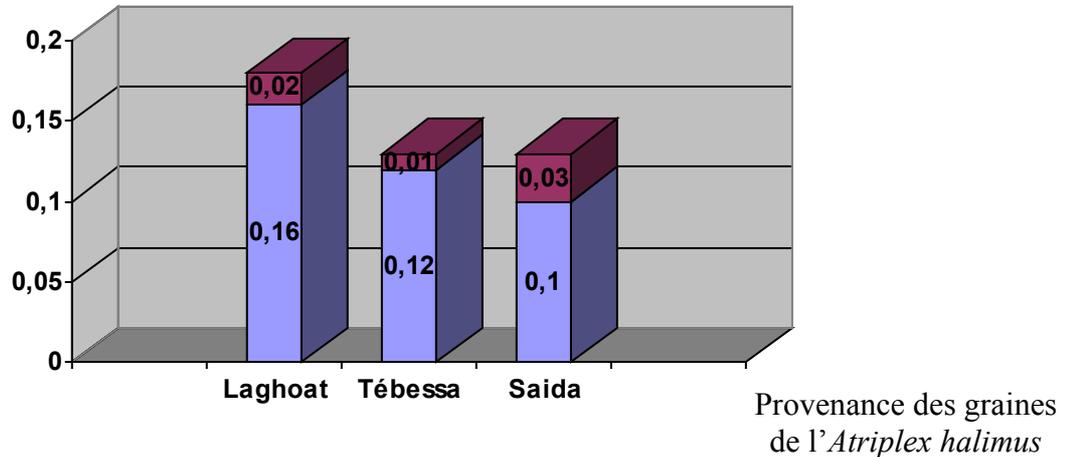


Figure 4. 26 : Effet de provenance des graines de l'*Atriplex halimus* sur le poids frais de la partie racinaire

D'après le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5%, nous pouvons classer les provenances en deux groupes (figure 4. 26).

Le premier groupe qui présente le poids frais de la partie racinaire le plus élevé est représenté par les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat avec une moyenne de  $0.16 \pm 0.01$  mg.

Suivie de deuxième groupe qui est représenté par les plantules issues des deux provenances Tébessa avec une moyenne de  $0.12 \pm 0.01$  mg et Saïda avec  $0.10 \pm 0.03$  mg.

Ce qui montre qu'il existe une variabilité entre les populations étudiées donc une différence génétique vis-à-vis la salinité [69], pour notre essai, les plantules qui résistent mieux au sel sont celles des graines issues de la provenance de Laghouat.

#### 4. 6. 2. Effet de la concentration du sel sur le poids frais de la partie racinaire

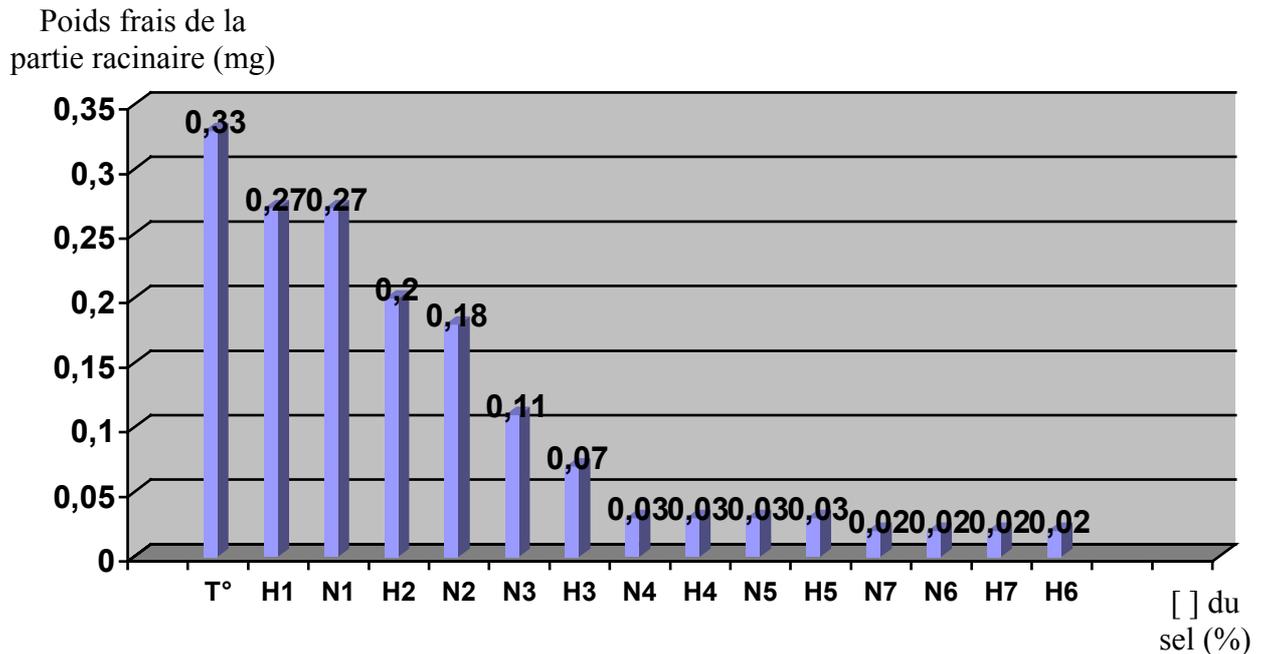


Figure 4. 27 : Effet de la concentration du sel sur le poids frais de la partie racinaire

D'après le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5%, les plantules qui présentent le poids frais de la partie racinaire le plus élevé sont celles soumises à la concentration de 5% de NaCl avec une moyenne de  $0.27 \pm 0.02$  mg et celles soumises à la concentration de 5% de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  avec une moyenne  $0.27 \pm 0.01$  mg, juste en dessous de témoin qui présente une moyenne de  $0.33 \pm 0.01$  mg (figure 4. 27).

A partir de la concentration de 15% de sel, le poids frais de la partie racinaire chute rapidement au fur et à mesure que les concentrations augmentent, chute est brusque puisque le poids frais de la partie racinaire passe de  $0.2 \pm 0.01$  mg pour la concentration de 10% de sel à  $0.07 \pm 0.02$  mg pour la concentration de 15% de sel.

Au-delà de 20% de sel, nous assistons à une inhibition de la croissance sous l'effet toxique de sel [42].

#### 4. 6. 3. Effet de la nature du sel sur le poids frais de la partie racinaire

Le NaCl a plus d'effet d'inhibition de la croissance de la partie racinaire avec une moyenne de 0.09 mg contre 0.11 mg pour  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (figure 4. 28), cela est dû aux chlorures additionnés au sodium qui ont des effets plus néfastes que les sulfates additionnés au sodium [57].

Poids frais de la

partie racinaire (mg)

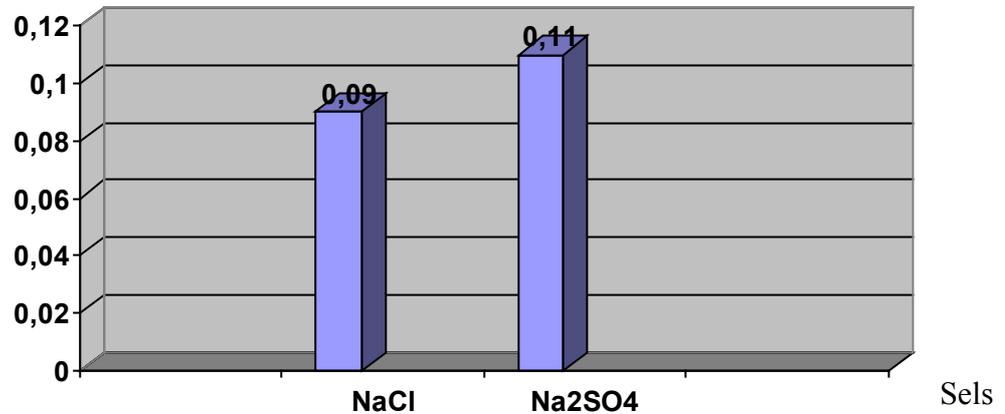


Figure 4. 28 : Effet de la nature du sel sur le poids frais de la partie racinaire

#### 4. 6. 4. Effet de la concentration du sel associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur le poids frais de la partie racinaire

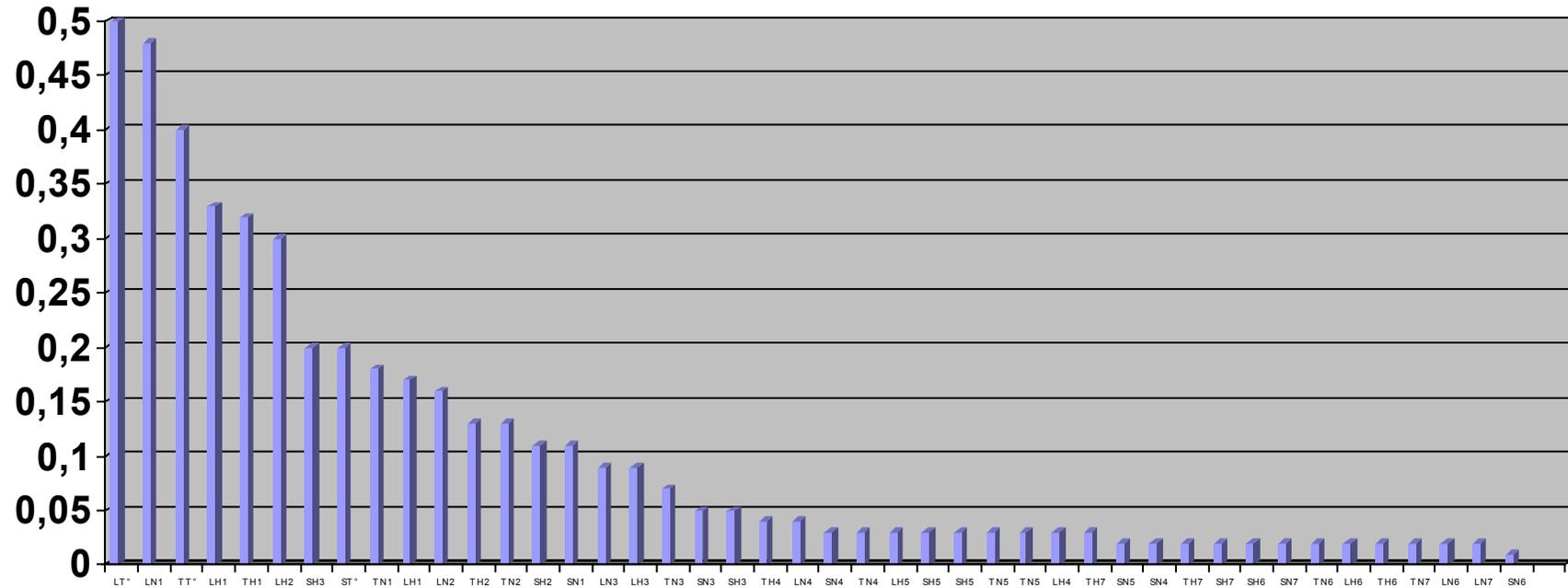
L'étude de l'interaction des deux facteurs : sel (concentration et nature) et provenance des graines l'*Atriplex halimus*, révèle que le poids de la partie racinaire le plus élevé est obtenu avec la concentration de 5% de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> au niveau des plantules issues des graines de la provenance de Laghouat avec une moyenne de  $0.48 \pm 0.01$  mg par rapport au témoin avec une moyenne de  $0.50 \pm 0.02$  mg suivie de celles Tébessa avec une moyenne de  $0.37 \pm 0.02$  g par rapport au témoin qui présente une moyenne de  $0.40 \pm 0.02$  m g.

Pour les plantules issues des graines de la provenance de Saïda soumises à la concentration de 5%, sont celles qui présentent le poids de la partie racinaire le plus bas avec  $0.17 \pm 0.01$  mg, par rapport aux deux autres provenances, mais qui est supérieure au témoin qui présente une moyenne de  $0.20 \pm 0.02$  mg.

A 15% de concentrations des deux sels, les plantules issues des graines des trois provenances présentent une chute brutale de poids pour la partie racinaire qui passe de 0.40 mg pour la concentration de 10% sel à 0.09 mg pour la concentration de 15%.

Au delà de 20% de sel, nous assistons une inhibition de la croissance de la partie racinaire (figure 4. 29).

Poids frais de la  
partie racinaire (mg)



[ ] de sel (%) × Provenances

Figure 4. 29 : Effet de la concentration du sel et les provenances des graines sur le poids frais de partie racinaire

#### 4. 6. 5. Discussion

Les résultats de cet essai montrent que les deux facteurs : sel (concentration et nature) et provenance des graines de l'*Atriplex halimus*, ont un effet sur le poids frais de partie racinaire.

Pour les provenances des graines, il semble que les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat sont plus résistantes que celle issues des deux autres provenances avec une moyenne de poids frais de la partie racinaire de  $0.16 \pm 0.02$  mg.

Pour les plantules issues des graines de la provenance de Tébessa et Saïda, la croissance de la partie racinaire évolue de la même façon vis-à-vis le sel, avec une moyenne respective de  $0.12 \pm 0.01$  mg et  $0.1 \pm 0.04$  mg.

La réaction de l'espèce *Atriplex halimus* vis-à-vis le sel, diffère suivant la composition chimique des sels car les plantules résistent mieux au  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  qu'au  $\text{NaCl}$  à cause des chlorures qui composent le  $\text{NaCl}$  [58].

La concentration de 5% de sel n'affecte pas la croissance normale des plantules de l'*Atriplex halimus* mais au contraire, elle stimule la croissance ce qui reflète le caractère halophyte de l'*Atriplex halimus* [6] [2].

Au-delà de 15 % de sel, nous assistons à une chute brutale de la croissance de la partie racinaire, cette chute est due à l'enrichissement des tissus en sodium qui perturbe l'équilibre ionique de la plante [70], en plus quant il est lié au chlorures devient plus nocif pour la plante [58].

A 20 % de sel, nous assistons à une inhibition de la croissance de la partie racinaire ce qui confirme les résultats ZID et BOUKHRIS [42], associé au blanchiment des racines et qui deviennent grêles.

Chez les halophytes, nous assistons à une accumulation très importante du sodium, cette accumulation se situe au niveau de la partie aérienne alors que les racines sont moins riches en sodium par rapport aux feuilles.

#### 4. 7. Extraction et dosage des protéines solubles

##### 4. 7. 1. L'étude des valeurs nutritives par l'évaluation de la teneur en protéines

###### a. Densité optique

*Tableau 4. 7 : Densité optique*

Concentration de l'ovalbumine	0	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08
Densité optique	0.088	0.096	0.101	0.113	0.120	0.143

La formule utilisée afin de déterminer la teneur des protéines solubles est la suivante :

$$\text{Teneur en protéines (mg/g de matière fraîche)} = \frac{\text{Quantité de protéines (g)} \times 200}{\text{Poids d'échantillon}}$$

###### **b. La courbe étalon**

La courbe étalon des protéines solubles est une droite de régression ne passant pas par le point (0) (tableau 4.7 ; figure 4.30), sa formule est la suivante :

$$Y = 0.0006 X + 0.088$$

X : Densité optique.

Y : Teneur en protéines (mg).

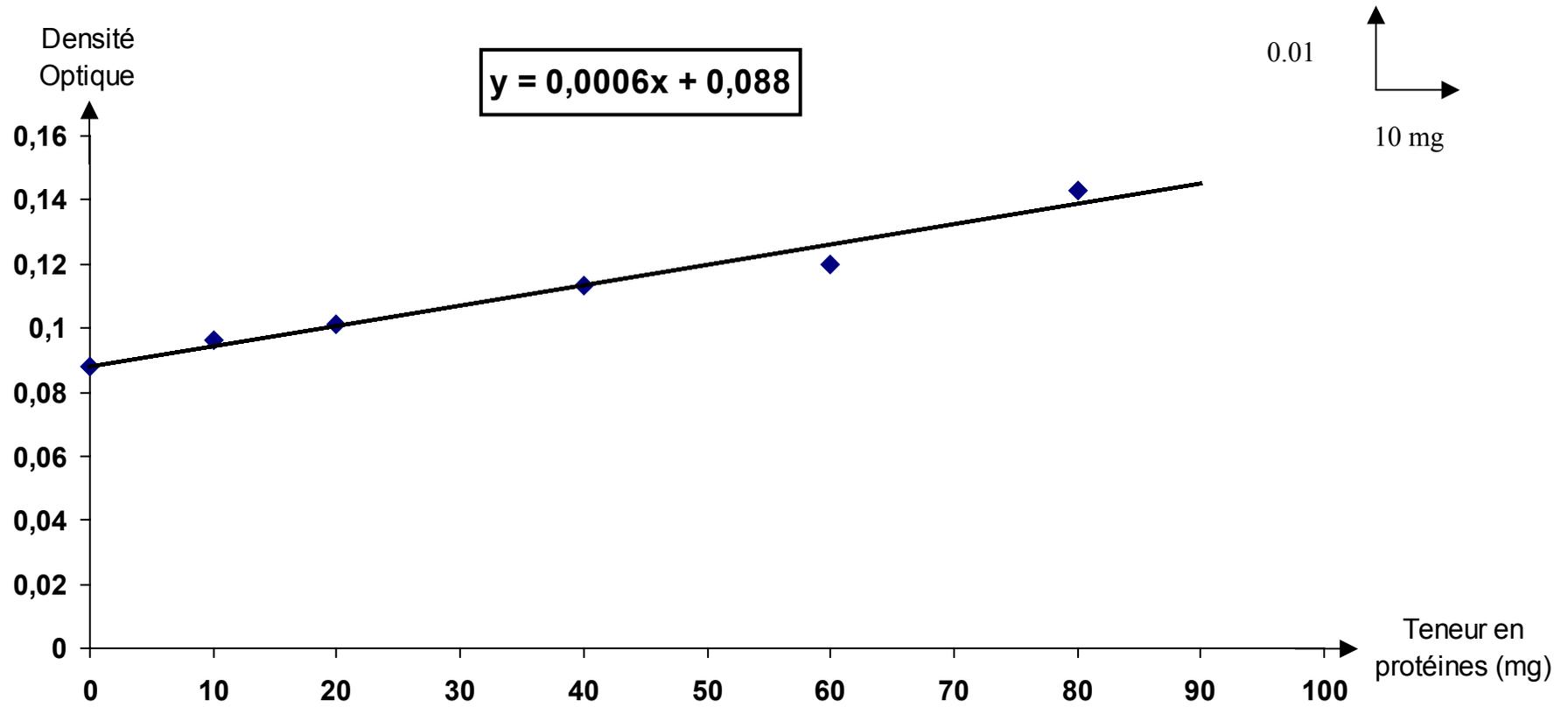


Figure 4. 30: Courbe étalon des protéines

4. 7. 2. Effet de la nature et la concentration du sel associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur la teneur des protéines solubles

L'analyse de la variance va nous permettre de déterminer l'effet de la nature et la concentration de sel, associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur la teneur des protéines solubles (tableau 4. 8).

Tableau 4. 8 : Analyse de la variance de l'effet de la nature et la concentration du sel associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur la teneur des protéines solubles

	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Prob.	E.T.	C.V.
VAR.Totale	38	89	0				
VAR. Sel	6	2	3	663.59	0.0000		
VAR.Provenance	31	14	2	477.67	0.0000		
VAR. Sel×Provenance	1	28	0	9.12	0.0000		
VAR. Résiduelle	0.9	45	0			0.10	3.7 %

L'analyse de la variance montre que le facteur provenance des graines de l'*Atriplex halimus* (Laghout, Tébessa et Saïda), a un effet hautement significatif sur la teneur des protéines solubles.

La concentration du sel a une action significative sur la teneur des protéines solubles.

L'analyse de la variance inter- facteurs révèle une action significative sur la teneur des protéines solubles.

4. 7. 2. 1. Effet de la provenance des graines de l'*Atriplex halimus* sur la teneur des protéines solubles

Teneur des protéines solubles  
(mg / g de matière fraîche)

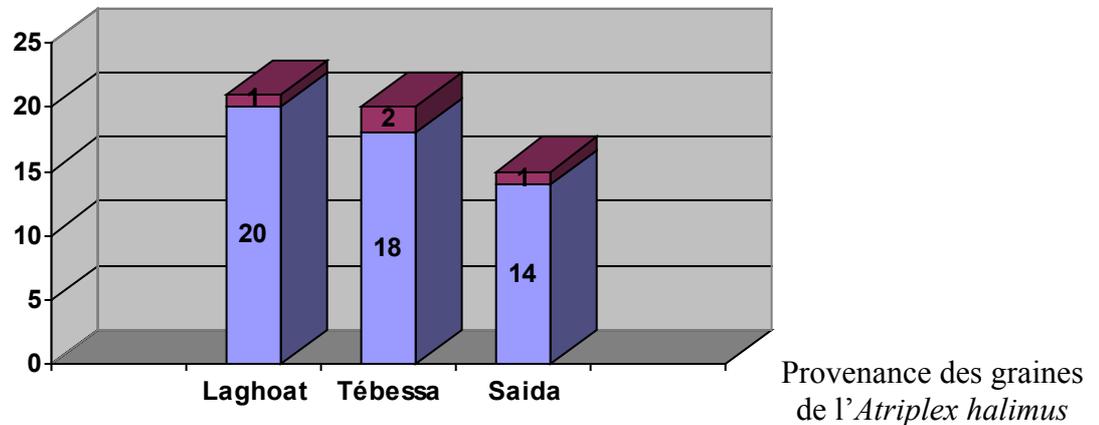


Figure 4. 31 : Effet de provenance des graines de l'*Atriplex halimus* sur la teneur des protéines solubles

D'après le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5%, nous constatons l'existence de deux groupes homogènes (figure 4. 31).

Le premier groupe qui présente sur la teneur des protéines solubles la plus importante est obtenue avec les plantules issues des graines des deux provenances Laghouat et Tébessa avec une moyenne respective de  $20 \pm 1$  mg/g de matière fraîche et de  $18 \pm 2$  mg/g de matière fraîche.

Le deuxième groupe est représenté avec les plantules issues des graines de la provenance de Saïda avec une de  $14 \pm 1$  mg/g de matière fraîche.

Les plantules issues des graines des deux provenances Laghouat et Tébessa sont celles qui synthétisent les protéines solubles en quantités importantes par rapport à celles de Saïda, cette différence set due aux pouvoirs adaptatifs aux conditions de stress, en augmentant sa capacité de régulation osmotique [71].

D'après SMITH et FRETWELL [72], la plante possède au niveau des relations enzymatiques une diversité exceptionnelle qui entraîne une meilleure homéostasie vis-à-vis les variations environnementales (dans notre cas le stress salin) et la possibilité complète d'exploiter un milieu.

#### 4. 7. 2. 2. Effet de la concentration du sel sur la teneur des protéines solubles

Teneur des protéines solubles  
(mg / g de matière fraîche)

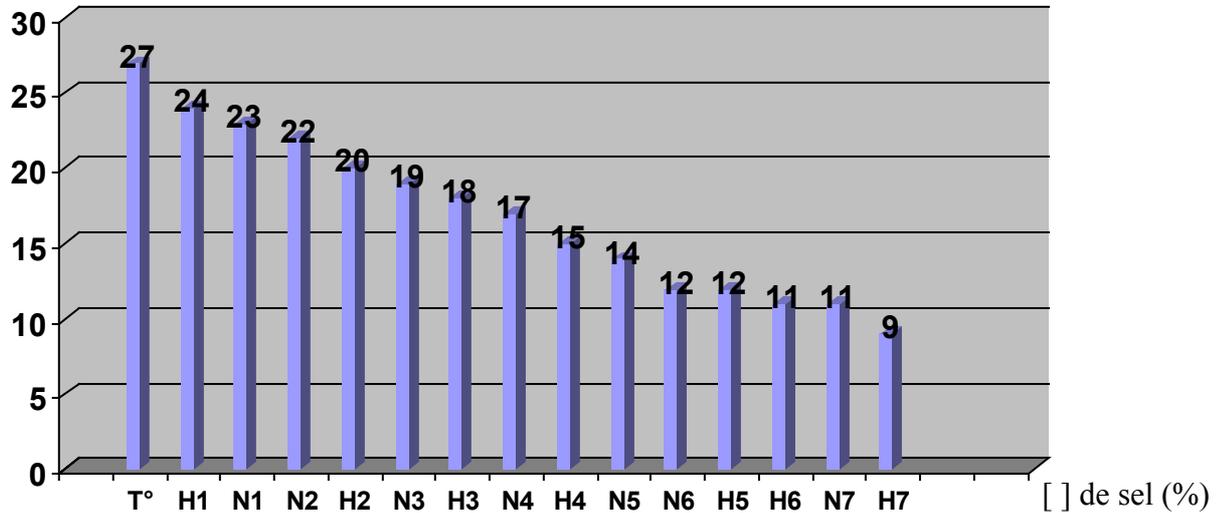


Figure 4. 32 : Effet de la concentration du sel sur la teneur des protéines solubles

D'après le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5 %, nous constatons que les plantules de témoin sont celles qui présentent les teneurs en protéines les plus importantes avec une moyenne de  $27 \pm 1$  mg/g de matière fraîche (figure 4. 32).

Pour la concentration de 5% des deux sels, la teneur en protéines solubles est élevée avec une moyenne  $24 \pm 2$  mg/g de matière fraîche pour celles soumises au NaCl et 23 mg/g de matière fraîche pour celles soumises au Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

A partir de 10 % de sel, nous assistons à une diminution de la teneur en protéine au fur et à mesure que les concentrations augmentent.

Pour les concentrations de 25, 30 et 35 % de sel, les teneurs en protéines baissent d'une façon considérable par rapport au témoin pour une moyenne allant de 9 à 14 mg/g de matière fraîche.

#### 4. 7. 2. 3. Effet de la nature du sel sur la teneur des protéines solubles

*Teneur des protéines solubles*

(mg/g de matière fraîche)

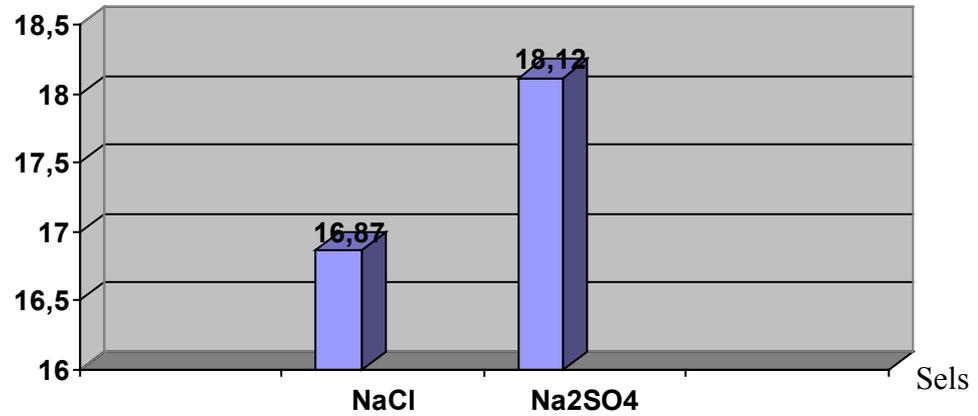


Figure 4. 33 : Effet de la nature du sel sur la teneur des protéines solubles

Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5 %, révèle que le NaCl a un effet plus néfaste en diminuant les teneurs en protéines avec une moyenne de 16.87 mg/g de matière fraîche contre 18.12 mg/g de matière fraîche pour celles soumises au Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (figure 4.33).

La composition chimique de sel a un effet sur les teneurs en protéines, car les SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> qui composent Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, sont utilisés pour la synthèse des protéines contrairement aux chlorures qui sont accumulés au niveau des feuilles [31].

4. 7. 2. 4. Effet de la concentration du sel associé aux provenances des graines de l'*Atriplex halimus* sur la teneur des protéines solubles

L'étude de l'interaction des deux facteurs : sel (concentration et nature) et provenance des graines l'*Atriplex halimus*, sur la teneur des protéines solubles, révèle que la teneur en protéine la plus élevée est obtenue au niveau de témoin des plantules issues des graines de la provenance de Laghouat avec une moyenne de 30 mg/g de matière fraîche contre 29 mg/g de matière fraîche pour la concentration de 5% de NaCl et 26 mg/g de matière fraîche pour le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (figure 4. 34).

Les plantules issues de la provenance de Tébessa présentent aussi des valeurs importantes des teneurs en protéines solubles avec une moyenne de 26 mg/g de matière fraîche pour celles soumises à la concentration de 5% de NaCl et 25 mg/g de matière fraîche pour celles soumises à 5% de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> par rapport au témoin qui présente une moyenne de 28 mg/g de matière fraîche.

Les plantules issues de la provenance de Saïda présentent les valeurs en teneurs en protéines les plus basses, avec une moyenne de 19 mg/g de matière fraîche pour celles soumises à 5% de NaCl et Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> par rapport au témoin qui présente une moyenne de 22 mg/g de matière fraîche.

Au-delà de 25% de sel, les teneurs en protéines baissent considérablement par rapport aux témoins.

A 35% de sel, les plantules d'*Atriplex halimus* synthétisent les protéines solubles en petites quantités sous l'effet nocif des concentrations élevées de sel avec une moyenne allant de 8 à 9 mg/g de matière fraîche.

Teneur en protéines solubles.  
(mg/g de matière fraîche)

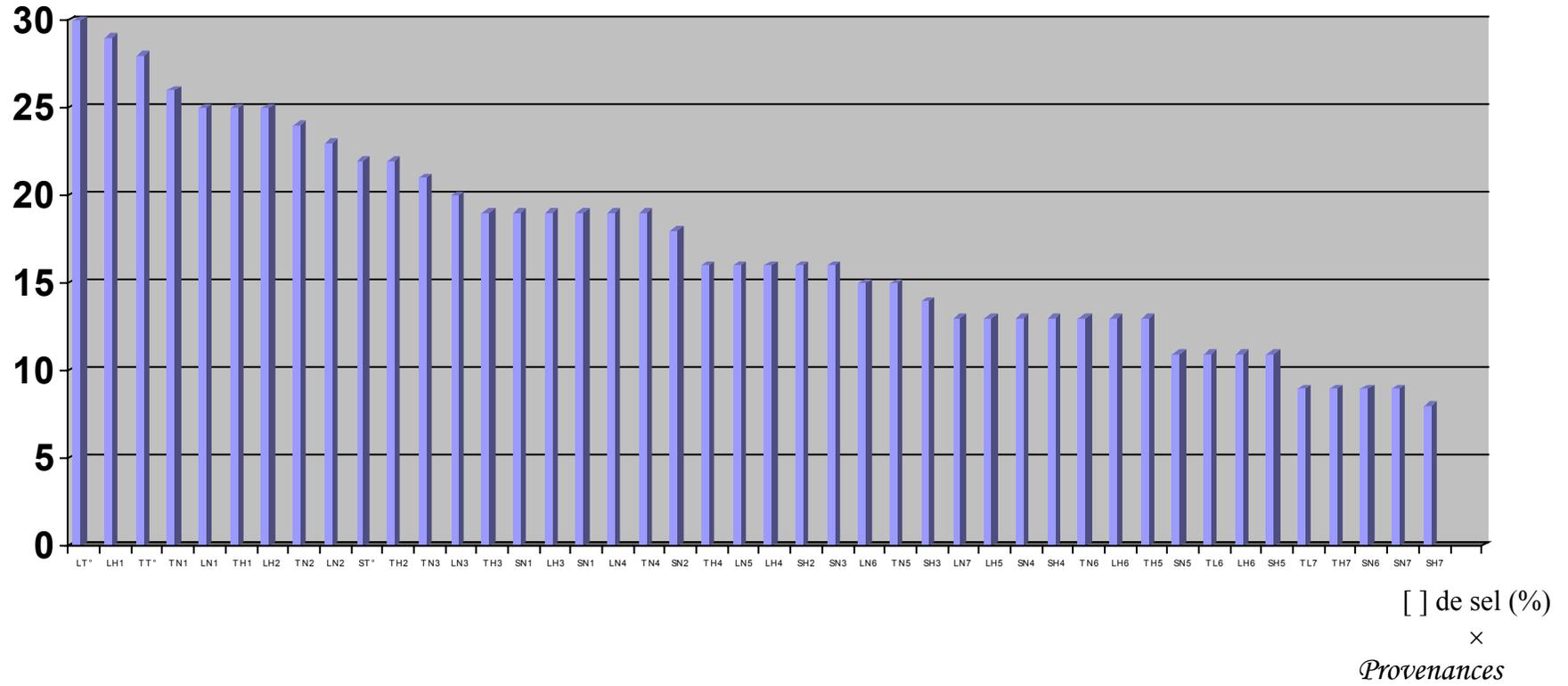


Figure 4. 34 : Effet de la concentration du sel et les provenances des graines sur la teneur des protéines solubles

#### 4. 7. 2. 5. Discussion

A l'issu de notre étude, nous constatons que les plantules issues de la provenance de Laghouat et Tébessa sont celles qui présentent les teneurs en protéines les plus importantes avec une moyenne respective de  $20 \pm 1$  et  $18 \pm 2$  mg/g de matière fraîche contre  $14 \pm 1$  mg/g de matière fraîche pour les plantules issues de la provenance de Saïda.

La synthèse des protéines normale est une forme de résistance à la salinité, cette résistance est une caractéristique génétique, elle variable selon l'espèce et le développement de la plante mère [42].

Les ions qui composent les sels, ont un effet sur la teneur en protéines, nos résultats révèlent que les plantules soumises au  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  présentent une teneur en protéines plus élevée avec une moyenne de 18082 mg/g de matière fraîche contre 16.87 mg/g de matière fraîche pour celles soumises au  $\text{NaCl}$ , cette différence est due surtout lorsque les ions qui composent les sels en cause interviennent dans l'alimentation des végétaux par exemple  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  et  $\text{SO}_4^{-2}$ , cas de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , les  $\text{SO}_4^{-2}$  qui le composent rentre dans la composition de plusieurs composants contrairement au chlore, cas de  $\text{NaCl}$  [31].

L'élévation des concentrations de sel a un effet sur les teneurs en protéines.

La concentration de 5% de sel n'affecte pas beaucoup les teneurs en protéines, avec une de 29 mg/g de matière fraîche pour les plantules issues de la provenance de Laghouat et 26 mg/g de matière fraîche pour celles de Tébessa par rapport aux témoins respectives de 30 et 28 mg/g de matière fraîche.

A 5% de sel, les plantules issues de la provenance de Saïda soumises à la concentration de 5% présentent les moyennes les plus faibles par rapport aux deux autres provenances contre 22 mg/g de matière fraîche pour le témoin.

Au-delà de 10% de sel, les teneurs en protéines présentent une diminution considérable pour les plantules issues des trois provenances avec des moyennes allant de 13 à 14 mg/g de matière fraîche.

Les concentrations de 30 et 35 % de sel, présentent les teneurs en protéines les plus faibles surtout les plantules issues de la provenance de Saïda qui présente une moyenne de 8 mg/g de matière fraîche, selon AUGÉ et *al.* [52], l'augmentation des concentrations entraîne la diminution en alimentation azotée, le principal composant des protéines.

Une augmentation de la concentration, provoque une diminution de l'azote au niveau des feuilles, ce qui entraîne une diminution des feuilles chez l'*Atriplex halimus* [42].

L'augmentation de la concentration de sel, induit une diminution des teneurs de  $\text{NO}_3$ , en acides aminés et une accumulation des teneurs en proline à fortes concentrations [49].

L'accumulation de la proline se produit lorsque la plante est en conditions défavorables [74], cette accumulation est une repense à un stress en prenant comme source d'azote les protéines foliaires ce qui cause la diminution des teneurs en protéines [73].

Selon HERNANDEZ et al. [48], l'accumulation de proline témoignerait la perte des modalités normales de régulation du métabolisme de cet acide aminé, ce qui le rend un symptôme révélateur des dommages causés du métabolisme azoté ce qui affecte les teneurs en protéines, associé à une réduction de la formation de L-Leucine et son incorporation des les protéines [75], ainsi que les activités de l'Arginine et l'Ornithine de carboxylase (ADC et ODC), des enzymes de biosynthèse [76].

L'augmentation de la salinité du milieu, affecte les activités enzymatiques notamment les enzymes impliqués dans le transfert d'énergie et la synthèse des protéines ainsi que la balance hormonale mettant en cause les Auxines, Cytokinines et les Gibbérellines est modifiée chez les plantes soumises à une agression [42].

Ces données montrent que l'*Atriplex halimus* constitue une source fourragère riche en matière azotée. Au niveau des trois populations étudiées, nous avons une moyenne de 12% de protéines de matière sèche (soit 2.7% de matière fraîche), alors que les espèces cultivées telles que les graines de blé n'en contient que 14 % de matière sèche (soit 3.36% de matière fraîche) et les feuilles de la luzerne contiennent 25% de protéines brutales de la matière sèche (soit 6% de la matière fraîche) [39] [77].

Ces résultats confirment les travaux de HADDIOUI et BAAZIZ [78], qui notent qu'il existe une variabilité génétique entre les populations étudiées d'*Atriplex halimus* vis-à-vis de la tolérance à la salinité, ces différences entre les populations suggèrent l'existence de différences génétiques dans le comportement d'*Atriplex halimus*, cette diversité au sein de l'espèce et d'une importance capitale pour tout programme de sélection.

## DISCUSSION GENERALE

Les résultats obtenus à l'issus de notre expérimentation révèlent que pour la germination, la nature du sel affecte les taux de germination puisque le taux de germination pour le NaCl est de 4.38%, quant au Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, il est de 5.65%, cette réduction de la germination est due a la nature spécifique des ions qui composent le sel, ainsi qu'a la pression osmotique exercé au contact des graines.

Les taux de germination les plus élevés sont obtenus avec le témoin 17.73% ainsi que la concentration de 5% de NaCl avec 16% et de 15.07% pour la concentration de 5% de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> avec 16%, cela est dû à la caractéristique halophyte de l'espèce.

A partir de la concentration de 10% pour les deux sels (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), nous constatons une réduction de la considérable du taux de germination passant de 15% à 8%.

Pour la deuxième phase, croissance et développement, nous constatons qu'il existe une différence significative entre les trois provenances (Laghouat, Tébessa et Saïda).

Les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat, sont celles qui présentent la meilleure croissance et développement avec un nombre de paires de feuilles de  $4.32 \pm 0.61$ , une longueur de la tige principale de 7.98 cm, une longueur de la racine principale de 4.45 cm, un poids frais de la partie aérienne de 0.20g, un poids frais de la partie racinaire de  $0.16 \pm 0.02$  mg, et un taux de protéines de  $20 \pm 0.02$  mg/g de matière fraîche.

Suivie des plantules issues des graines de la provenance de Tébessa avec un nombre de paires de feuilles de  $3.81 \pm 0.74$ , une longueur de la tige principale de 6.52 cm, une longueur de la racine principale de 3.68 cm, un poids frais de la partie aérienne de 0.18g, un poids frais de la partie racinaire de  $0.12 \pm 0.02$  mg, et un taux de protéines de  $18 \pm 0.02$  mg/g de matière fraîche.

En dernier, nous avons les plantules issues des graines de la provenance de Saïda avec un nombre de paires de feuilles de  $3.44 \pm 0.7$ , une longueur de la tige principale de 5.64 cm, une longueur de la racine principale de  $3.24 \pm 0.84$  cm, un poids frais de la partie aérienne de  $0.15 \pm 0.01$ g, un poids frais de la partie racinaire de  $0.1 \pm 0.02$  mg, et un taux de protéines de  $14 \pm 0.02$  mg/g de matière fraîche.

Cette étude montre l'existence d'une variabilité entre les populations étudiées vis-à-vis de la tolérance à la salinité, ces différences suggèrent l'existence de différences génétiques dans le comportement d'*Atriplex halimus* vis-à-vis de la salinité.

La nature des ions qui composent le sel, a un effet différent sur la croissance et le développement de l'*Atriplex halimus*, pour notre cas nous avons le NaCl et le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Les plantules de l'*Atriplex halimus* soumises au Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, présentent une croissance et un développement plus important que celles soumises au NaCl, pour tous les paramètres étudiés et même pour les taux de protéines, cela est due à la composition chimique de sel, puisque le sodium lié au chlorures s'avère plus néfaste que le sodium lié au sulfates et les chlorures semblent manifester plus de dégâts au niveau de la croissance que les sulfates, pour cette raison que le NaCl ralentit la croissance plus que le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Les sels NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, utilisés à sept concentrations pour chaque sel avec un témoin, révèlent que les témoins pour les trois provenances présentent une croissance et développement importants.

La concentration de 5% de NaCl et de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, présente une croissance similaire au témoin et même supérieure, ce qui reflète la caractéristique halophile de l'espèce.

A 5% de sel, les plantules issues de la provenance de Laghouat, présentent la croissance et le développement les plus importants avec un nombre de paires de feuilles de  $4.32 \pm 0.61$ , une longueur de la tige principale de 16.06 cm, une longueur de la racine principale de 8.7 cm, un poids frais de la partie aérienne de 0.52 g, un poids frais de la partie racinaire de  $0.48 \pm 0.02$  mg, et un taux de protéines de  $29 \pm 0.02$  mg/g de matière fraîche.

Suivie des plantules issues des graines de la provenance de Tébessa avec un nombre de paires de feuilles de  $3.81 \pm 0.74$ , une longueur de la tige principale de 12.9 cm, une longueur de la racine principale de 7.34 cm, un poids frais de la partie aérienne

de 0.36 g, un poids frais de la partie racinaire de  $0.18 \pm 0.02$  mg, et un taux de protéines de  $26 \pm 0.02$  mg/g de matière fraîche.

Pour les plantules issues des graines de la provenance de Saïda, nous constatons qu'elles présentent la croissance la moins importante par rapport aux celles issues des deux autres provenances, avec un nombre de paires de feuilles de  $3.44 \pm 0.7$ , la longueur de la tige principale de ces plantules est de 11.2 cm, la longueur de la racine principale 6.4 cm, le poids frais de la partie aérienne 0.36 g, le poids frais de la partie racinaire 0.11 mg, et le taux de protéines est de l'ordre de 19 mg/g de matière fraîche, ceci confirme les résultats de BINET [64], qui note qu'au début de la phase végétative, une faible concentration de 150 mmhos/cm stimule l'accumulation de la matière fraîche de la plante entière, c'est vraisemblablement le reflet de caractère halophile de l'espèce *Atriplex halimus*.

Au-delà de 10% de sel, nous constatons une diminution de la croissance, mais les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat, sont celles qui résistent au mieux à l'élévation de la concentration de sel, suivie de celle de Tébessa et puis celle de Saïda.

De 15% à 20% de sel, nous constatons une régression considérable de la croissance et même pour les teneurs en protéines.

A 35% de sel, nous constatons une inhibition de la croissance pour les deux sels, cette concentration est nocive pour l'*Atriplex halimus*.

L'étude de la valeur nutritive par l'évaluation de la teneur en protéines révèle que le taux de protéines le plus élevé est obtenu au niveau des plantules issues des graines de la provenance de Laghouat avec un taux de 20 mg/g de matière fraîche, et celles issues des graines de la provenance de Tébessa avec un taux de 18 mg/g de matière fraîche, suivie des plantules issues des graines de la provenance de Saïda qui présentent 14 mg/g de matière fraîche de protéines.

Les plantules soumises au  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , présentent un taux de protéines plus important que celles soumises au  $\text{NaCl}$ , avec un taux de 18.12 mg/g de matière fraîche contre 16.87 mg/g de matière fraîche.

Pour les différentes concentrations utilisées, nous constatons que le témoin présente des teneurs en protéines élevées avec  $27 \pm 2$  mg/g de matière fraîche

Pour la concentration de 5% de sel, les teneurs en protéines présentent des valeurs importantes par rapport au témoin avec 23 et 24 mg/g de matière fraîche.

Au-delà de 10% de sel, la teneur en protéines baisse au fur et mesure que les concentrations augmentent.

Pour les concentrations de 30% et 35%, nous enregistrons les teneurs en protéines les plus basses avec 8 et 9 mg/g de matière fraîche.

Ces résultats montrent que l'*Atriplex halimus* constitue une source fourragère riche en matière azotée. Au niveau des trois populations étudiées, nous avons enregistré un taux de protéines avec une moyenne de 12 % de la matière sèche (soit 2.7 % de la matière fraîche), par rapport aux espèces cultivées (le taux de protéines des graines de blé est de 14 % de la matière sèche (soit 3.36% de matière la fraîche), et les feuilles de la luzerne contiennent une moyenne de protéines de 25% de la matière sèche (soit 6% de la matière fraîche)) [39] [77].

Nos résultats confirment les travaux de HADDIOUI et BAAZIZ [78], qui notent qu'il existe une variabilité génétique entre les populations étudiées d'*Atriplex halimus* vis-à-vis de la tolérance à la salinité, ces différences entre les populations suggèrent l'existence de différences génétiques dans le comportement d'*Atriplex halimus*, cette diversité au sein de l'espèce est d'une importance capitale pour tout programme de sélection.

## CONCLUSION

L'étude que nous avons réalisée, sur l'effet de la salinité et la croissance de *Atriplex halimus* issue des graines de différentes provenances (Laghouat, Tébessa et Saïda), a pour but la sélection des individus résistants à des conditions extrêmes en zones arides et semi-arides pour mettre en valeur les terres où la végétation naturelle est profondément dégradée et la production agricole très irrégulière, ainsi que les terres chargées en sels sur les quelles la quasi-totalité des espèces ne peuvent y végéter.

Pour cela nous avons déterminé de façon précise les principales caractéristiques de la germination des graines et du développement des plantules d'*Atriplex halimus* pour les trois provenances (Laghouat, Tébessa et Saïda).

Au stade germinatif :

Les trois provenances des graines (Laghouat, Tébessa et Saïda), ne présentent aucune différence au niveau du taux de germination qui a atteint une moyenne respective de  $5.90 \pm 3.93 \%$  ,  $6.7 \pm 5.64 \%$  et  $7.33 \pm 5.09 \%$ .

Pour les deux sels utilisés (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), il semble que le taux de germination est plus élevé pour les graines soumises au Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> avec une moyenne de 5.65% contre 4.38% pour les graines soumises au NaCl.

En ce qui concerne les concentrations des sels utilisés, le témoin présente le taux de germination le plus élevé avec 17.73%, pour la concentration 5% de sel le taux de germination est également important et atteint la valeur de 16%, mais dès que la concentration dépasse 10% de sel le taux diminue à 10%, pour atteindre 3.2% avec la concentration de 15% de sel.

A la concentration 35% de sel, le taux de germination est nul, donc nous assistons à une inhibition de la germination.

Le stade germinatif est le premier stade affecté par la salinité.

Au deuxième stade, croissance et développement :

Les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat, présentent la croissance la plus importante par rapport aux celles issues des graines de la provenance de Tébessa et Saïda.

En outre, les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat semblent les plus résistantes au stress salin avec un nombre de paires de feuilles de  $4.32 \pm 0.61$ , une longueur de la tige principale de 7.98 cm, une longueur de la racine principale de 4.45 cm, un poids frais de la partie aérienne de 0.20g, un poids frais de la partie racinaire de  $0.16 \pm 0.02$  mg, et un taux de protéines de  $20 \pm 0.02$  mg/g de matière fraîche.

La résistance des plantules de l'*Atriplex halimus*, issues des trois provenances, diffère selon la nature des ions qui composent le sel qui exerce le stress salin.

Ainsi, le stress salin provoqué par le NaCl, est plus néfaste pour la croissance des plantules de l'*Atriplex halimus* des trois provenances que celui exercé par le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; ceci est dû aux chlorures qui composent le NaCl qui sont plus néfastes que les sulfates qui composent le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, en plus, les chlorures liés au sodium s'avèrent plus néfastes pour la croissance que les sulfates liés au sodium.

Pour les deux sels étudiés, les plantules soumises au Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> présentent une croissance plus importante, par rapport aux celles soumises au NaCl, avec un nombre de paires de feuilles de 3.87, une longueur de la tige principale de 7.99 cm, une longueur de la racine principale de 4.5 cm, un poids frais de la partie aérienne de 0.15g, un poids frais de la partie racinaire de 0.11 mg, et un taux de protéines de 18.12 mg/g de matière fraîche.

Tandis que, les plantules soumises au NaCl, enregistrent un nombre de paires de feuilles de 3.83, une longueur de la tige principale de 6.42 cm, une longueur de la racine principale de 3.7 cm, un poids frais de la partie aérienne de 0.13 g, un poids frais de la partie racinaire de 0.09 mg, et un taux de protéines de 16.87 mg/g de matière fraîche.

Pour les différentes concentrations des sels utilisés, les témoins des trois provenances Laghouat, Tébessa et Saïda et la concentration de 5% de sel présentent la croissance et le développement les plus importants. Cependant, les mesures biométriques obtenues avec la concentration de 5% sont supérieures aux celles enregistrées chez les témoins.

Les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat sont celles qui résistent au mieux à la salinité et à l'augmentation des concentrations du sel, suivies par celles de la provenance de Tébessa et enfin, celles qui proviennent de Saïda.

Les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat, soumises aux traitements à 5 % de sel, enregistrent un nombre de paires de feuilles de 6, une longueur de la tige principale de 16.06 cm, une longueur de la racine principale de 8.7 cm, un poids frais de la partie aérienne de 0.47 g, un poids frais de la partie racinaire de 0.48 mg, et un taux de protéines de 29 mg/g de matière fraîche.

A 10 % de sel, les mesures biométriques, montrent une baisse de la croissance et même les taux des protéines baissent.

Au-delà de 10 % de sel, nous constatons une baisse considérable de la croissance au fur et à mesure que les concentrations augmentent.

A 30 et 35% de sel, nous notons une inhibition de la croissance, ce sont des concentrations nocives pour l'*Atriplex halimus*.

Pour conclure, l'*Atriplex halimus* est parmi les plantes qui résistent à la salinité et qui peuvent valoriser les sols chargés en sels, ainsi que les sols pauvres et dégradés.

La résistance l *Atriplex halimus* vis-à-vis du sel est spécifique à la composition chimique du sel, car il semble qu'elle résiste mieux au Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> qu'au NaCl.

La concentration de 5% de sel provoque une stimulation de la croissance chez l'*Atriplex halimus* avec des valeurs similaires aux témoins et parfois supérieures, ce qui reflète la caractéristique halophyte de l'espèce.

A 10% de sel, nous assistons à une baisse de la croissance, ceci nous permet de constater que l'espèce résiste bien jusqu'à la concentration de 10% de sel, mais au-delà de cette concentration, le sel devient de plus en plus nocif jusqu'à atteindre la toxicité à la concentration de 30 et 35 % de sel.

Cette étude a montré également l'existence d'une variabilité entre les populations étudiées Laghouat, Tébessa et Saïda vis-à-vis la salinité ; ainsi, les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat présentent une meilleure résistance au sel par rapport à celles de la provenance de Tébessa et de Saïda.

Ces différences, entre les populations, suggèrent l'existence de différences génétiques dans le comportement de l'*Atriplex halimus* vis-à-vis de la salinité, cette diversité au sein de l'espèce est d'une importance capitale pour tout programme visant la sélection des clones tolérants au sel.

L'étude des valeurs nutritives par l'évaluation de la teneur en protéines montre que les teneurs en protéines sont affectées par la salinité. Cependant, une variabilité de réaction a été enregistrée entre les populations étudiées. Ainsi, les plantules issues des graines de la provenance de Laghouat et de Tébessa présentent les teneurs en protéines les plus élevées par rapport à celles de Saïda. Cette étude a permis de considérer cette espèce comme source protéique comparativement à d'autres plantes fourragères.

Ces résultats sont préliminaires et méritent d'être approfondies en poursuivant d'autres expérimentations ultérieures.

## REFERENCES

1. *Levigneron A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomie P., Fourcroy P. et Casse-Delbart F., " Les plantules face au stress salin ", Cahier Agriculture, France, V. 4, (1995), 263-276.*
2. Kinet J. M., Benrebiha F. Z., Bouzid S., Laihacar S. et Dutuit P., " Le réseau d'*Atriplex*, allier biotechnologique et écologie pour une sécurité alimentaire accrue en régions arides et semi-arides ", V. 7, n° 6, (1998), 505-513.
3. Chellig R., " La désertification et les blocages socio-économiques de pastoralisme ", séminaire national, (1983), 19 p.
4. Debez A., Chaibi W. et Bouzid S., " Effet de salinité et les substances de croissance sur la germination et la croissance de jeunes plantules d'*Atriplex halimus* L. ", rapport scientifique, faculté des sciences, Tunis, (1997), 8 p.
5. Hamrouni A., " Species and others shrubs in range improvement in north Africa, reclamation and vegetation research ", n° 5, (1986), 151-158.
6. Aguemal S., "Effet de la salinité sur la germination, la croissance et la teneur en proline de jeunes plantules d'*Atriplex halimus* L. en culture in vivo et in vitro ", Thèse, Ingénieur, I.N.E.S., Blida, (2001), 49 p.
7. Anonyme, " La rousse agricole", (1981), 1123 p.

8. Reinman C. and Breckle S. W., “ Sodium relations in chénopodiaceae: a comparative approach ”, plants, cellules and environments, Germany, V. 16, (1998), 323-328.
9. Francelet A. et Le Houerou H. N., “ Les *Atriplex* en Tunisie et en Afrique du nord ”, doc. F.A.O., Rome, (1971), 249 p.
10. Le Houerou H. N. et Pontanier R., “ Les plantations syhopastoriales dans la zone aride de Tunisie ”, extrait de la revue pastoralisme et développement, , Montpellier, France, (21 mai – 9 juil-1988), 98-111.
11. Maire R., “ Flore de l’Afrique du nord ”, vol. 7, Ed. Le Chevalier, Paris, (1962), 581-591.
12. Negre R., “ Petite flore des régions arides du Maroc Occidentale ”, Tome 1, C.N.R.S., Paris, (1961), 179 p.
13. Quesel P. et Santa S., “ Nouvelle flore de l’Algérie et des régions désertiques méridionales ”, Ed. Anatole, France, (1962), 228 p.
14. Mozafar A. and Goodin J. R., “Visiculated hairs, mechanisms for salt tolerance in *Atriplex halimus* ”, (1970), 62-65.
15. Somon B., “Arbre, arbustes et arbrisseaux en Algérie”, ED. Office de Publication Universitaire, Alger, (1987), 22 p.
16. Benrebiha F. Z., “contribution à l’étude de la germination de quelques espèces d’*Atriplex* locales et introduite”, Mém. Mag., I.N.A., Alger, (1987), 119 p.
17. Mazira, “Contribution of biomass under stress environments”, Department of crop physiology, University of Agriculture Faisal Abab, (1983), 1-9.

18. Ouaiassa N., “Essais d’obtention des cals embryogénèse et de régénération de plants résistants à la salinité chez l’*Atriplex halimus* L.”, Mémoire Magister, I.N.E.S., Blida, (2003), 122 p.
19. Anonyme, “La steppe algérienne ”, revue statistique agricole, n° 14, Algérie, (1974), 14-131.
20. Mahrez M., “étude caryologique de l’*Atriplex halimus* ”, Mémoire Ingénieur, I.N.E.S., Blida, (1997), 44 p.
21. Ziani P., “*Atriplex halimus*, exploitation des formations naturelles ”, F.A.O., Tunis, (1970), 24 p.
22. Le Flouche E., “Plantations d’arbustes fourragers, bilan préliminaire de 30 ans de pastoralisme”, F.A.O., (1989), 204 p.
23. Sarson M., “Résultats d’un essai sur l’alimentation du mouton de disette fourrager au centre d’Ousseltina ”, note technique n° 6, F.A.O., Tunis, (1970), 69 p.
24. Wood J. R., “ The selective absorption of water by the leaves in *Atriplex*”, Australian Journal Biologic, n° 2, (1925), 45-56.
25. Ben Ahmed H., Zid E., El Gazzah M. et Grignon G., “Croissance et accumulation ionique chez l’*Atriplex halimus* L.”, Cahier d’Agriculture, V. 5, (1996), 365-372.
26. Anonyme, “ Bilan préliminaire des zones pastoralisme”, F.A.O., (1989), 204 p.
27. Bouabdallah E., “Diversité génétique de l’*Atriplex halimus* in vivo, établissement d’une collection en serre”, Université de Paris-sud, (1996), 45-46.
28. Le Houerou H. N., “The role saltbushes (*Atriplex* spp.) in arid grazing land rehabilitation in the Mediterranean basin. Plant Salinity Research, Proceeding of the International Conference on agricultural Management of salt Affected Areas Held in Morocco”, Ed. Choukr Allah, (April-May 3 1991), 397-433.

29. Baize D., “ Guide des analyses en pédologie”, Ed. Louis-Jean, (2000), 257 p.
30. Servant J., “ Contribution à l'étude pédologie des terrains halomorphes, l'exemple des sols salés du sud et du sud-ouest de la France”, Montpellier, (1975), 195 p.
31. Bolyn J. H. L., “ Contribution à l'étude de la tolérance des plantes ligneuses à la salure”, Thèse de Doctorat, Gembloux, (1974), 262 p.
32. Kelly W. P., “Alkalis soils, their formation, properties and reclamation”, Reinhold Publishing Corporation, (1951), 15-32.
33. Nebhan H. M., “ Trace Elements mobility and uptake as influenced by salinity-alkalinity variables and chelating agents”, These de Doctorat, Gent, (1972), 59-76.
34. Hayward H. E. and Spurr W. D., “Effects of concentrations of inorganic and substrates entry of water into roots”, botanic magazine, n°106, (1994), 131-139.
35. Fisher K. J., “Specific ion effects of certain excess soluble salts on the growth and development of Glasshorn and tomatoes grown in nutrient culture”, horticulture scientific, n° 42, (1967), 243-252.
36. Berg. V. D., “Plants in relation to water logging and salinity, irrigation, drainage and salinity”, F.A.O., (1973), 290-245.
37. Heinman H., “Irrigation with saline water and the balance of the ionic environment, potassium symposium”, Madrid, (1958), 173-220.
38. Vllmann S., “Encyclopaedia of industrial chemistry”, n°6, (2002), 250-310.
39. Abad A. et Ben Chabane A., “*Atriplex halimus* comme ressource pastorale en zones arides et semi-arides du Maroc”, huitièmes journées scientifiques, A.U.F., Marrakech, (7-9 octobre 2002), 445-451.

40. Bradford, "Encyclopédie de chimie industrielle", n°2, (1976), 150-1750.
41. Jan Kotuby A., Koenig R. et Kitchen B., "Salinity and plant tolerance", Ed. American society of civil Engineer, New York, (1977), 1-3.
42. Zid E. et Boukhris M., "Quelques aspects de la tolérance d'*Atriplex halimus* L. au chlorure de sodium, multiplication, croissance, composition minérale", Tome 12, n° 4, (1977), 351-363.
43. Wiliam K., Irwin A., Ungar C. et Michel L., "Effect of salinity on germination and ling growth of two *Atriplex* species Chénopodiaceae", annals of botanic, V. 82, n° 2, (1988), 167-175.
44. Shabala A. et Newman I., " Salinity effects on the activity of plasma membrane H<sup>+</sup> and Ca<sup>+2</sup> transporters in bean leaf mosophyll: Masking role of the cell wall", Annals of botany, Académic press, V. 85, n° 5, (2000), 681-686.
45. Choukr Allah A., Hamdy A. et Lahmer F. Z., "Germination d'*Atriplex halimus* dans des milieux salins", Physiologie des plantes, V. 37, (1996), 101-113.
46. Binet N., "Adaptation physiologique en environnement naturel", bulletin socio-éco-physiologique, (1982), 139-169.
47. Winicov I., "New molecular approaches to improving salt tolerance in crop plants", Annals of botany, U.S.A., V. 82, n° 6, (1998), 703-710.
48. Hernandez S., Peleu C. et Larhere F., " Accumulation de proline dans les tissus foliaires de la tomate en repense à la salinité", Académie des sciences et médicales, Paris, (2000), 551-557.
49. Benrebiha F. Z., Pourrat Y. et Dutuit P., "Induction de la callogenèse chez l'*Atriplex halimus* sur des milieux de cultures dépourvus d'hormones de croissance, rôle des éléments minéraux ", Bulletin sociologique, lettres botaniques, France, (1982), 139-169.

50. Gale J., Poljakof F. et Mayber A., "Interrelation between growth and photosynthesis of salt bush *Atriplex halimus* L. grown in saline media", Australian journal biologic science, n° 23, (1970), 937-945.
51. Bajji M., Lutts S. et Kinet J. M., "Effets de stress salin sur la croissance et l'accumulation de solutés inorganiques chez l'*Atriplex Halimus* L., étude aux niveaux des feuilles, des racines et de leurs calcs correspondants", Rapport scientifique annuel, Belgique, (1997), 17 p.
52. Auge R., Beauchsne G., Boccon –Gibond J, Decurtye L., Pigat R., Jalouzot R., Morand J. C., Reynoird J. P., Srull D. G. et Vidalie M., "La culture in vitro et ses application horticoles, techniques et documentation", Ed. Lavoisier, (1986), 256 p.
53. Ajmal Khan M., Irwin R., Allan M. et Showle R., "Effects of salinity on growth, water relation and ion accumulation of subtropical perennial halophyte, *Atriplex griffithu var stocksii*", Annals of botany, U.S.A., V. 85, (2000), 225-232.
54. Hamza M., "Repense des végétaux à la salinité ", Physiologie végétale, V. 18, (1980), 69-81.
55. Birane N., "Culture d'organe et influence de la salinité sur la morphogenèse d'*Atriplex halimus* en culture in vitro", Thèse Ingénieur, I.N.E.S. Blida, (1994), 98 p.
56. Ayadi A., Mounniera A., Demarty M. et Thellier M., "Echanges ioniques cellulaires, cas plantes en milieu salé, rôle particulier des parois cellulaires", Physiologie végétale, v. 18, (1998), 89-104.
57. Belferd A., " Effet de stress salin sur la morphogenèse et la teneur en proline chez l'*Atriplex halimus*", Thèse Ingénieur, I.N.E.S., Blida, (2000), 19-25.
58. Hadj-Arab, "Etude de la tolérance saline du haricot", Thèse Ingénieur, I.N.A., Alger, (1977), 78 p.

59. Mahrane F., “Valorisation des eaux salines, l’effet de variation de concentration d’azote et de potassium sur la production des plants de haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) en pépinière”, Thèse Ingénieur, I.N.E.S., (1996), 60 p.
60. Chapman V. J., “Salt marches and salt desert of the Word”, Ed. Leonard Hill Books, London, (1960), 392 p.
61. Mazliak P., “Physiologie végétale, nutrition et métabolisme”, Ed. Harman, paris, (1981), 349 p.
62. Chretien D., “La résistance au sel chez *Jojoba simmondsia chinensis*, croissance et modification du contenu lipoprotéique de calcs cultivés en présence d’une teneur élevé en NaCl”, Thèse Doctorat, université pierre et Marie Curie, Paris 6, (1992), 116 p.
63. Delane R., greenway H., Hunns and Gibbs J., “In concentration and carbohydrates statutes of the *Hordeum vulgare* growing at high external NaCl, relation ship between solute concentration and growth”, Expose Botanic, (1982), 557-576.
64. Binet P., “Halophylie et alimentation calcique chez *Suaedia*”, Oéculture, V. 8, n° 2, (1987), 127-136.
65. Jennigs D. H., “The affects of sodium chloride on higher plant”, plants and Biology, n° 51, (1976), 453-486.
66. Flowers T. J., Trok P. F. and Yeo A. R., “The mechanism of salt tolerance in halophytes”, Plants and physiology, V. 28, (1977), 89-121.
67. Thuault R., “Culture d’organe et rhyso-genèse de deux halophytes *Atriplex arenarea* w. et *A. littoralis* L.”, Thèse Doctorat, C.A.E.N., France, (1984), 181 p.
68. Zid E., et Boukhris M., “Etude du comportement physiologique de l’*Atriplex halimus* L. à l’égard du chlorure de sodium en vue de sa culture en milieu salé”, F.A.O., (1976), 2-10.

69. Anonyme, "Cours génétique", I.N.E.S., Blida, (2002), 35 p.
70. Levitt J., "Responses of plants to environment stress", Academia press New York and London, Ed. T.T. Zlowsk, (1972), 697 p.
71. Marshal D. L., "Effects of seed size on seeding success in three species of *Fabaceae*", American journal of botanic, (1986), 457-464.
72. Smith, C. C. and Fretwell S. D., "The optimal balance between size and number of offspring", Amériapcan naturalist, n° 108, (1974), 499-506.
73. Venkamp J. H. and KootJ. T. M., "The source of free proline an Asparagine in field beans plants *Visia faba* during and after a short period of water with holding", plants and physiology, n° 132, (1988), 102-109.
74. Greenway H. and Hunns R., "Mechanism of salt tolerance in non development", Plants and physiology, V. 31, (1988), 149-190.
75. Paquin R., "Observation sur une méthode de dosage de la proline libre", Botanique, V. 57, (1979), 851-854.
76. El Ferchichi O. H., "Etude de la diversité biologique de l'*Atriplex halimus* L. pour repérage in vitro et in vivo d'individus résistants à des conditions du milieu", Thèse d'étude approfondis de l'université de Tunis, (1994), 8 p.
77. El Ferchichi O. H., "Contribution à l'étude de la diversité génétique d'*Atriplex halimus* L. au Maroc", VII journées scientifiques, A.U.F., Marrakech, (7-9 octobre 2002), 449-451.
78. Haddioui A. et Baaziz M., "Contribution à l'étude de la diversité génétique d'*Atriplex halimus* L. au Maroc", huitièmes journées scientifiques, A.U.F., Marrakech, (7-9 octobre 2002), 229 p.