



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République algérienne démocratique et populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة عين تموشنت \_ بلحاج بوشعيب

Université d'Aïn-Témouchent Belhadj Bouchaib – UATBB-

Faculté des sciences et de la technologie

Département des sciences de la nature et de la vie

## Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences agronomique

Spécialité : Protection des végétaux

Par :

M<sup>elle</sup> BENALLAL ZINEB

M<sup>elle</sup> BEKRITI NESRINE

## Thème

---

**Étude de quelques paramètres du stress  
salin chez le *Lygeum spartum L.***

---

Devant le jury composé de :

**Président** : Pr . Boughalem Mostafia « MCB » U.A.T.B.B (Ain\_Témouchent)

**Examineur** : Dr. Amara Mohamed « MCA » U.A.T.B.B (Ain\_Témouchent)

**Encadrant** :Dr. Louerrad Yasmina « MCB » U.A.T.B.B (Ain\_Témouchent)

Année universitaire : 2020-2021

## *Avant-propos*

Le travail réalisé dans le mémoire a été effectuée en 2012 au laboratoire LP2VM dans le cadre d'un sujet de recherche portant sur la valorisation des plantes steppiques.

Le travail de recherche a été effectué par LOUERRAD Yasmina.

Les étudiantes M<sup>elle</sup> BENALLAL ZINEB et M<sup>elle</sup> BEKRITI NESRINE ont participé à la rédaction du manuscrit, l'interprétation des résultats et la discussion des résultats obtenues dans le cadre du projet de fin d'étude du master.



## Remerciement

الحمد لله الذي هدانا لهذا و ما كنا لنهتدي لولا هدانا الله

Nous remercies avant tout ALLAH , tout puissant qui m'a donné assez de force pour terminer ce travail et arriver au bout de cette formation. Il me fait grand plaisir de remercier chaleureusement tous ceux qui, avec leur aide précieuse, ont rendu ce travail possible : Nous tiens tout d'abord à l'aboutissement vivement Mme Louerrad Yasmina, qui a d'ériger et suivi ce travail avec patience pour sa compréhension, son amabilité et ses conseils précieux. J'adresse également mes sincères remerciements aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils portent à mes recherches en acceptant d'examiner mes travaux et d'enrichir leurs suggestions. Nous adressons nos sincères remerciements au Mme Boughalem pour avoir accepté cela en tant que président du jury, je tiens à exprimer mes remerciements à Monsieur Amara Mohamed pour avoir accepté de juger ce travail et d'examiner ce travail. Nous tenons également à remercier tous mes amis qui m'ont aidé, soutenu et soutenu durant ce travail. Enfin, nous remercions chaleureusement tous ceux qui ont eu la patience de relire cet ouvrage et m'ont aidé à le terminer. Nous remercions toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cet ouvrage.



# Dédicace

Je dédie ce travail à :

- \_ A Ma mère
- \_ A Mon père
- \_ A Ma soeur : "Samah" .
- \_ A Mes frères : "Mohamed" ; "Abderrahman" .



## Dédicace

- \_ A Ma Tante et ses filles : "Lamia"; "Asmaa" .
- \_ A Toute la famille .
- \_ A Mes très chères amis (es) : "Manel" ; "Ikram"; "Fatima"
- \_ À tous mes camarades de classe avec qui m'ont accompagné tout au long de ma carrière universitaire.
- \_ A Tous mes professeurs durant tout mes études .
- \_ A Tous ceux qui m'ont encouragé et soutenu .
- \_ A La promotion de Master 2 Protection des végétaux de l'année universitaire 2020/2021 de Ain Témouchent

Zineb

## Dédicace

### Je dédie ce travail à :

\_A ce grand être humain qui a toujours souhaitée que ses yeux reconnaissent ma vision ,un jour comme celui-ci ,à celui qui était couvert de salité avant que son vœu ne soit exaucé ,au secret de mon combat et de ma diligence à ma mère, je dédie mon diplôme et ma réussite.

رحمك الله وأسكنك فسيح جناته

## Dédicace

\_A mon père .

\_A mon bras droit ma sœur et sa merveilleuse fille "Jouri".

\_A tout la famille .

\_Au membre de la famille la plus proche qui matoujour été mon soutien ,a mon cousin "Boualem".

\_A Touts mes professeurs durant tout mes études .

\_A La promotion de Master 2 Protection des végétaux de l'année universitaire 2020/2021 de Ain Témouchent .

Nesrine

## Résumé:

Le sparte (*Lygeum spartum* L.) est une poacée vivace qui présente un intérêt écologique important dans la lutte contre l'avancée du désert et la désertification en raison de son système racinaire développé. C'est une espèce tolérante à la salinité. Dans ce contexte notre travail consiste à étudier quelques paramètres d'adaptation biologique à la salinité chez *Lygeum spartum* L. Et de montrer l'effet de la salinité appliquée en ajoutant des concentrations croissantes de NaCl (0, 50, 100 mM) sur la plante *Lygeum spartum* L. à partir de l'étude de certaines propriétés physiologiques et facteurs de croissance. Les résultats obtenus de l'examen montrent l'effet négatif sur la phase de floraison et de développement de la plante, et le stress salin a conduit à une diminution de la croissance de la plante (la longueur des parties aériennes et racinaires de la plante). Les résultats ont également montré une diminution du poids frais et une augmentation du poids sec.

## Mots clés :

Stress salin – *lygeum spartum* – croissance – stress oxydatif

**Abstract:**

Esparto (*Lygeum spartum L.*) is a perennial poaceae of great ecological interest in combating the advance of the desert and desertification due to its developed root system. It is a species tolerant to salinity. In this context our work consists in studying some parameters of biological adaptation to salinity in *Lygeum spartum L.* And to show the effect of the salinity applied by adding increasing concentrations of NaCl (0 , 50, 100 mM) on the plant *Lygeumspartum L.*, from the study of certain physiological properties and growth factors. The results obtained from the examination show the negative effect on the flowering and development phase of the plant, and the salt stress led to a decrease in the growth of the plant (the length of the aerial and root parts of the plant). The results also showed a decrease in fresh weight and an increase in dry weight

**Key words:**

Salt stress -*Lygeum sprtum L.* -growth- oxidative stress.

## الملخص:

نبات السنغ هي نبتة معمرة ذات أهمية بيئية كبيرة في مكافحة تقدم الصحراء و التصحر بسبب نظامها الجذري المتطور . من الأنواع التي تتحمل الملوحة في هذا السياق يتمثل عملنا في دراسة بعض معايير التكيف البيولوجي مع الملوحة في نبات السنغ . . و لظهار تأثير الملوحة المطبقة بإضافة تراكيز متزايدة من كلوريد الصوديوم ( 100.50.0 ) ملي مولار . على نبات السنغ من دراسة بعض الخصائص الفيزيولوجية و عوامل النمو . أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من الفحص التأثير السلبى على مرحلة الازهار و التطور للنبات كما أدى الاجهاد الملحي الى انخفاض في نمو النبات ( طول الأجزاء الهوائية و الجذرية للنبات ) . كما أظهرت النتائج انخفاضا في الوزن الرطب و زيادة في الوزن الجاف .

## كلمات المفتاحية :

إجهاد الملح \_ نبات السنغ \_ نمو - /كسدة .

## Liste des abréviations

**ABA** : Analyse appliquée du comportement

**Ca(NO<sub>3</sub>)** : Nitrate de calcium

**K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>** :Hydrogénophosphate de potassium

**MgSO<sub>4</sub>** : Sulfate de magnésium

**H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>** : Acide borique

**MnSO<sub>4</sub>** : Sulfate de manganèse (II)

**ZnSO<sub>4</sub>** : sulfate de zinc

**CuSO<sub>4</sub>** : Sulfate de cuivre

**TCA** :Acidethiobarbiturique

**TBARS** :Thiobarbituricacidereacingsubstnce

**DPPH** : 1,1\_diphenyl-2-picrylhydrazyl

**MDA** :Malondialdéhyde

**mn** : Minutes

**DO** : Densité optique

**T** : témoin

**NaCl** : Chlorure de sodium

**TBA** : Acide thiobarbiturique

**LPA** : Longueur de la partie aérienne

**LPS** : Longueur de la partie souterraine

**PF** : Poids frais

**PS** : Poids sec

## Table des matières :

- Remerciement
- Dédicace
- Résumé
- Liste des abréviations
- Liste des figures
- Liste des tableaux
- Introduction générale

### partie bibliographie

#### Chapitre I

#### Le stress salin chez la plante

1. La salinité du sol : .....	5
2. Origine des sols salés : .....	5
2.1. Salinisation primaire : .....	5
2.2. Salinisation secondaire : .....	5
3. Stress chez les plantes : .....	5
3.1. Types de stress : .....	6
4. L'effet de la salinité sur la physiologie de la plante : .....	6
4.1. Effet de la salinité sur la germination : .....	7
4.2. Effet de la salinité sur la croissance et le développement : .....	7
4.3. Effet de la salinité sur la biochimie de la plante : .....	7
4.4. Effet de la salinité sur le métabolisme de l'azote : .....	7
4.5. Les effets de la salinité sur le rendement des plantes : .....	8
5. la repense de la plante au stress salin : .....	8
5.1. La régulation ionique et compartimentation : .....	8
5.1.1. La compartimentation vacuolaire : .....	8
5.1.2. Exclusion des ions toxiques : .....	9
5.2. Biosynthèse de solutés compatibles : .....	9
5.3. Induction des enzymes antioxydantes : .....	11
5.4. Induction des hormones végétales : .....	11
5.5. Les polyphénols : .....	11

#### Chapitre II

## Généralités sur le sparte (*Lygeum spartum* L)

1_ Généralité sur <i>Lygeum spartum</i> L :	13
1- 1 - Rhizome :	13
1 -2- Feuille :	14
1-3 - Racines:	14
1- 4 - Fleurs :	14
1- 5 - Inflorescence :	15
2-Description botanique de la plante :	16
3_ Description botanique	17
3-1)Appareilvégétatif:	17
3-2)Appareilreproducteur :	19
3-3)Infrutescence :	19
3-4) Exigenceédaphique :	20
3-5) Intéretutilisationdu <i>Lygeumspartum</i> L :	21
4-Systématique de la <i>Lygeum spartum</i> L :	21
5-Répartition géographique de la plantes de la <i>Lygeum spartum</i> L	23
5.1 Répartitiondanslemonde:	23
5.2 Répartitiongéographique :	23
6-Intérêt du <i>Lygeum spartum</i> L :	24

## Chapitre III

### Matériels et méthodes

1) Objectif de l'expérimentation :	27
2) Matériel végétal :	27
3) Préparation de graines à la germination :	27
4) Germination des graines :	27
5) Mis en culture des graines :	27
6) Induction du stress salin :	28
7) Mesure de la partie aérienne et partie souterraine :	29
8) Mesure de la masse fraîche :	29
9) Mesure du poids sec :	30
10) Dosage des flavonoïdes :	30
10-1) Principe :	30
10-2) Protocole expérimental :	30
11) Evaluation de l'activité anti-oxydante par le test DPPH	30
11-1) - Principe :	30



11-2) Protocole :	30
12) Evaluation de la peroxydation lipidique :	31
12-1) Principe :	31
12-2 ) Protocole expérimental :	31

## **Résultat et discussion**

1. Le taux de germination des graines :	33
2. Mesure de la longueur de la partie aérienne et la partie souterraine :	33
3. Mesure du poids frais :	34
4. Mesure du poids sec :	34
5. Rendement d'extraction :	35
6. Dosage des flavonoïdes	35
7. L'évaluation de l'activité antioxydante par le test DPPH	37
8 .Evaluation de la peroxydation lipidique	37
Discussions :	39
Conclusion :	43

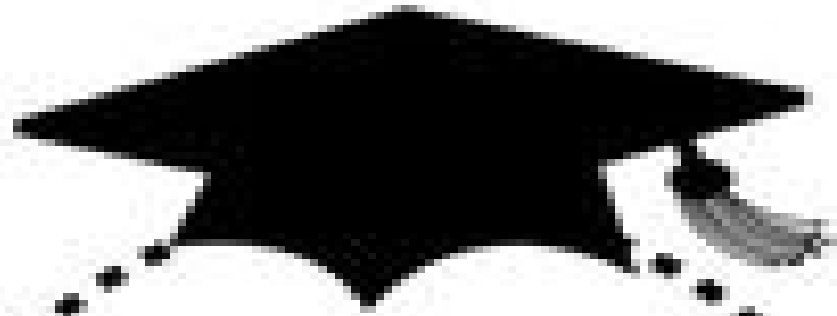
## **Bibliographie**

## Liste des figures

Figure 1 feuilles de <i>Lygeum spartum</i> L. ....	13
Figure 2 Représentation d'une touffe de <i>Lygeum spartum</i> L.....	15
Figure 3 Représentation de l'inflorescence du <i>Lygeum spartum</i> L.....	16
Figure 4: B- Système racinaire du <i>Lygeum spartum</i> .....	18
Figure 5 A- Système aérien du <i>Lygeum spartum</i> .....	18
Figure 6 C- Système racinaire du <i>Lygeum spartum</i> .....	19
Figure 7 D- Inflorescences du <i>Lygeum spartum</i> .....	20
Figure 8 E- Caryopse du <i>Lygeum spartum</i> L.....	20
Figure 9 Aire de Répartition du <i>Lygeum spartum</i> (Jager 1971).....	24
Figure 10 Graines de <i>Lygeum spartum</i> L sur une touffe de la station EL Kheiter.....	27
Figure 11 mis en culture des graines sur pots.....	28
Figure 12 Induction du stress salin (lot témoin , lot NaCl 50 mM , NaCl 100 mM).....	29
Figure 13 Quelques étapes durant la mesure de la longueur des parties aériennes et souterraines.....	29
Figure 14 Effet de différents concentrations de NaCl sur la variation des longueurs de la plante <i>Lygeum spartum</i> .....	33
Figure 15 Effet de concentration en NaCl sur la variation du poids frais de plante <i>Lygeum spartum</i> L après 60 jours de germination .....	34
Figure 16 Effet de concentration de NaCl sur la variation du poids sec de plante <i>Lygeum spartum</i> L après 60 jours de germination.....	34
Figure 17: Teneurs en flavonoïdes par dosage spectrophotométrique.....	37
Figure 18: Courbe d'étalonnage de la catéchine.....	37

## Liste des tableaux

Tableau 1 Place de <i>Lygeum spartum</i> L. dans la systématique.....	17
Tableau 2 Place de <i>Lygeum spartum</i> L. dans la systématique.....	22
Tableau 3 Différentes concentration de l'extrait : .....	35



# Introduction générale

### Introduction générale :

En Algérie, la préservation des ressources naturelles dans les parcours steppiques présente un enjeu stratégique majeur et constitue une priorité nationale, nécessitant une étude fondamentale des écosystèmes steppiques et des espèces naturelles peuplant la région. Parmi les espèces endémiques de la steppe Algérienne, le sparte (*Lygeum spartum* L.) qui occupe une aire importante dans les zones des hauts plateaux et littorales, estimées à 3 millions d'hectares ; le sparte constitue un élément dominant de la steppe algérienne; et occupe la deuxième place après l'Alfa (**Le Houérou, 1995**). Le *Lygeum spartum* est une plante caractérisé par sa tolérance à différents stress environnementaux notamment le stress salin (**Nedjimi, 2014**).

En effet la salinité constitue l'un des facteurs abiotiques les plus répandus dans les zones arides et semi arides ce qui limite fortement les rendements agricoles (**Khales et Baaziz., 2006**). Le stress salin peut directement ou indirectement affecter le statut physiologique des plantes en changeant le métabolisme, la croissance et le développement des plantes (**Ajmal Khan et al., 2000 ; Garg et al., 2002**).

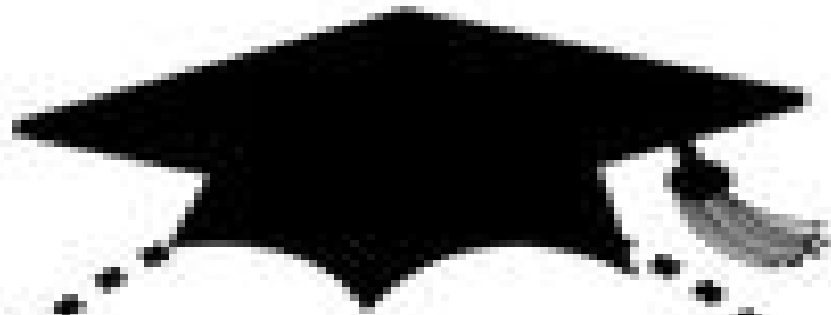
L'objectif de cette étude est de mettre en évidence l'influence d'une contrainte saline sur certains paramètres physiologiques et morphologiques de la plante ; par l'induction du stress salin par différentes concentrations de NaCl (0, 50, 100 mM), chez le *Lygeum spartum* L.

Dans une première partie du mémoire une étude bibliographique sur le stress et la salinité chez les plantes, ainsi qu'une présentation de la plante étudiée a été évoqué.

Dans une deuxième partie nous nous sommes intéressés à l'évaluation de quelques paramètres d'adaptation biologique liés à la salinité chez *Lygeum Spartum* L. à travers une étude expérimentale.

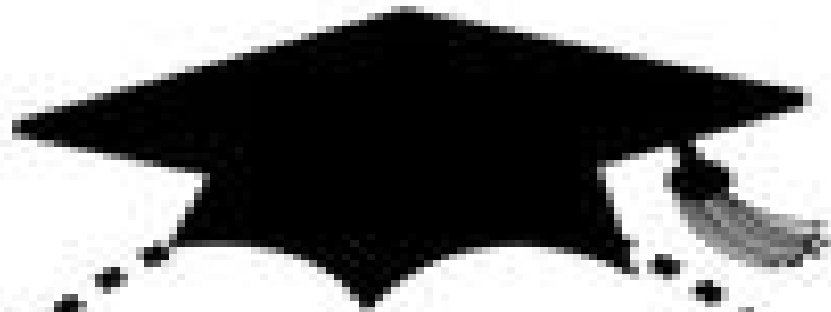
La troisième partie du mémoire a été consacré aux résultats obtenus ainsi que leurs interprétations.

La dernière partie du mémoire comporte la discussion des résultats obtenus et une conclusion.



**Partie bibliographique**





## Chapitre I

### Le stress salin chez la plante

### 1. La salinité du sol :

Plusieurs auteurs ont défini la salinité des sols comme étant la présence de concentration excessive de sels solubles, ou lorsque les concentrations en Na, Ca, Mg sous formes de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées (**Asloum, 1990**).

La salinité est actuellement un des facteurs qui affectent en grande mesure la fertilité et la productivité des sols, en diminuant le rendement des cultures, en particulier dans les zones méditerranéennes ou biens dans celles où les cultures dépendent de l'irrigation (**Middleton et Thomoa, 1992**). Elle constitue un facteur limitatif majeur de la productivité agricole, ces charges en sels soumettent les plantes à un stress permanent (**Gupta et Abrol, 1990**).

### 2. Origine des sols salés :

D'après **Cherbuy (1991)**, la salinisation d'un milieu, implique la présence d'une source de sels qui peut être naturelle, dénommée primaire, et une salinisation anthropique, généralement liée à l'irrigation, que l'on appellera secondaire.

#### 2.1. Salinisation primaire :

La Salinisation primaire liée à la présence naturelle relativement concentrée de sels à travers un long processus naturel de dégradation des roches salines et des apports éoliens des sels des mers et océans (**Stengel *et al.*, 2009**).

#### 2.2. Salinisation secondaire :

Le phénomène de la salinisation secondaire lié à l'irrigation constitue une menace particulièrement grave mais très difficile à évaluer de manière correcte (**Stengel *et al.*, 2009**). Cette salinisation liée à l'irrigation se traduit par une accumulation de sels avec des effets sur les propriétés chimiques, physiques (dispersion des argiles, instabilité de la structure) et biologiques (effet sur le développement des plantes par la pression osmotique (**Cheverry et Rbert, 1998**).

### 3. Stress chez les plantes :

On appelle stress toute pression exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. Certains physiologistes qui étudient les stress estiment que ce concept est trop restrictif, parce qu'il suscite des questions sur les mécanismes adaptatifs qui permettent la croissance de plantes dans des environnements qui pourraient être considérés comme stressants. Par ailleurs, la



réponse des plantes dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux, (le type de contrainte, son intensité et sa durée) et génétiques (espèce et génotype) (Hopkins, 2003).

### 3.1. Types de stress :

La plante et la plupart de ses cellules sont directement exposées aux changements des conditions environnementales qui peuvent être de deux natures distinctes :

#### 3.1.1. Stress biotique :

Ce terme représente la totalité des paramètres physico-chimiques ou biologiques qui découlent de l'existence de l'action des êtres vivants. Les facteurs biotiques caractérisent donc l'ensemble des influences qu'exercent les êtres vivants entre eux et sur leur milieu (Ramade, 2003).

#### 3.1.2. Le stress abiotique :

Il est dû principalement à des facteurs environnementaux comme la sécheresse, les températures extrêmes, excès d'eau et la salinité (Hopkins, 2003).

##### 3.1.2.1. Le stress hydrique :

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

##### 3.1.2.2. Le stress salin :

Le stress salin est défini comme une concentration excessive en sel. Le terme stress salin s'applique surtout à un excès des ions, en particulier **Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup>** (Hopkins, 2003). La salinité des sols constitue l'un des principaux stress abiotiques limitant la croissance des plantes cultivées. Cette salinité peut être naturelle ou induite par les activités agricoles comme l'irrigation ou l'utilisation de certains types d'engrais (Jabnour, 2008).

Actuellement, sur 1.5 milliard d'hectares de terre cultivée dans le monde, environ 77 millions d'hectares (5%) sont affectés par la teneur excessive en sel. Ce chiffre ne cesse d'augmenter d'une année à l'autre à cause de la mauvaise qualité de l'eau d'irrigation (Rhim *et al.*, 2013).

#### 4. L'effet de la salinité sur la physiologie de la plante :

La salinité est l'un des facteurs limitant pour la croissance des plantes. Les effets de la salinité sont : l'arrêt de la croissance, le dépérissement des tissus sous forme de nécroses marginales, suivi par une perte de turgescence, par une chute des feuilles et finalement par la mort de la plante (**Zid, 1982**). La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement (**Gill, 1979 ; Elmekkaoui, 1990 ; Boukachabia, 1993**) et d'une manière générale la hauteur, le diamètre des tiges des différentes espèces, ainsi que la grosseur des fruits, (**Khan *et al.*, 1997 ; Bouaziz, 1980**).

##### 4.1. Effet de la salinité sur la germination :

Le stade plantule est le plus altérable dans le cycle de vie de la plante, et c'est la germination qui détermine le temps et le lieu pour que la croissance de la plantule ébauche. Ce stade de germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (**Said *et al.*, 2011**).

Selon **Rejili *et al.*, (2006)**, les semences répondent au stress salin, en réduisant le nombre total des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination. Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal.

##### 4.2. Effet de la salinité sur la croissance et le développement :

La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire et cette expansion s'arrête si la concentration du sel augmente (**Wang et Nil, 2000**), le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (**Chartzoulakis et Klapaki, 2000**).

##### 4.3. Effet de la salinité sur la biochimie de la plante :

Dans les conditions salines, il y a un changement dans le modèle d'expression des gènes et des changements qualitatifs et quantitatifs dans la synthèse. Le stress salin induit une perturbation de la composition lipidique et protéique au niveau de la membrane cellulaire, affectant ainsi sa stabilité (**Alem et Amri., 2005**).

**Aspinal et Pale (1981)** signalent que la proline est l'acide aminé le plus caractérisé des plantes soumises au stress salin. L'importance de la proline comme indicateur aux agressions semble jouer un rôle dans le maintien des pressions sol-vacuole, mais aussi dans la protection des membranes et des systèmes enzymatiques, ainsi qu'un régulateur de pH. (**Alem et Amri, 2005**).

#### 4.4. Effet de la salinité sur le métabolisme de l'azote :

La nitrification est aussi touchée par la salinité. En effet, la vitesse d'oxydation biologique de l'ammonium est ralentie en fonction du degré de salinité dans le sol ; il est de même de la vitesse d'apparition des nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, l'oxydation de l'ammonium est totalement inhibée en présence de salinité excessive, et il n'y a pas apparition de nitrate NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. (Salam, 2004).

#### 4.5. Les effets de la salinité sur le rendement des plantes :

Les effets de la salinité se manifestent principalement par une diminution de la croissance de l'appareil végétatif, caractérisé par la faible ramification, le faible diamètre des organes, le nombre réduit des nœuds et les réductions du nombre des feuilles et de la longueur de la tige et par conséquent l'augmentation du rapport racine/tige. Une baisse des poids de matière fraîche et sèche est aussi démontrée (Rush *et al.*, 1981).

La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement (Gill, 1979 ; Elmekkaoui, 1990 et Boukachabia, 1993) et d'une manière générale la hauteur, le diamètre des tiges des différentes espèces, ainsi que le gosseur des fruits, diminues d'une façon importantes avec l'augmentation de la salinité (Khan *et al.*, 1997).

### 5. la repense de la plante au stress salin :

Deux grandes stratégies de résistance au sel étaient connues chez les plantes : limiter l'entrée de sodium au niveau des racines ou séquestrer le sodium au niveau des feuilles (Berthomieu *et al.*, 2003). La tolérance de la salinité est l'habilité des plantes à croître et compléter leur cycle de vie sur un substrat contenant une forte concentration de sel soluble. Les plantes développent un nombre important de mécanismes biochimiques et cellulaires pour faire face au stress salin.

#### 5.1. La régulation ionique et compartimentation :

##### 5.1.1. La compartimentation vacuolaire :

Consiste à évacuer du cytoplasme les ions Na<sup>+</sup> en excès vers la vacuole afin d'éviter leur effet toxique et inhibiteur à l'encontre des processus enzymatiques (Flowers *et al.*, 1977). Ce mécanisme de compartimentation vacuolaire est assuré par l'action d'un antiport vacuolaire sodium/proton (Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup>) dont l'énergie est fournie par les pompes à proton ATPases.

Mais en réalité, du fait de l'existence des autres cations dans la cellule, l'accumulation de sodium dans la vacuole est réalisable contre son gradient de

concentration seulement 4 à 5 fois plus élevé (**Hanana *et al.*, 2009**). Ainsi, grâce à ce processus de compartimentation de sodium au sein de la vacuole, la cellule parvient à maintenir une faible concentration de sodium dans le cytoplasme, minimisant ainsi son effet toxique, et d'autre part, l'augmentation concomitante de la concentration de sodium dans la vacuole va engendrer une forte pression osmotique qui va favoriser l'absorption d'eau et donc améliorer la turgescence des cellules (**Glenn *et al.*, 1999 ; Apse et Blumwald, 2007**).

### 5.1.2. Exclusion des ions toxiques :

L'autre stratégie permettant aux plantes de survivre en condition de stress salin consiste à exclure le sodium du cytoplasme vers l'extérieur de la cellule. Dans ce cas, les plantes limitent l'entrée des éléments salins et les rejettent dans le compartiment apoplasmique (**Blumwald *et al.*, 2004 ; Munns 2005**). La régulation qualitative et quantitative du transport des ions permet de maintenir la concentration ionique dans une gamme de valeurs compatibles avec un métabolisme cellulaire normal. L'exclusion commence avec la sélectivité de la membrane racinaire, ce qui peut résulter d'une réduction de la perméabilité passive, de la présence de transporteurs sélectifs et d'un transport vers le milieu extérieur des ions déjà absorbés (**Apse et Blumwald, 2007**).

### 5.2. Biosynthèse de solutés compatibles :

Pour adapter l'équilibre ionique dans la vacuole, le cytoplasme accumule des composés de petite masse moléculaire nommés solutés (**Zhifang et Loescher, 2003**) parce que le point commun chez ces derniers est que ces composés peuvent être accumulés à des taux élevés sans perturber la biochimie intracellulaire (**Bohert et Jensen, 1996**). Ces solutés compatibles comprennent principalement :

#### 5.2.1. La proline :

Les teneurs en proline s'accroissent rapidement chez de nombreuses mono- ou dicotylédones soumises à un stress salin (**Yoshiba *et al.*, 1999 ; Rhodes *et al.*, 2002 ; Silva- Ortega et al., 2007**). Cette augmentation de la concentration de proline cytoplasmique est consécutive à la stimulation de sa synthèse, résultant d'une élévation des quantités des messagers codant pour l'enzyme qui convertit le glutamate semi-aldéhyde en proline. Il existe deux voies de biosynthèse de la proline chez les plantes, celle de l'ornithine et celle du glutamate. Cette dernière semble être prédominante sous conditions de stress (**Silva-Ortega *et al.*, 2008**).

La proline agit en tant que composé soluble compatible dans l'ajustement

osmotique pouvant atteindre de fortes concentrations sans exercer d'effet toxique comme le cas des ions (Yancey *et al.*, 1982 ; Silva-Ortega *et al.*, 2007). En plus du rôle osmotique attribué à la proline, celle-ci intervient dans la détoxification des formes actives d'oxygène (Hong *et al.*, 2000 ; Kocsy *et al.*, 2005) et la stabilisation des protéines (Ashraf et Foolad, 2007 ; Majumder *et al.*, 2010), protégerait l'intégrité de la membrane plasmique (Mansour, 1998) et constituerait une source de carbone et d'azote (Ahmad et Hellebust, 1988 ; Peng *et al.*, 1996; Sairam et Tyagi, 2004).

L'accumulation de la proline chez diverses espèces de plantes stressées a été corrélée à leur capacité de tolérance, et sa concentration est généralement plus élevée chez les plantes tolérantes que les plantes sensibles (Ashraf et Foolad, 2007).

### 5.2.2. La glycine bêtaïne :

Les glycines bêtaïnes qui ont la particularité d'être méthylées, sont issues soit de la proline, soit d'autres acides aminés. Elles interviennent au niveau de l'ajustement osmotique, de l'osmoprotection et de la protection des enzymes (Gorham, 1992).

La glycine bêtaïne est principalement présente au niveau des chloroplastes où elle joue une fonction vitale dans la protection des membranes thylakoïdes et par conséquent dans le maintien de l'efficacité photosynthétique (Ashraf et Foolad, 2007), et aussi dans l'osmoprotection en stabilisant les macromolécules et en préservant les membranes sous stress (Yancey, 1994 ; Naidu 2003 ; Majumder *et al.*, 2010).

Certaines plantes cultivées accumulent aussi ce composé lorsqu'elles sont soumises à un stress salin ; c'est le cas de l'épinard, du tournesol, du blé, de l'avoine et du maïs (Levigneron *et al.*, 1995 ; Ashraf et Foolad, 2007).

### 5.2.3. Sucres et dérivés :

Plusieurs études physiologiques ont démontré que l'accumulation des sucres et des polyols, principalement suite à l'hydrolyse de l'amidon (Hoekstra *et al.*, 2001 ; Phillips *et al.*, 2002), était stimulée par un stress salin chez différentes espèces végétales (Gilmour *et al.*, 2000 ; Streeter *et al.*, 2001 ; Taji *et al.*, 2002 ; Bartels et Sunkar, 2005 ; Majumder *et al.*, 2010).

Une forte corrélation a été établie entre l'accumulation des sucres et le niveau de tolérance à la salinité (Gilmour *et al.*, 2000 ; Streeter *et al.*, 2001 ; Taji *et al.*, 2002 ; Bartels et Sunkar, 2005). Les nombreux cas où sont décelées des accumulations de sucres (saccharose) ou de leurs dérivés alcools, tels que les polyols, le mannitol, le sorbitol et le tréhalose (Phillips *et al.*, 2002 ; Sairam et Tyagi, 2004), s'accompagnent

aussi de l'augmentation de composés aminés (**Cushman, 2001**). L'augmentation de la concentration des polyols entraîne une augmentation du potentiel osmotique du cytoplasme, ce qui permet une plus grande compartimentation de sodium dans la vacuole. De plus, ces polyols agissent en tant qu'osmoprotecteurs des membranes et des protéines, probablement en éliminant les radicaux libres d'oxygène (**Bohnert et Jensen, 1996**). Ils peuvent également servir de source de carbone pendant la période de stress durant laquelle les photosynthétats sont peu disponibles (**Vernon *et al.*, 1993**).

Le mannitol est la forme réduite du mannose. Ce sucre alcool un sucre qui sert comme soluté soluble pour faire face au stress salin (**Zhifang et Loescher, 2003**).

### 5.3. Induction des enzymes antioxydantes :

Le stress salin est complexe et implique un déficit hydrique à cause des effets osmotiques sur une large variété d'activités métaboliques (**Cheeseman, 1988**). Ce déficit hydrique conduit à la formation des espèces réactives d'oxygène (ROS) comme le superoxyde, le peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), le radical hydroxyl (O-H) (**Elstner, 1987**). Les espèces d'oxygènes cytotoxiques activées peuvent perturber sérieusement le métabolisme à travers un dommage oxydatif des lipides, des protéines ou des acides nucléiques (**Linn, 1988**). Les plantes se défendent contre ces espèces réactives de l'oxygène avec l'induction des activités de certaines enzymes antioxydantes comme la catalase, peroxydase, glutathion réductase et le superoxydedismutase ce qui élimine les ROS.

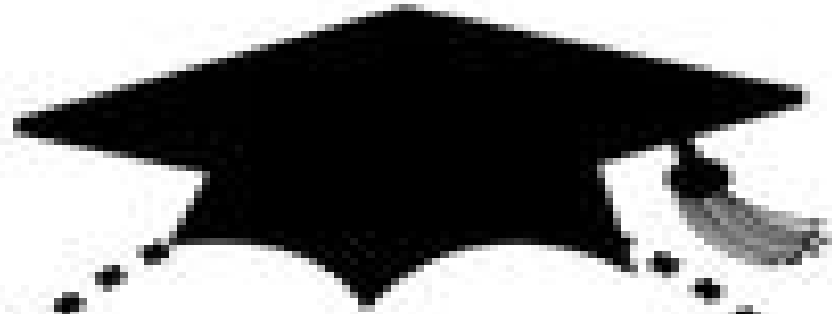
### 5.4. Induction des hormones végétales :

La concentration élevée du sel déclenche une augmentation dans les taux des hormones végétales, comme l'ABA et les cytokinines (**Vaidyanathan et al., 1999**). L'acide abscissique est responsable de l'altération des gènes induits par le stress salin. Il s'est avéré que l'ABA vient alléger l'effet inhibiteur du NaCl sur la photosynthèse, la croissance et la translocation des assimilats (**Popov et al., 1995**). L'ABA favorise la fermeture des stomates en changeant le flux des ions dans les cellules de gardes sous les conditions de stress salin. Il a été démontré que l'augmentation de l'absorption de Ca<sup>2+</sup> est liée à l'augmentation de l'ABA dans le cas du stress salin et donc contribue au maintien de l'intégrité membranaire en diminuant l'accumulation de l'ion toxique Cl<sup>-</sup> dans les feuilles, ce qui permet aux plantes de réguler l'absorption et le transport dans le cas d'excès de la salinité à long terme

(Chen et al., 2001).

#### 5.5. Les polyphénols :

Les polyphénols constituent un groupe de substances variées et ubiquistes (Hopkins, 2003 ; George et al., 2005). Chez les plantes, la synthèse et l'accumulation des polyphénols est généralement stimulées en tant que réponse des stress tel que la salinité (Naczki et Shahidi, 2004 ; Dixon et Paiva, 1995 ; Navarro et al., 2006). Les composés phénoliques participent dans le processus de défense contre les ROS (espèces réactives à l'oxygène) qui sont produites lors du métabolisme photosynthétique établie sous les stress environnementaux (Sreenivasulu et al., 2000). L'augmentation de la concentration des polyphénols dans les tissus est une réponse de l'augmentation de la salinité indique l'induction du métabolisme secondaire qui est une méthode de défense adoptée par les plantes face au stress salin mais réduit la production de la biomasse (Kate, 2008 ; De Abreu et Mazzafrà, 2005).



## Chapitre II

Généralité sur le sparte  
( *Lygeum spartum L* )



### 1\_Généralité sur *Lygeum spartum* L :

*Lygeum spartum* est le nom scientifique du sparte, dite en arabe « senagh ou sen'gha » (Killian, 1948 ; Ozenda, 1956). En espagnol « Espartobasto ou albardin » (Mariano, 1876 in Chadli, 1990). C'est une Poacée vivace appartenant à la section des lygeacées (Mariano, 1876), il se présente en touffes denses, très hétérogènes quant à leur forme et leur répartition dans l'espace (Aidoud, 1983).

La touffe est composée d'une partie vivante verte distincte et d'une partie morte qui s'entasse sur pied en grande quantité.



Figure 01 : Feuille de *Lygeum spartum* L.

Le développement du *Lygeum* est dressé, il a tendance à croître soit en hauteur qu'en largeur, donnant origine à un arbuste arrondi.

#### 1-1- Rhizome :

La partie souterraine de la plante est un rhizome à entre-nœuds portant des racines adventives, il est fort, rampant et s'enfonçant profondément dans le sol (à 4 ou 5cm de profondeur), il donne l'impression d'un peigne en raison de sa croissance rectiligne. Selon Walter (1973), le rhizome de sparte avance de 1cm/an et sa croissance linéaire conduit à une forme typique de la touffe. Il émette des tiges nombreuses érigées formant de belles touffes, il est recouvert d'écailles brillantes serrées, imbriquées émettant sur la face inférieure de nombreux chaumes pleins et écailleux à la base.

#### 1-2- Feuille :

Le *Lygeum* est perché sur un feuillage junciforme d'un beau vert émeraude et persistant. Les feuilles sont coriaces et adhèrent bien au sol, elles atteignent jusqu'à

50cm de longueur, elles sont toujours enroulées ce qui leur donne un aspect cylindrique. L'enroulement des feuilles, adaptation à la sécheresse connue et décrite par **Lemée (1954)**, réduit la transpiration dans le cas de *Lygeum spartum* de 69 à 83%. Cet enroulement est permanent (**Aidoud, 1983**). Les feuilles sont fibreuses et très solides.

### 1-3 - Racines:

Les racines du sparte sont de type fasciculé, mais ne présentent pas d'orientation particulière dans leur développement. Celui-ci reste toute fois à extension latérale. Les racines présentent au même titre que *Aristida pungens*, un manchon de poils très dense qui agglutinent le sable à l'aide de sécrétions mucilagineuses, ce caractère est une adaptation à la sécheresse. **Lemée (1954)** signale la grande hygroscopicité des racines du *Lygeum spartum* qui même mortes peuvent encore absorber l'humidité atmosphérique à raison de 100% de leurs poids initial.

### 1- 4 - Fleurs :

Elles sont au bout de la tige par deux ou trois soudées entre elles, entourées de longs poils et contenues dans une grande spathe. Les fleurs forment une couverture de longs cheveux soyeux, si on l'observe sans la fleur il peut être confondu avec l'Alfa. Les fleurs sont hermaphrodites (ont à la fois des organes males et femelles) et sont pollinisées par le vent.

### 1- 5 - Inflorescence :

Le *Lygeum* est composé de seulement quelques épilés de couleur argenté comprenant un épilé fertile et solitaire, il ressemble à un bec d'oiseau, les glumes et les lodicules sont absents, lemme ovale 20-30mm de long coriaceux. Le fruit est un caryopse de couleur rouge avec péricarpe adhérent. Le *Lygeum* est en fleur en mai, et les graines mûrissent en juin et juillet, il est toujours vert durant le printemps, l'été, l'automne, et l'hiver, il assume une coloration vert blanc. Selon **Floret et Pontannier (1982)**, le *Lygeum spartum* est souvent décrits comme une espèce qui végète durant toute l'année, les exemplaires adultes sont de taille moyenne et atteignent les 2m de hauteur.



Figure 2 : Représentation d'une touffe de *Lygeum spartum* L.



Figure 3 : Représentation de l'inflorescence du *Lygeum spartum* L.

## 2-Description botanique de la plante :

Le *Lygeum spartum* L. est une plante caractéristique de la steppe algérienne, appelée communément 'Sparte' et aussi 'Gousmir';

En espagnol c'est 'Espartobasto' ou 'Albardine' (Mariano de Lapaz, 1876). Son nom en Arabe est 'Sennagh' (OZENDA, 2004).

La systématique de la plante est résumée

Tableau 1 :

Tableau 1 Place de *Lygeum spartum L.* dans la systématique

Embranchement	Spermaphytes
Sous - embranchement	Angiospermes
Classe	<u>Monocots</u>
Sous Classe	<u>Monocots évolués</u>
Ordre	<u>Poales</u>
Famille	Poacées
Tribu	<u>Lygées</u>
Genre	Lygeum
Espèce	spartum

### 2-1) Appareil végétatif:

Le *Lygeum spartum L.* se présente en touffe dense qui se distingue par:

#### **a) Un système souterrain:**

Le système souterrain de *Lygeum spartum L.* est très développé, il est caractérisé par un rhizome rampant couvert d'écaillés brillantes, serrées, imbriquées les unes sur les autres; à croissance rectiligne avec des ramifications orientées dans le même sens que l'axe principal. Le *Lygeum spartum L.* présente des racines verticales qui se fauillent dans les plus petits pores qui se trouvent en profondeur et dont la longueur peut atteindre jusqu'à 20m. La biomasse de la partie souterraine est supérieure à celle de la partie aérienne.



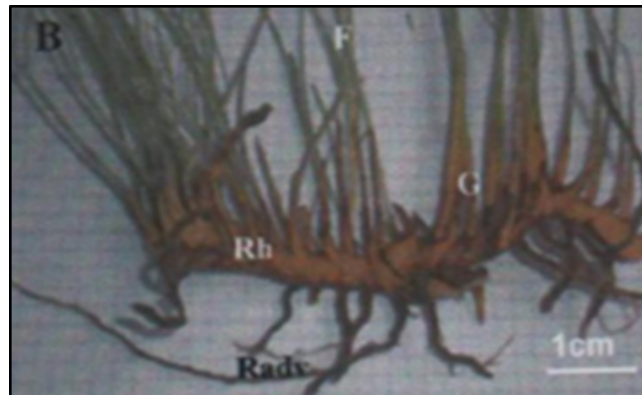


Figure 4: Système racinaire du *Lygeum spartum*

**B** : Système souterrain formé par le rhizome (**Rh**) d'où partent les racines adventives (**Radv**) vers le bas, les feuilles (**F**) et la gaine (**G**) vers le haut.

**b) Un système aérien :**

L'appareil aérien de *Lygeum spartum* L. se présente sous forme de touffes denses, les feuilles sont glauques, coriaces et cylindriques par suite de l'enroulement de leurs bords (**Fig.A**); les tiges portent à leurs extrémités une spathe large plurinerviée de 3 à 4 cm enroulée en long renfermant à l'intérieur une inflorescence (**Fig.A**).

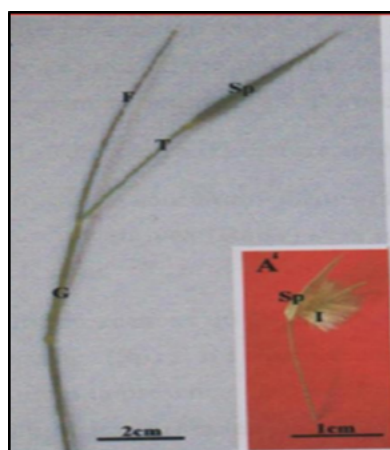


Figure 5 A- Système aérien du *Lygeum spartum*

**A** : Système aérien formé d'une feuille (**F**) engainante (**G**) autour de la tige (**T**) qui se termine par une spathe (**Sp**) enroulée sur elle-même renfermant à l'intérieur

l'inflorescence.

**A'**:Infrutescence(**I**) mature après déroulement de la spathe(**Sp**).

### 3-2) Appareil reproducteur :

La floraison du *Lygeum spartum* L. a lieu entre les mois de décembre et de mars selon les conditions climatiques.

L'inflorescence se présente sous forme d'un épi d'épillets uniflores soudés à leur base. Chaque épillet est formé d'une à quatre fleurs composée chacune de deux glumelles, de trois étamines et d'un style (**Fig. C, b**) terminé par un stigmate simple; sur la partie inférieure se trouve l'ovaire légèrement renflé et renfermant un seul ovule.

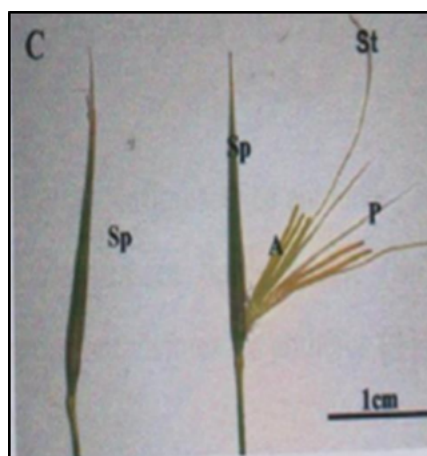


Figure 6 C- Système racinaire du *Lygeum spartum*

**C**:Inflorescences du *Lygeum spartum* L.

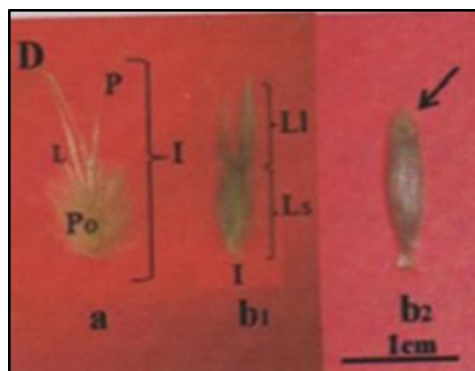
**a**:inflorescence entourée par la spathe (**Sp**);

**B**:inflorescence débarrassée de la spathe (**Sp**)dévoilant la présence de deux fleurs où sont visibles les anthères(**A**), les stigmates (**St**) et les paleoles(**P**).

### 3-3)Infrutescence :

L'infrutescence de *Lygeum spartum* L. renferme un à quatre caryopses bruns rougeâtres, letout est protégé par des lemmes soudées à leur base et recouvertes par un long poil soyeux”(Fig. ;D).

Le caryopse est oblong aux extrémités effilées. La face ventrale est parcourue par un sillon(Fig. E, a). Sur sa face dorsale, le caryopse apparait lisse et se termine



par l'embryon (Fig. 4 E,b).

Figure 7 D- Inflorescences du *Lygeum spartum*

D : Inflorescences du *Lygeum spartum* L. a : inflorescence débarrassée de la spathe, composée par des lemmes (L) recouverte par des poils (Po), et des paleo les (P); b1: E : Caryopses du *Lygeum spartum* L. a : vue ventrale traversée par un sillon (S); b : vue dorsale avec l'embryon (Em) à l'extrémité.

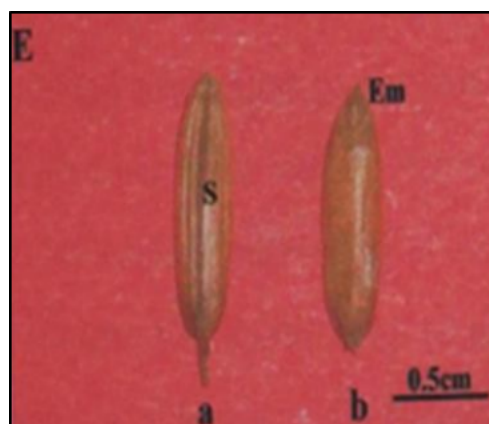


Figure 8 E- Caryopse du *Lygeum spartum* L.

E: Caryopses du *Lygeum spartum* L. a:vueventrale traversée par un sillon (S); b :vue dorsale avec l'embryon (Em) à l'extrémité.

### 3-4) Exigence édaphique :

*Lygeum spartum* L. semble lié à des conditions édaphiques précises à savoir les sols bruts argilo limoneux souvent gypseux et légèrement salés qui correspondent aux affleurements marneux.

*Lygeum spartum* L. se trouve dans des steppes argileuses ou limoneuses,



particulièrement dans les dépressions des Hauts Plateaux, les pentes argileuses, plus rarement rocailleuses, des montagnes sèches, très rarement dans les pâturages plus ou moins sablonneux ou le taux de limon varie de 4 à 12%, celui des sables de 74 à 90% et celui des argiles de 4 à 9%. Ces sols sont assez profonds, le premier horizon atteint 40cm.

### 3-5) Intérêt utilisation du *Lygeum spartum L.* :

*Le Lygeum spartum L.* joue un rôle dans la fixation des sols et la stabilisation des sables dunaires, grâce à son système souterrain bien développé.

Il est utilisé dans la confection artisanale tels que les cordes, les tapis, les nattes, les paniers. Les feuilles du sparte peuvent être utilisées dans l'industrie de pâte papetière, car le sparte fournit un papier lisse à surface douce qui possède d'excellentes qualités pour l'imprimerie et en particulier pour les illustrations en couleur ainsi qu'une grande stabilité dimensionnelle.

*Le Lygeum spartum L.* est une plante pastorale qui est fournie aux brebis comme aliment d'engrais.

### 4-Systématique de la *Lygeum spartum L.* :

*Le Lygeum spartum L.* est une plante caractéristique de la steppe algérienne, appelée communément "Sparte", "aussi appelée "Gousmir" (NEGRE, 1961); en espagnol c'est "Espartobasto" ou "Albardine" (MARIANO DE LA PAZ, 1876). "son nom en arabe est "Sennagh" (OZENDA, 2004).

Selon BATTANDIER et TRABUT (1902), *Le Lygeum spartum L.* est l'unique espèce de la tribu des Lygées qui fait partie de la famille des Poacées. QUEZEL et

SANTA (1962), signalent que cette espèce est souvent confondue avec l'Alfa à l'état végétatif.

Le genre *Lygeum spartum L.* appartient à la famille des Poacées. La systématique de la plante est résumée dans le **Tableau 01**.

Tableau 1 Place de *Lygeum spartum* L. dans la systématique

Embranchement	Spermaphytes	(QUEZEL et SANTA, 1962)
Sous-embranchement	Angiospermes	(QUEZEL et SANTA, 1962)
Classe	Monocots	(GUIGNARD, 2001)
Sous classe	Monocots-évolués	(GUIGNARD, 2001)
Ordre	Poales	(GUIGNARD, 2001)
Famille	Poacées	(GUIGNARD, 1996)
Tribu	Lygées	(MAIRE, 1953; OZENDA, 1958)
Genre	<i>Lygeum</i>	(MAIRE, 1953)
Espèce	<i>Spartum</i>	(MAIRE, 1953)

## 5-Répartition géographique de la plantes de la *Lygeum spartum* L.

### 5.2 Répartition géographique :

La position biogéographique de *Lygeum spartum* est décrite comme une espèce ouest-méditerranéenne par QUEZEL et SANTA (1962-1963) et par JÄGER (1971) qui le considère comme une espèce ibéro-sud-méditerranéenne.

En effet, la carte de répartition géographique du sparte (Fig. 9) montre sa plus grande extension dans le Nord de l'Afrique (du Maroc à l'Égypte) et en Espagne.

Cette espèce se retrouve également dans le Sud de l'Italie, en Sicile, en Sardaigne, en Crète.



Figure 9 :Aire de Répartition du *Lygeum spartum* (Jager 1971)

En Algérie le *Lygeum spartum L.* constitue un élément dominant de la steppe algérienne et y occupe la deuxième place après l'Alfa (QUEZEL et SANTA, 1962) avec une aire étendue estimée à 3 millions d'hectares,

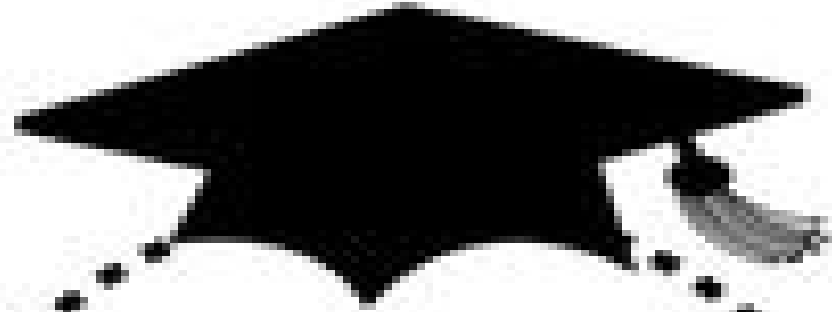
Il croît sur des sols sableux et des sols salins dans les étages bioclimatiques aride et semi-aride. De ce fait, il constitue un élément important dans l'équilibre du milieu et dans la lutte contre la désertification.

#### 6-Intérêt et utilisation du *Lygeum spartum L.* :

Le *Lygeum* est une espèce reconnue surtout pour son utilisation en vannerie et sparterie. En Espagne comme en Algérie, les artisans savent travailler depuis toujours où l'espartobasto qui était le plus réputé, ou celui de la région de Djelfa. Au Maroc, on a de tout temps, surtout dans la région d'Oujda et des Beni-Snassen, fait des nattes, rideaux et tapis, des paniers, des voiles, des cordes, des vanneries, des chaussures, des gargoulettes imperméabilisées au goudron, des balais, brosses, ficelles et liens. Le *Lygeum* récolté en bonne saison comporte environ 50% d'une cellulose qui, après blanchiment, est excellente pour les papiers de qualité et surtout pour les papiers d'impression. Cette cellulose est composée de fibres obtenues à partir des feuilles du *Lygeum*.

Le *Lygeum* joue un rôle important pour l'alimentation du bétail, selon Nedjraoui (1981) sa valeur énergétique varie entre 0,31 UF en septembre à 0,59 UF au mois de

mai. On reconnaît actuellement sa valeur écologique par son importance comme protecteur du sol, il freine les effets de l'érosion et immobilise les accumulations de sable (**Chadli, 1990**). En Algérie, cette espèce occupe la deuxième position après l'Alfa.



## Chapitre III

# Matériels et méthodes

**1) Objectif de l'expérimentation :**

Le travail consiste à étudier les caractères d'adaptation biologique à la salinité chez la plante *Lygeum spartum* L . Les paramètres retenus sont d'ordres morphologique et physiologique.

L'expérimentation a été réalisé au laboratoire de recherche de l'université Belhadj Bouchaib \_Ain Témouchent .

**2) Matériel végétal :**

Le matériel végétal ayant fait l'objet de notre étude c'est les grains de *Lyguem spartum* L.

Du cytotype polyploïde qui ont à été récoltés dans la région de El Bayedh (El\_kheiter)



en juin 2012.

**Figure 10 Graines de *Lyguem spartum* L sur une touffe de la station EL Kheiter**

**3) Préparation de graines à la germination :**

Les graines sont désinfectées à l'hypochlorite de sodium à 2% pendant 3 mn puis rincées à l'eau distillé stérile pour éliminer les traces de chlore .

**4) Germination des graines :**

Les graines sont misent dans des boites de pétri en plastique de 10 cm de diamètre et 1,3 cm d'épaisseur . Tapissées de deux couches de papier filtre (wattman n°1) . Les graines ont été mise à germé dans une étuve à 30 °C .

**5) Mis en culture des graines :**

Après germination , les graines sont placées dans des pots ; contenant le sol prélevé sur la station d'El\_Kheiter . Les pots sont déposés dans la serre puis arrosé quotidiennement avec une solution constitué de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (2 mM),

K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (0,5 mM) ,MgSO<sub>4</sub> (0,5 mM) , H<sub>3</sub>B<sub>3</sub>O<sub>3</sub> (25 mM) ,MnSO<sub>4</sub> (2 mM) , ZnSO<sub>4</sub>(2 mM) ,CuSO<sub>4</sub>(0,5 mM) pendant 7 jours à raison de 5ml par pot .



Figure 11 :mis en culture des graines sur pots

#### 6) Induction du stress salin :

Après 7 jours , les pots de plantules de *Lyguem spartum L* ont été divisé en 3 lots chaque lots contenant 60 plantules .

- Le premier lot est le témoin il à été arrosé avec la solution constitué de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (2mM) , K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (0,5mM) , MgSO<sub>4</sub> (0,5mM) ,H<sub>3</sub>B<sub>3</sub>O<sub>3</sub> (25mM) , MnSO<sub>4</sub> (2mM) ,ZnSO<sub>4</sub> (2mM), CuSO<sub>4</sub> (0,5mM) pendant 7 jours à raison de 5 ml par pot , 3 fois par semaine pendant 60 jours .

-Le deuxième lot à été arrosé avec une solution de NaCl à 50 mM pendant 60 jours ,3 fois par semaine .

-Le troisième lot à été arrosé avec une solution de NaCl à 100 mM pendant 60 jours , 3 fois par semaine .



Figure 12 : Induction du stress salin (lot témoin , lot NaCl 50 mM , NaCl 100 mM).

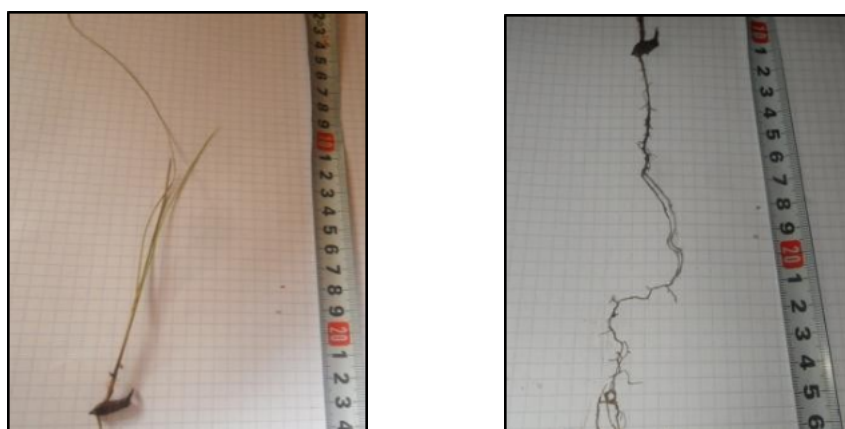


Figure 13 : Quelques étapes durant la mesure de la longueur des parties aériennes et souterraines .

#### 7) Mesure de la partie aérienne et partie souterraine :

Après 60 jours de croissance , la longueur de la tige , et la racine ont été mesurés à l'aide d'une règle .

#### 8) Mesure de la masse fraîche :

Après 60 jours , les plantules ont été déterrées , le poids frais des plantules a été pesé à l'aide d'une balance électronique .

#### 9) Mesure du poids sec :

Les plantules ont été séchées à l'air libre , et mises dans une étuve à 30 °C , à partir du



5ieme jour le poids sec a été mesuré ,après stabilisation du poids sec les pesées ont été effectuées à l'aide d'une balance électronique .

### 10) Dosage des flavonoïdes :

#### 10-1) Principe :

La quantification des flavonoïdes a été effectuée par une méthode colorimétrique adaptée par (Kim et al.,2003) basée sur la complexations des flavonoïdes par le trichlorure d'aluminium.

Une gamme étalon est réalisée avec la catéchine (Sigma-aldrich) (5-10-15 et 25 µg/ml). Les résultats sont exprimés en mg d'équivalents de catéchine par gramme d'extrait lyophilisé (mg EC/ g d'extrait lyophilisé).

#### 10-2) Protocole expérimental :

A 500 µL d'extrait 3 l'eau : (témoin , 50mM , 100mM) , on ajouté 1500µL d'eau distillée,150 µL de NaNO<sub>2</sub> à 5% (dissout dans de l'eau distillée)en même temps on ajouté le catéchine est additionné.

Après 5mn, 150 µL d'une solution d'AlCl<sub>3</sub> à 10 %(dissout dans le méthanol) est additionné ,après 11 mn,ajouté 500 µL de NaOH (1M dissout dans l'eau distillée) . mélange est agité au vortex. La lecture de l'absorbance est effectuée à 510 nm.

**NB :** Trois essais ont été réalisés pour tous les dosages.

### 11) Evaluation de l'activité anti-oxydante par le test DPPH

#### 11-1) - Principe :

L'évaluation de l'activité antioxydanteà été réalisé par le test DPPH. Le composé chimique 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyle est un radical libre utiliser pour étudier la relation structure-activité antioxydant des composes phénolique le DPPH possède un électron non apparié sur un atome du pont, d'azote (BRAND-WILLIAMS et al., 1995).

#### 11-2) Protocole :

50 µL de différentes concentrations des extraits ont été ajoutés à 1950 µL de solution de DPPH (0,025 g / L) dissoute dans le méthanol. Après 30 min d'incubation à température ambiante, L'absorbance est lue à 515 nm contre un blanc contenant tous les réactifs en dehors du composé d'essai. L'acide ascorbique était utilisé comme témoin positif. Chaque échantillon a été mesuré en triple. Les résultats ont été exprimés en pourcentage d'activité de piégeage : (% I).

$I\% = [(Abs\ blanc - Abs\ échantillon) / Abs\ blanc] \times 100.$

## 12) Evaluation de la peroxydation lipidique :

### 12-1) Principe :

La peroxydation lipidique est évaluée par la mesure du MDA (malondialdéhyde) avec le test TBARS (thiobarbituricreactivespecies), selon (**Quitanihaet al ., 1982**). Le MDA est l'un des produits terminaux de la décomposition des AGPI sous l'effet des radicaux libres libérés au cours du stress.

Le dosage repose sur la formation en milieu acide (pH 2 à 3) et à chaud (100 °C) entre une molécule MDA et deux molécules d'acide thiobarbiturique (TBA) d'un pigment coloré en rose, absorbant à 530 nm.

### 12-2 ) Protocole expérimental :

La peroxydation lipidique à été estimée par la mesure de le la teneur en MDA (malondialdéhyde) ; par le test TBARS décrit par **Hernandez et al. (2001)**. 50 mg de échantillon a été broyé et homogénéisé dans 2 mL de 1% en poids / volume d'acide trichloracétique (TCA). L'homogénat a été centrifugé à 15 000 g pendant 10 min à 4 ° C et 0,5 mL de le surnageant a été mélangé avec 1,5 mL d'acide thiobarbiturique (TBA) préparé dans TCA à 20% et on fait incuber à 90 ° C pendant 20 min. L'absorbance a été lue à 532 nm en utilisant un spectrophotomètre. La teneur en MDA a été déterminée en utilisant le coefficientd'extinction à155 mm / cm. Toutes les expériences ont été répétées 3 fois.

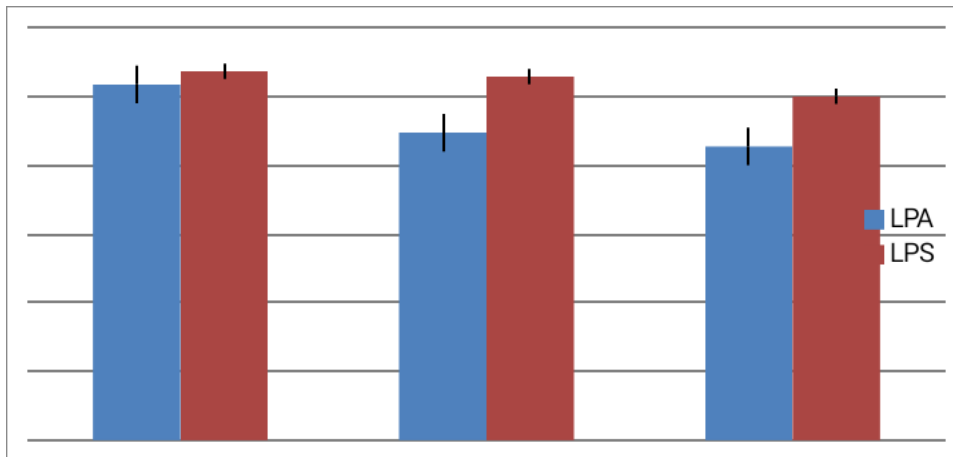


## **Résultats Et Discussions**

### 1. Le taux de germination des graines :

Le taux de germination des graines de *Lygeum spartum* est de 100 % pratiquement toutes les graines choisies pour la germination ont germé.

### 2. Mesure de la longueur de la partie aérienne et la partie souterraine :



**Figure 14: Effet de différentes concentrations de NaCl sur la variation des longueurs de la plante *Lygeum spartum* L.**

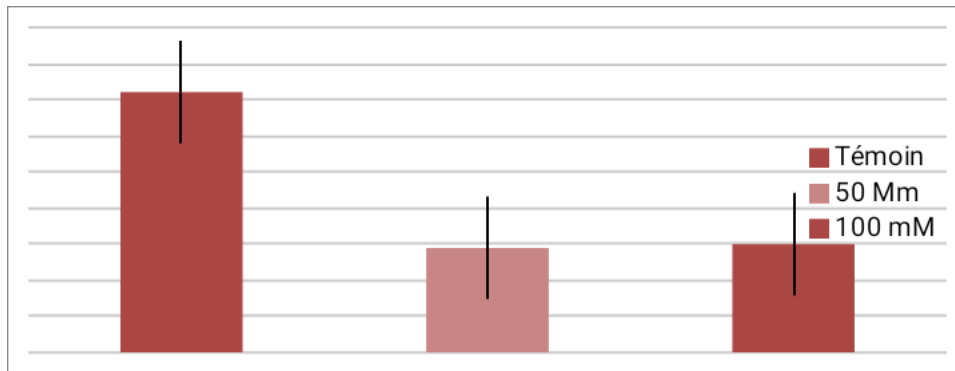
- Les résultats relatifs à l'effet de différentes concentrations de NaCl sur les variations des longueurs (LPS/LPA) de *Lygeum spartum* L. après 60 jours de croissance, sont rapportés dans l'histogramme et illustrés par la figure 14 .

Les divers traitements salins appliqués aux semences après 60 jours de croissance, ont influencé la croissance et le développement des semis, les résultats de l'élongation de l'axe racinaire et de l'hypocotyle en présence de NaCl, montrent que l'élongation des deux parties est ralentie par rapport à l'élongation chez le témoin.

L'application de 50 mM de NaCl, provoque une légère diminution de l'élongation racinaire et la diminution de l'élongation est la plus marquée pour la souterraine c'est au 100 mM.

D'un autre côté, en revanche l'hypocotyle subit une réduction importante à 50 mM de NaCl par comparaison à la plante témoin qui se stabilise malgré l'augmentation des doses de NaCl à 100 mM.

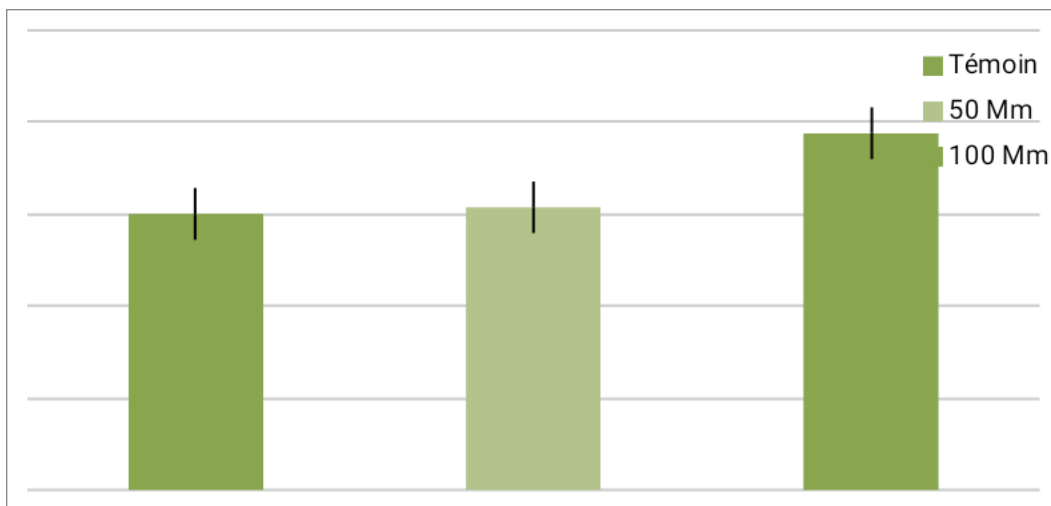
**3. Mesure du poids frais :**



**Figure 15: Effet de concentration en NaCl sur la variation du poids frais de plante *Lygeum spartum* L. après 60 jours de germination.**

- D'après la figure 15 , les concentrations élevées en NaCl a partir de 50 mM au 100 mM ,entraînant des diminution du poids frais des jeunes plantules obtenue après 60 jours de germination par comparaison les plantes témoin .

**4. Mesure du poids sec :**



**Figure 16: Effet de la concentration de NaCl sur la variation du poids sec de plante *Lygeum spartum* L. après 60 jours de germination**

-D'après la figure 16, la concentration de NaCl élevées dans partie témoin presque comme de 50mM , et à 100mM , la concentration à augmenter plus, entraînant des augmentations du poids sec des jeunes plantules obtenue après 60 jours de

germination .

**5. Rendement d'extraction :**

**Tableau 3 : Différentes concentration de l'extrait**

Concentration (mg/ml)	0	1	2	4	6
Poudre végétale (mg)	0	0.33	0.66	1.33	2
Volume méthanol (ml)	3	3	3	3	3

Le rendement a été déterminé par rapport au poids du matériel végétal sec rendu en poudre, les résultats ont été exprimés en pourcentage. Les résultats du rendement d'extraction sont reportés dans le tableau 4.

**Tableau 04:**

	Témoin	50 mM	100 mM
Rendement %	6.15	5.22	4.81

-Le tableau (03) montre les pourcentages du rendement en fonction d'extraits (Témoin , 50mM , 100mM ) de sorte que nous trouvons dans le témoin le pourcentage le plus élevée par rapport aux deux autres extraits , et il diminue de 6,15% à 4,81% à 100mM .

**6. Dosage des flavonoïdes**

L'analyse quantitative des extraits des parties aériennes de *Lygeum spartum* a été effectuée par dosage spectrophotométrique des flavonoïdes.

Les résultats de l'analyse quantitative des flavonoïdes sont représentés dans la figure (14), sont Exprimés en mg équivalent catéchine/g MS.

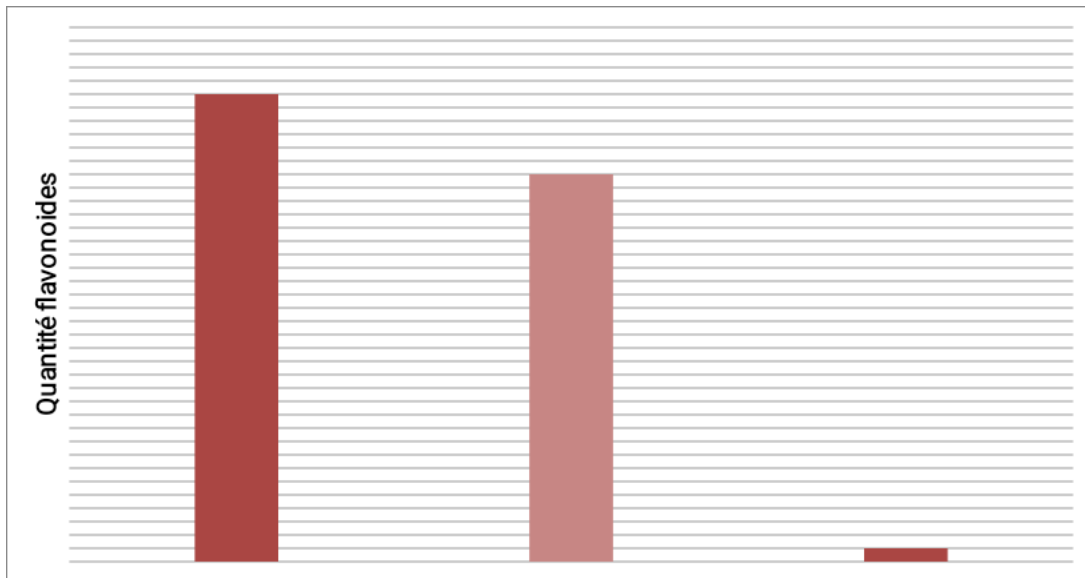


Figure 17: Teneurs en flavonoïdes par dosage spectrophotométrique

-La teneur en flavonoïdes est obtenue à partir d'une courbe d'étalonnage ( $y=0,040x + 0,006$  ;  $R^2 = 0,998$ ) établie avec des concentrations croissantes en catéchine ( figure 17) .Elle est exprimé en mg d'équivalentde catéchine ar gramme d'extrait lyophilisé .

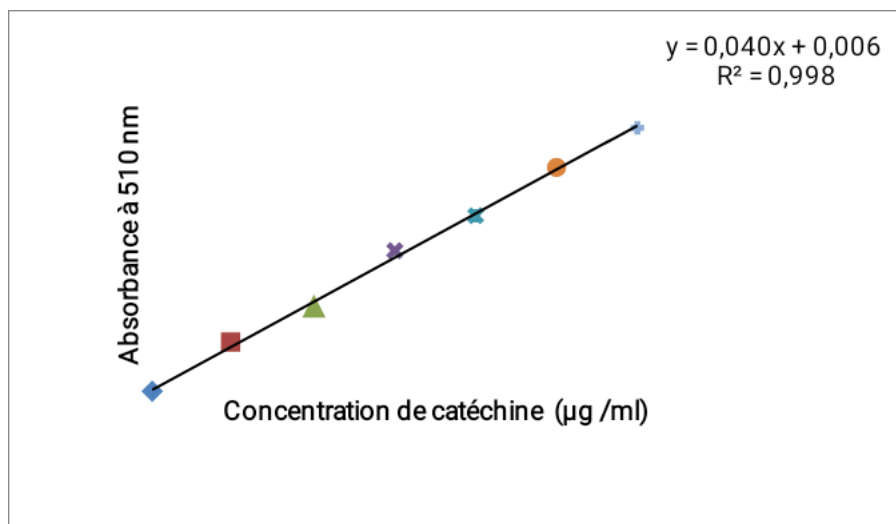


Figure 18: Courbe d'étalonnage de la catéchine.

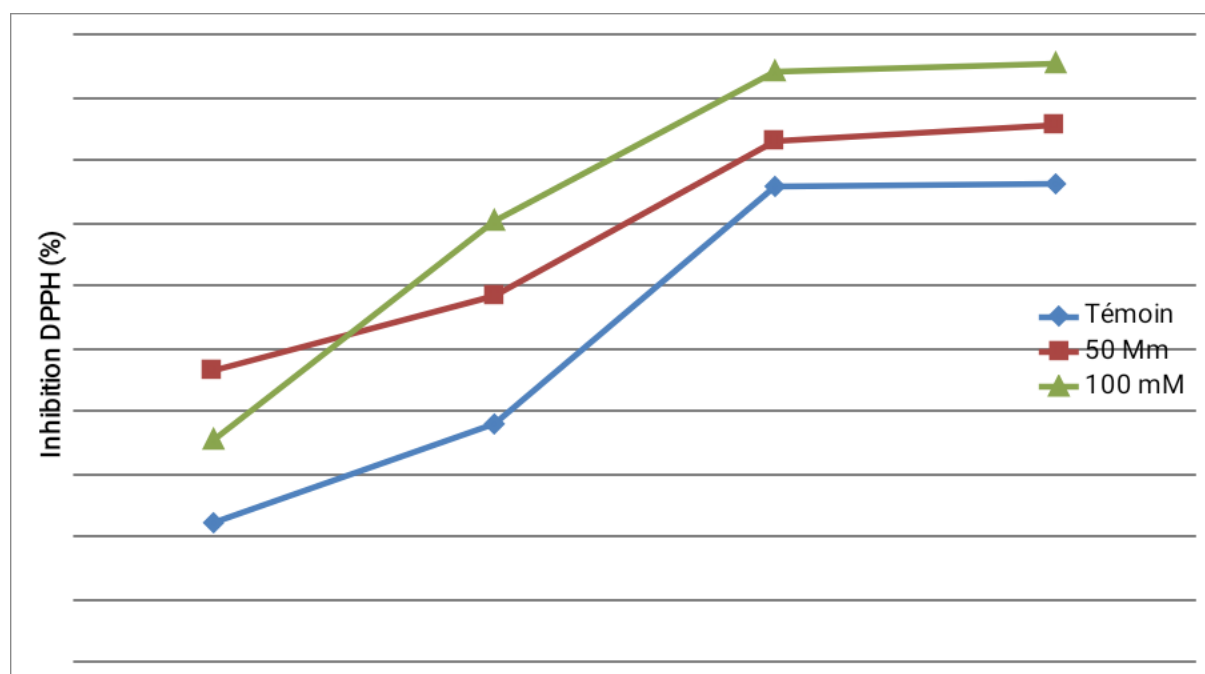
-Les résultats montrent que la teneur en flavonoides dans l'extrait témoin est plus forte avec 0.34 mg Eq CA/g MS, l'extrait à 50 mM qui présente une quantité de 0.29 mg Eq CA/g MS. Alors que l'extrait 100 mM montre une teneur de 0.012 mg Eq CA/g MS.



### 7. L'évaluation de l'activité antioxydante par le test DPPH

Le test de DPPH a été employé pour estimer l'activité anti-oxydante des différents extraits obtenus à partir des différents lots (Témoin, stressé à 50 Mm et stressé à 100 mM).

Du *Lygeum spartum*. Ce dernier se base sur la capacité des substances anti-radicalaires présentes dans les extraits à réduire les radicaux libre du DPPH, l'acide ascorbique a été utilisé comme témoin positif pour vérifier la réactivité de la solution.



Le graphe représente le pourcentage d'inhibition de l'extrait en fonction des différentes concentrations (tableau ..)

La comparaison entre l'activité d'un extrait et de l'autre a été montrée que les différents extraits ont des activités anti radicalaires variables vis-à-vis aux radicaux libres du DPPH.

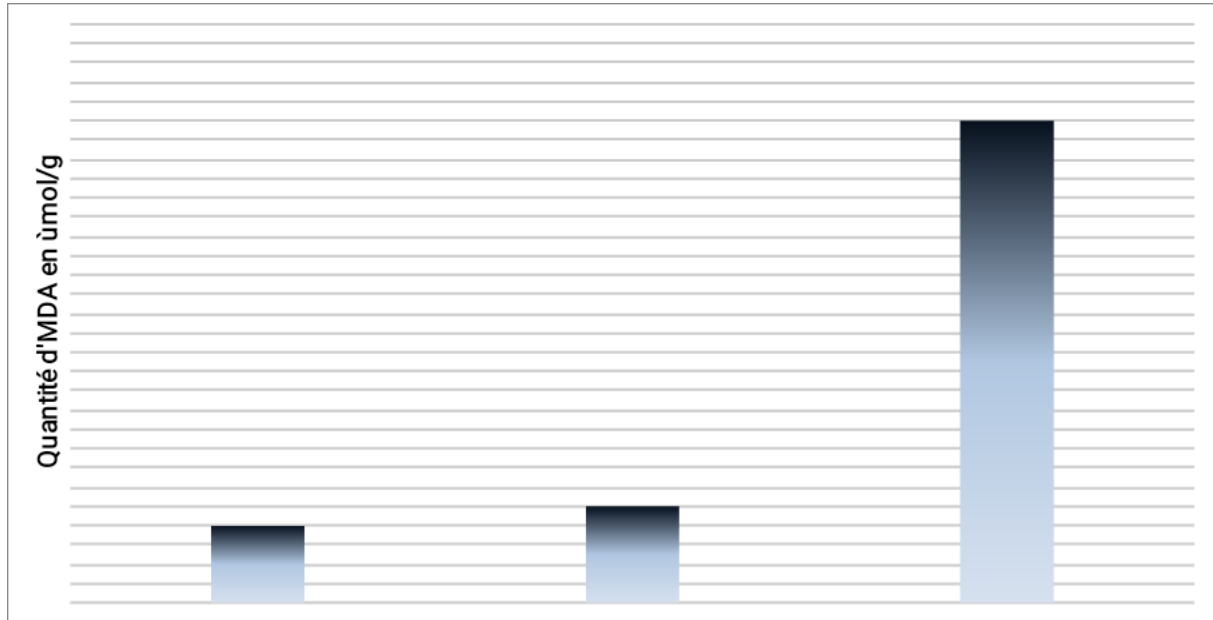
L'extrait témoin montre une activité anti radicalaire faible comprise entre 21.78 et 76.16 % par rapport à l'extrait 50 m M qui présente un pourcentage d'inhibition entre 45.97 et 85.14 et l'extrait 100 mM qui présente le plus fort pourcentage d'inhibition avec 95.12 % à la concentration 6 mg/ml. Néanmoins, tous ces extraits ont montré leur possession d'un pouvoir antioxydant.

### 8. Evaluation de la peroxydation lipidique

La peroxydation lipidique a été évaluée par la détermination de la concentration en

substances

réactives à l'acide thiobarbiturique par le test TBARS, les résultats obtenus sont représentés dans la figure



Nos résultats montrent une variabilité dans l'accumulation du MDA chez les différents lots de *Lygeum spartum*, En effet, on constate que chez le lot témoin il y a une accumulation moyenne de  $1.09 \mu\text{mol/g}$  de MDA, les plantes stressées à 50 mM de NaCl présentent une accumulation de  $1.1 \mu\text{mol/g}$  de MDA. Alors que les plantes stressées à 100 mM de NaCl présentent  $1.3 \mu\text{mol/g}$  de MDA.

### Discussions :

L'expérimentation menée au cours de cette recherche a permis une analyse des caractères d'adaptation biologique à la salinité chez la plante *Lygeum spartum* L. Les paramètres sont d'ordres morphologique et physiologique.

Les résultats montrent que la germination des graines est un ensemble de processus métabolique aboutissant à l'émergence de la radical ,ce stade de développement est considéré comme une étape critique dans l'établissement des semis et la détermination d'une production agricole réussie (Beniotue et al .,2005 ).

Les résultats de la mesure de la taille des partis aériennes et souterrains des plantule , ainsi que le poids frais et le poids sec après l'émergence de l'appareil végétatif du *Lygeum spartum* L. en présence du NaCl après 60 jours de croissance montrent une diminution de la longueur des partis aériennes et souterrains des plantules développées , cependant les résultats indiquent que les partis aérienne LPA sont plus touchées que les partis souterrains LPS . En effet, Le stress salin inhibe la croissance des plantules et leur développement (Ferdouse et al , 2009 ).( Lepengue et al ,2010 ;silva at al , 2014)

Des résultats similaires ont été observés chez *Hordeum Vulgare* ,où le stress salin réduit la croissance des jeunes feuilles et racines ( Ep,Goumi et al., 2014 ) ,le stress salin réduit également l'émergence de l'appareil chez le milon ( sivritepe et al. , 2003 ) par ailleurs , la salinité affecte négativement la croissance de l'appareil végétatif ,chez *Pistacia vera* ,L eu réduisant rapidement son expansion foliaire et sa croissance aérienne et tend à maintenir le développement de son système racinaire ( Benmahioul , 2009 ).

Nos résultats ont montré d'autre part que les longueurs des racines et des parties aériennes de *Lyguem spartum* L diminuent lorsque la concentration en sel augmente. Ces résultats sont en concordance avec ceux de Naseer et al. (2001), El Madidi et al. (2004) et Khodarahmpour et al. (2012); ces derniers ont montré que les parties aériennes ont été plus affectées que les racines. Selon Zhu (2001), la réduction de croissance de l'appareil végétatif aérien est une capacité adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à un stress abiotique. En effet, ce retard de développement permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour atténuer le stress avant que le déséquilibre de l'organisme n'augmente jusqu'à un seuil où les dommages sont irréversibles.

Les poids frais et sec ont diminué en grande partie sous l'effet du stress salin. Cette diminution de la biomasse a aussi été signalée par Chen et al. (2007), Benmahioul, (2009) et El Goumi et al. (2014). La diminution de la biomasse sèche peut être causée par l'augmentation de la concentration de Cl<sup>-</sup> dans le tissu (Tavakkoli et al., 2011).

L'effet osmotique et la toxicité du sel ont une incidence négative sur la germination et la croissance des semis (Gholamin et Khayatnezhad, 2011; Soliman et El-Shaieny 2014).

Selon Ramaden et al. (1986), la pression osmotique élevée des solutions ralentit l'apport d'eau nécessaire pour la germination accentuée par l'effet toxique de forte concentration en sel sur l'embryon. La salinité peut se manifester par deux effets au cours de la période de germination : le premier est osmotique et réversible, le second est toxique et irréversible (Benidire et al., 2015). Sayar et al. (2010) ont rapporté que la concentration élevée en sel inhibe la mobilisation des réserves de semences et la croissance de l'axe embryonnaire.

Le stress salin induit, dans un premier temps, des changements rapides osmotiques qui affectent la croissance des racines en un temps rapide et par conséquent, la perturbation du développement des parties aériennes. De même, les ions toxiques migrent vers les feuilles où ils sont accumulés pour imposer un dysfonctionnement métabolique sous l'effet de leur toxicité (Munns, 2002).

Dans deuxième partie, une étude la teneur en flavonoïdes du fait des propriétés antioxydante qui leurs sont attribuées . Nos résultats indiquent que les flavonoïdes diminuent quand la concentration eu NaCl augmente.

Il est à remarqué une légère diminution de flavonoïdes des traitements à 50mM de NaCl , alors que lorsque la concentration double que diminution nette et une significatif de ces derniers est observée.

Dans troisième partie, pour évaluer le taux de la peroxydation lipidique par détermination des taux des substances n'agissent à l'acide thiobarbiturique TBARS .

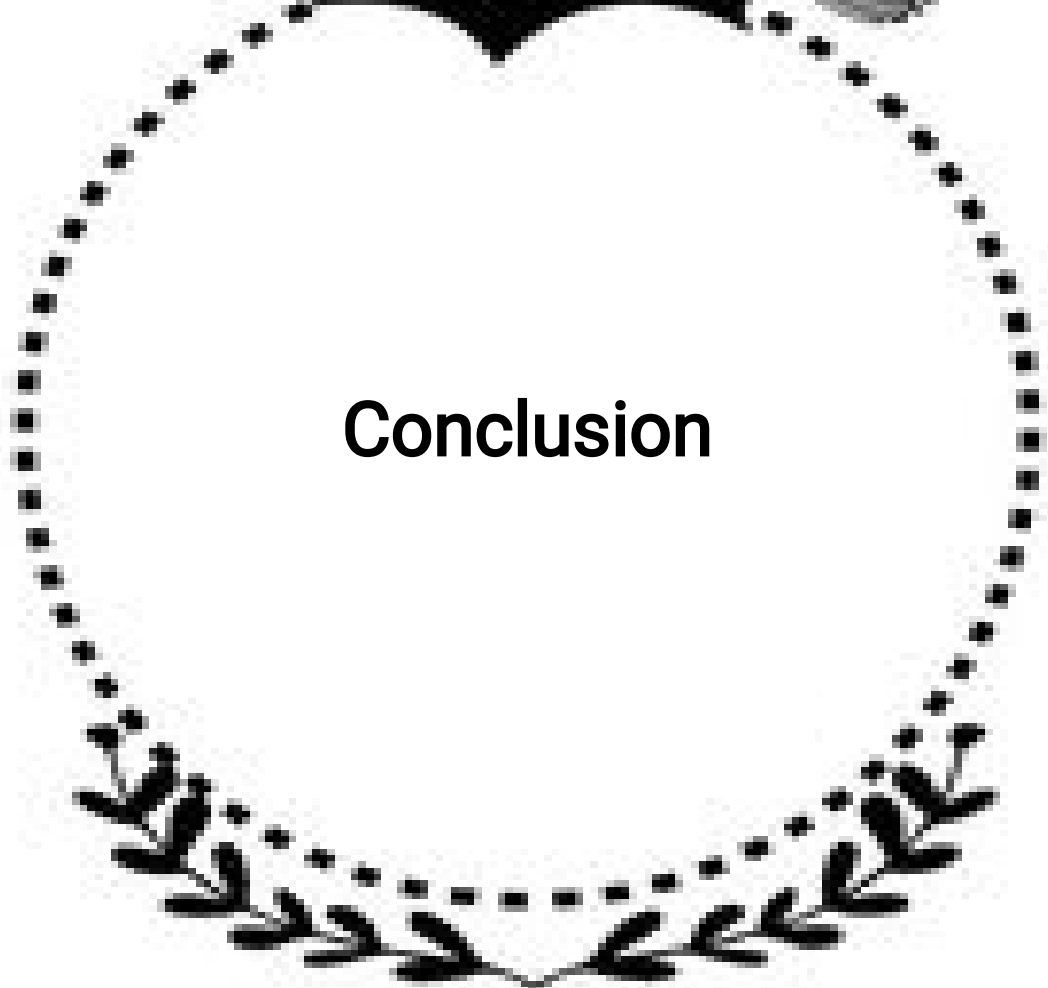
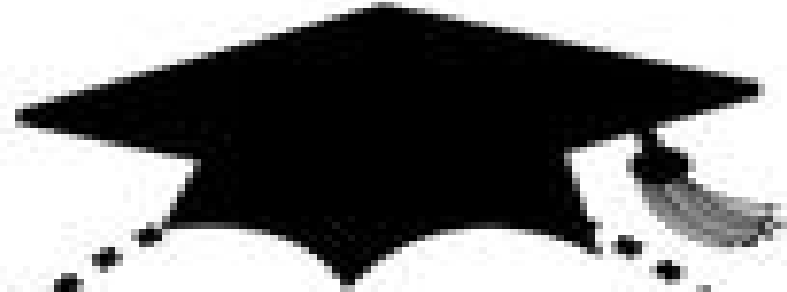
Pour évaluer le degré de la peroxydation lipidique , nous avons terminé le taux des MDA par le test les TBARS leur accumulation est un indicateur des dommages causé par le stress .

Nos résultats montrent une augmentation des taux des MDA par rapport des témoins. Nos résultats concordants avec ceux de Rocha et al , 2009 qui montrent une augmentation des taux des MDA avec l'augmentation de la concentration de

l'argent stressant . les flavonoïdes attribuent au plante un pouvoir protecteur contre le stress oxydatif . Cependant ces effet protecteur peut être influencé par plusieurs facteurs tels que :

- Les teneurs des ce composés chimiques dans les plantes ,qui variante essentiellement selon leur d'origine ( Ebrahimzadeh et al. 2008 ) , la variété ,la saison de culture , la saison de récolte , les conditions climatiques et environnementals , la localisation géographique , les différents maladies qui peuvent affecter la plante,la maturité de la plante ( Park ; et Cha , 2008 ) , et la durée de conservation ( Ozgüven ; et ; al 1998 ) .

La salinité diminue la croissance des plantes en modifiant l'équilibre hydrique et ionique des tissu (Türkan, 2009).



**Conclusion**

### Conclusion :

La salinité représente l'un des principaux facteurs de la réduction des rendements agricoles. L'un des défis de la recherche actuelle en écophysologie végétale est de produire des variétés de plantes à intérêt agronomique présentant une tolérance vis-à-vis du stress salin. L'élaboration de telles variétés implique une bonne compréhension des mécanismes biologiques intervenant dans la signalisation et la réponse à la contrainte saline.

L'induction du stress salin par le chlorure de sodium montre que le développement du système aériens et sous terrain de la plante est affecté par les concentrations de chlorure de sodium, ainsi que le développement de matière fraîche, qui est fortement affecté par le sodium chlorure, contrairement à la matière sèche. Nos résultats montrent que la salinité est un facteur limitant pour la croissance du *Lygeums partum* L. L'effet du stress salin sur la croissance du *Lygeum spartum* L au stade de l'apparition des racines et des feuilles est visible et l'augmentation de la concentration en sel entraîne un ralentissement de la croissance.

D'autre part, ces résultats montrent que le stress salin engendre un stress oxydatif, cela se traduit par une accumulation de peroxyde d'hydrogène et d'une peroxydation lipidique indiquant l'instabilité de la membrane cellulaire déterminée à travers le test du malondialdéhyde. La production d'espèces réactives de l'oxygène a perturbé le statut redox des cellules ce qui a déclenché un stress oxydatif chez le *Lygeum spartum* L .

L'activité antioxydante retrouvé dans l'extrait *Lygeum spartum* L confère à la plante des vertus thérapeutiques contre certaines pathologies.

L'estimation quantitative des flavonoïdes dans l'extrait analysé montre que la plante contient une quantité importante de ces métabolites.

L'étude du stress salin est donc un tournant décisif qui apportera sans doute des solutions à ce problème dû aux enjeux écologiques, agronomiques et économiques. Si certaines espèces s'adaptent, d'autres sont en voie de disparition. Les orientations à envisager à long ou à court terme, permettront d'améliorer la production végétale et de rechercher les espèces répondant aux nouvelles conditions du milieu environnemental.







**Bibliographie**

## **Bibliographie:**

- 1) Alem, C ; Amri, A. (2005).** Importance de la stabilité des membranes cellulaires tolérance à la salinité chez l'orge. Maroc. 4: (20-31).
- 2) Ashraf, M; Athar, H.R. Harris, P.J.C; Kwon T.R. (2008).** Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. Adv. Agron. 97: 45-110.
- 3) Ashraf, M; Foolad, M.R. (2007).** Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environ. Exp. Bot. 59 (2) : 206-216.
- 4) Ashraf, M; Hasnain, S; Berge, O; Mahmood, T. (2004).** Inoculating wheat seedlings with exopolysaccharide-producing bacteria restricts sodium uptake and stimulates plant growth under salt stress. Biol. Fertil. Soils. 40 : 157-162.
- 5) Asloum, H ; (1990).** Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicon esculentum* L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia- Antipolis. 24 -32.
- 6) Le Houerou, H.N. (1995).** Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides de l'Afrique, diversité biologique, développement durable et désertification. Options méditerranéennes, série B: recherche et études, 1-396.
- 7) Nedjimi , (2014).** Effects of salinity on growth, membrane permeability and root hydraulic conductivity in three saltbush species. Biochemical Systematics and Ecology 52:13. DOI:10.1016/j.bse.2013.10.007.
- 8) Khales A et Baaziz M., (2006 )** Etude des peroxydases d'écotypes d'*Opuntia Ficus indica* L. en relation avec le développement dans les conditions de stress Salin. Congrès international de Biochimie, Agadir: p. 133-136.
- 9 ) Middleton et Thomoa ,( 1992) .** London ; New York ; Melbourne, Australia ; Auckland, New Zealand : Edward Arnold : UNEP, 1992. UNEP(017)/W927.
- 10) Gupta et Abrol, (1990).** Salt-Affected Soils: Their Reclamation and Management for Crop Production. Advances in Soil Sciences.
- 11) Cherbuy B.,( 1991) :** Les sols salés et leur réhabilitation étude bibliographique. Cemagraf, école. Nat. Renne, 170p.
- 12) Stengel et al., (2009),** Le Sol, Dossier INRA, Éditions Quae, Paris, 183 p.
- 13) Cheverry et Rbert, (1998).** Dégradation des sols irrigués et de la ressource en eau : Une menace pour l'avenir de l'agriculture et pour l'environnement des pays au sud de la Méditerranée. Étude et Gestion des Sols, AFES, 5, 4, 217-226.
- 14) William G. Hopkins, (2003),** Traduit par serge Rambour de Boeck supérieur ( physiologie végétale).
- 15) Ramade,( 2003).**Eléments d'Ecologie. Ecologie Fondamentale. Ed. Dunod, Paris.

690 p.

**16) Jabnoue, (2008).** Adaptation des plantes au stress salin : caractérisation de transporteurs de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz. Thèse doctorat. Université de Montpellier II, France. 127. Jagnow. (1987).

**17) R'him et al., (2013).** Effet du stress salin sur le comportement physiologique et métabolique de piment.

**18) Zid, (1982).** Relations hydriques dans la feuille de *Citrus aurantium* : effets de l'âge et de la salinité. Rev. FAC. Sc. Tunis, 2 : 195-205.

**19) Gill, (1979 ),** Beta dispersion of inertial waves. Journal of Geophysical Research 84: doi: 10.1029/JC084iC04p01836. issn: 0148-0227.

**20) Elmekkaoui, (1990 );** Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé dur (*T. durum* Desf.) et l'orge (*H. vulgare* L.) : Recherche de tests précoces de sélection. Thèse Doct. en Sc. Agr., USTL, Montpellier.

**21) Boukachabia, (1993),** Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation (*Triticum durum* Desf.). Mémoire de Magister en production et physio Vég. Annaba, 108 P.

**22) Khan et al., (1997) ;.** Sensitivity of multiangle remote sensing observations to aerosol sphericity. J. Geophys. Res., 102, 16861-16870, doi:10.1029/96JD01934.

**23) Bouaziz, 1980).** Tolérance à la salure de la pomme de terre. *Physiol. Vég.* 18, p. 11-17.

**24) Said et al., (2011 ).** The Impact of Inherited Thrombophilia on Placental Haemostasis and Adverse Pregnancy Outcomes, *Thrombophilia*, Andrea Luigi Tranquilli, IntechOpen, DOI: 10.5772/25638.

**25) Rejili et al., (2006),** Rejili M., Vadel A.M., Neffati M. Germinative behaviour of two populations of *Lotus creticus* under salt stress *Revue des Régions Arides*, 17 (2006), pp. 65-78.

**26) Wang et Nil, (2000),** Changes in chlorophyll, ribulosebiphosphate carboxylase oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress *J. Hortic. Science Biotechnol* 75:623-627.

**27) Chartzoulakis et Klapaki, (2000).** Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Sci. Hortic.*, 86, 247-260.

**28) Salam, (2004),** An Extension of the Technology Acceptance Model in an ERP Implementation Environment. *Information & Management*, 41, 731-745.