

**UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA**  
**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département des Sciences Biologiques**



**Mémoire de Master Académique**

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

**Filière :** Ecologie et Environnement

**Spécialité :** Ecologie et Environnement

*Thème*

**Influence du type de sel sur la germination des graines de  
l'*Acacia raddiana* (*Fabaceae*) sous des conditions contrôlées  
(Région d'El-Ménia).**

Présenté par : BECHOUNI Yamina

Soutenu publiquement le :  
**12/07/2021**

Devant le jury :

Dr. TRABELSI Hafida	MC(A)	Présidente	U.K.M.Ouargla
Dr. HANNANI Amina	MC(B)	Encadrante	U.K.M.Ouargla
Dr. HADJADJ Soumia	MC(A)	Examinatrice	U.K.M.Ouargla

**Année universitaire : 2020/2021**

*Dédicace*

*A la mémoire de mon regretté **Papa SALEH**  
que dieu ait son âme en son paradis !*



*A mon cher mari.*

*A mes trois jeunes filles ;*

***Zineb, Meriem et Narjesse***

*A ma mère avec toute mon affection.*

*A toute ma famille.*

*A mes collègues de travail.*

*A tous mes amis chacun à son nom*

***Bechouni Yamina.***

## **Remerciements**

*Je remercie le bon dieu qui m'a donné la force pour effectuer ce modeste projet de recherche. Je tiens à remercier mon encadreur **Dr. HANNANI Amina** pour toute sa surveillance et ses conseils tout au cours de la réalisation de mon projet, je le remercie aussi de nous avoir fourni toutes les conditions appropriées pour l'achèvement de cette modeste recherche, son insistance à fournir un coup de main par les informations et les incitations afin de poursuivre nos recherches.*

*Je remercie **Dr. TRBELSI Hafida** pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant de présider le jury.*

*Et **Dr. HADJADJ Soumia** pour avoir aimablement accepté d'examiner ce travail.*

*Je remercie aussi tous les personnels du laboratoire de Bio-Ressources (**M. BOUZGAG Smail, Mme KACI Safia. et Mme HIDOUSSE**).*

*Je remercie vivement Mon mari*

***Dr. BOUTERA Mohammed El-Habib**  
car il m'a aidé avec ses conseils précieux. Je le remercie*

*de m'avoir accompagné tout au long de la rédaction de ce mémoire.*

*Je souhaite un grand succès à tous les candidats de  
Master de l'année 2020-2021*

*de la spécialité écologie et environnement de la  
faculté de SNV de l'université de Ouargla*

***Bechouni Yamina.***

## Liste des Figures

N°	<u>Titre de figure</u>	page
1	Cristaux de sel.....	5
2	Le réseau cristallin du chlorure de sodium.....	7
3	Aire de répartition d' <i>Acacia tortilis</i> ssp. <i>Raddiana</i> .....	19
4	Feuilles et inflorescences d' <i>Acacia raddiana</i> Savi.....	21
5	Planche descriptive d'un rameau feuillé florifère d' <i>Acacia tortilis</i> (Forsk.) Hayne subsp. <i>raddiana</i> (Savi) Brenan.....	22
6	Fleur de <i>Vachellia raddiana</i> .....	22
7	Fruit de <i>Vachellia raddiana</i> .....	23
8	Graine mure d' <i>Acacia raddiana</i> .....	23
9	Epines de <i>Vachellia raddiana</i> .....	24
10	Mensurations de <i>Vachellia raddiana</i> à Meguiden.....	24
11	Profil racinaire de <i>Vachellia raddiana</i> en fonction de 3 classes d'âge ; jeune (a), moyen (b) et adulte (c).....	26
12	Graine mure d' <i>Acacia raddiana</i> .....	36
13	Différentes concentrations de NaCl.....	37
14	Différentes concentrations de sel naturel (d'El-Ménia).....	37
15	Préparation des solutions de l'hypochlorite de sodium et l'acide acétique.....	38
16	Préparation des graines pour la germination.....	38
17	scarification des graines par le mortier-pilon (sable stérilisé).....	39
18	Préparation des boîtes de pétri.....	39
19	Application du stress Salin (solution de NaCl, solution de sel d'El-Ménia).....	40
20	Conditions de germination.....	40
21	Échantillon de sel El-Ménia.....	41
22	Conductimètre HANNA Ec 214.....	42
23	pH mètre HANNA HI 8014.....	43
24	Photomètre à flamme PFP7.....	43
25	Titrino Metrohm.....	44
26	Taux de germination suivant la concentration.....	46
27	Délai de germination selon les concentrations de sel d'El-Ménia.....	47
28	Vue en microscope électrique à balayage d'une coupe de tégument d' <i>A. raddiana</i> .....	48
29	Cercle de corrélation de l'effet de la concentration de NaCl sur le taux et le délai de germination.....	51
30	Cercle de corrélation de l'effet de la concentration de sel d'El-Ménia sur le taux et le délai de germination.....	52

## Liste des Tableaux

N°	<u>Titre de tableau</u>	Page
1	Principales caractéristiques du chlorure de sodium .....	6
2	Préparation de la solution de sel à base de NaCl et la solution d sel naturel de d'El- Méria .....	36
3	Résultats des analyses physiques .....	49
4	Résultats des mesures de pH.....	49
5	Concentration de chlorure et de sodium .....	50
6	Résultats des analyses statistiques de l'ANOVA pour le taux de germination.....	50
7	Résultats des analyses statistiques de l'ANOVA pour le délai de germination.....	50

## Liste des abréviations

BRS : Laboratoire des Bio-Ressources Sahariennes

NaCl : Chlorure de sodium

BNL : Bactéries Nodulant les Légumineuses

kg : Kilogramme

°C : Degrés Celsius

pH (potentiel d'hydrogène)

µS/cm

jrs : jours

Sig : Significatif

(na2r1, na2r2, na2r3, na2r4, na2r5) : dose de chlorure de sodium = 2g/l à des cinq répétitions

(na4r1, na4r2, na4r3, na4r4, na4r5) : dose de chlorure de sodium = 4 g/l à des cinq répétitions

(na6r1, na6r2, na6r3, na6r4, na6r5) : dose de chlorure de sodium = 6 g/l à des cinq répétitions

(na8r1, na8r2, na8r3, na8r4, na8r5) : dose de chlorure de sodium = 8 g/l à des cinq répétitions

(na10r1, na10r2, na10r3, na10r4, na10r5) : dose de chlorure de sodium = 10 g/l à des cinq répétitions

(na12r1, na12r2, na12r3, na12r4, na12r5) : dose de chlorure de sodium = 12 g/l à des cinq répétitions

(m2r1, m2r2, m2r3, m2r4, m2r5) : dose de sel d'El-Méria = 2 g/l à des cinq répétitions

(m4r1, m4r2, m4r3, m4r4, m4r5) : dose de sel d'El-Méria = 4 g/l à des cinq répétitions

(m6r1, m6r2, m6r3, m6r4, m6r5) : dose de sel d'El-Méria = 6 g/l à des cinq répétitions

(m8r1, m8r2, m8r3, m8r4, m8r5) : dose de sel d'El-Méria = 8 g/l à des cinq répétitions

(m10r1, m10r2, m10r3, m10r4, m10r5) : dose de sel d'El-Méria = 10 g/l à des cinq répétitions

(m12r1, m12r2, m12r3, m12r4, m12r5) : dose de sel d'El-Méria = 12 g/l à des cinq répétitions

# TABLE DES MATIÈRES

Résumés

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abbreviations

**Introduction**..... 2

*Partie1 : Esquisses bibliographiques* 4

**Chapitre I. Généralités sur les sels et la salinité**..... 5

**1. Le sel**..... 5

1.1. Définition du sel..... 5

1.2. Caractéristiques physico-chimiques des sels..... 5

1.2.1. Caractéristique physique..... 5

1.2.2. Structure chimique..... 6

1.2.3. Typologies des sels..... 7

1.2.3.1. Selon le mode de production..... 7

1/. Le sel de mer (marais salants) ..... 7

2/. Le sel gemme (miniers salants) ..... 7

3/. Le sel par dissolution..... 8

4/. Le sel ignigène..... 8

1.2.3.2. Selon le processus de raffinage..... 8

1/. Le sel naturel ou le sel de table..... 8

2/. Le sel raffiné..... 8

1.3. Le sel en Algérie..... 8

1/. Le Sel Rocheux..... 9

2/. Le Sel Solaire..... 9

**2. La Salinité**..... 9

2.1. Concepts de la salinité..... 9

2.1.1. Définition..... 9

2.1.2. Origine de la salinité..... 10

2.1.3. Importance de la salinité..... 10

2.2. Le stress salin.....	11
2.2.1. Définition de stress.....	11
2.2.2. Conséquences de la salinité sur la plante.....	12
1/. Effet sur l'absorption.....	12
2/. Effet sur la germination.....	13
3/.Effet du sel sur la croissance et le développement.....	13
4/.Effet de la salinité sur la photosynthèse.....	15
2.2.3. Mécanismes de résistance à la salinité.....	15
1/. Inclusion et compartimentation des ions.....	16
2/. Exclusion.....	16
3/. Ajustement osmotique.....	16
<b>Chapitre II : Généralités sur l'Acacia.....</b>	<b>18</b>
<b>1. Origine d'<i>Acacia raddiana</i>.....</b>	<b>18</b>
<b>2. Position sytématique.....</b>	<b>19</b>
<b>3. Description botanique.....</b>	<b>21</b>
3.1. Les Feuilles.....	21
3.2. Les fleurs et inflorescences.....	21
3.3. Les fruits.....	23
3.4. Les épines.....	24
3.5. Le tronc et l'écorce.....	24
3.6. Les racines.....	25
<b>4. L'écologie de l'<i>Acacia raddiana</i>.....</b>	<b>26</b>
<b>5. Intérêts d'<i>Acacia raddiana</i>.....</b>	<b>27</b>
5.1. Intérêt phyto-thérapeutique.....	27
<b>Chapitre III : Germination.....</b>	<b>29</b>
<b>1. La graine et la germination.....</b>	<b>29</b>
1.1. Définition.....	29
<b>2. Morphologie et physiologie de la germination.....</b>	<b>29</b>
2.1. Morphologie de la graine.....	29
<b>3. Condition de la germination.....</b>	<b>29</b>
3.1. Condition internes de la germination.....	29
3.2. Condition externes de la germination.....	29

3.2.1. L'oxygène.....	29
3.2.2. La température.....	30
<b>4. Types de germination.....</b>	<b>30</b>
4.1. Germination épigée.....	30
4.2. Germination hypogée.....	30
<b>5. Différents obstacles de la germination.....</b>	<b>30</b>
5.1. Dormance embryonnaire.....	31
5.2. Inhibitions tégumentaires.....	31
5.3. Inhibitions chimiques.....	31
<b>6. Ecologie de la germination d'Acacia raddiana.....</b>	<b>31</b>
<b>7. Procédé d'amélioration de la faculté germinative.....</b>	<b>32</b>

***Partie2 : Matériel et méthodes*** **35**

<b>Chapitre I. Méthodologie du travail.....</b>	<b>36</b>
<b>1. Objectif.....</b>	<b>36</b>
<b>2. Matériel et méthodes.....</b>	<b>36</b>
2.1. Matériel végétal (graine).....	36
2.2. Préparation des solutions.....	36
2.3. Préparation des graines.....	37
2.4. Préparation de la germination.....	39
<b>3. Analyses physico-chimiques de sel (d'El-Menia).....</b>	<b>41</b>
3.1. Échantillons.....	41
3. 2.Matériels et appareillages.....	42
1/.Mesure de la conductivité.....	42
2/.Mesure de pH (potentiel hydrogène).....	43
3/.Détermination de la teneur en sodium.....	43
4/.Détermination de la teneur en chlorure par la méthode potentionométrique.....	44

***Partie2 : Résultats et Discussion*** **45**

<b>Chapitre I : Résultats et Discussions.....</b>	<b>46</b>
<b>1. Paramètres de germination.....</b>	<b>46</b>

1.1. Taux de germination.....	47
1.2. Délai de germination.....	48
<b>2. Paramètres physico-chimiques de sel (El-Ménia).....</b>	<b>49</b>
2.1 La conductivité électrique.....	49
2.2. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	49
2.3. Taux de chlorure et de sodium.....	50
3. Test de l'ANOVA et de l'ACP.....	50
<b>Conclusion et perspectives .....</b>	<b>56</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>57</b>

## Résumé

La salinité est l'une des contraintes environnementales prédominantes des régions arides et semi arides. L'objectif principal de ce travail est d'analyser l'effet du stress salin sur le pouvoir germinatif des graines d'*Acacia raddiana* des différentes concentrations (2,4,6,8,10 et 12 g/l) par deux types de solutions saline (sel de NaCl et le sel naturel de El-Menia) au laboratoire, nous avons analysé, en guise d'étude préliminaire, le comportement germinatif de l'espèce *Acacia raddiana* dans le but de comparer les niveaux de tolérance à la salinité d'*Acacia raddiana* durant la germination. Dans ce cadre et afin d'optimiser la germination des graines d'*Acacia* et d'éliminer l'obstacle de l'inhibition tégumentaire, nous avons dans un premier temps scarifié les graines manuellement à l'aide de sable. Par la suite, nous avons déterminé les conditions optimales de germination durant 18 jours à une température de 25°C, Les résultats obtenus montrent que l'augmentation de la concentration en sel diminue le taux de la germination (1 à 3%) dans les deux types de sel.

**Mots clés :** *Acacia raddiana*, stress salin , type de sel, germination, El-Menia,.

## Abstract

Salinity is one of the predominant environmental constraints of arid and semi-arid regions. The main objective of this work is to analyze the effect of salt stress on the germination power of seeds of *Acacia raddiana* (Fabaceae) of different concentrations (2,4,6,8,10 and 12 g / l ) by two types of saline solutions (NaCl salt and natural El-Menia salt) in the laboratory,

We analyzed, as a preliminary study, the germination behavior of the species *Acacia raddiana* in order to compare the levels of tolerance to the salinity of *Acacia raddiana* during germination. In this context and in order to optimize the germination of *Acacia* seeds and to eliminate the obstacle of seed coat inhibition, we first scarified the seeds manually using sand. Subsequently, we determined the optimal conditions for germination for 18 days at a temperature of 25 °C, The results obtained show that the increase in the salt concentration decreases the germination (rate 1 to 3%). Then we exploited these results in order to assess the germination ability of the species under different osmotic constraints.

**Key words:** *Acacia raddiana*, germination power, salt stress, El-Menia, salinity.

## ملخص

الملوحة هي أحد القيود البيئية السائدة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تحليل تأثير الإجهاد الملحي على قوة إنبات بذور الأكاسيا راديانا بتركيزات مختلفة (2،4،6،8،10 و 12 جم / لتر) بنوعين من المحاليل الملحية (ملح كلوريد الصوديوم وملح المنيعة الطبيعي) في المختبر. قمنا بتحليل ، كدراسة أولية ، سلوك الإنبات لنوع الأكاسيا راديانا من أجل مقارنة مستويات تحمل ملوحة الأكاسيا راديانا أثناء الإنبات. في هذا السياق ومن أجل تحسين إنبات بذور الأكاسيا والقضاء على عقبة تثبيط غلاف البذور ، قمنا أولاً بتخدير البذور يدوياً باستخدام الرمل. بعد ذلك ، حددنا الظروف المثلى للإنبات لمدة 18 يوماً عند درجة حرارة 25 درجة ، وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الزيادة في تركيز الملح تقلل الإنبات (معدل 1 إلى 3٪). ثم قمنا باستغلال هذه النتائج من أجل التقييم قدرة الإنبات للأنواع تحت قيود تناضحية مختلفة.

**الكلمات المفتاحية:** الأكاسيا راديانا ، قوة إنبات ، الإجهاد الملحي ، المنيعة ، ملوحة

# *Introduction*

## **Introduction**

La salinisation est classée en deux catégories, primaire et secondaire. La première résulte de processus naturels alors que la seconde résulte des activités humaines (GHASSEMI et al., 1995 ; RENGASAMY 2006). Sur les 1500 millions d'hectares des terres arides cultivées, 2% sont affectés par la salinité secondaire en raison du défrichage ou de l'irrigation (FAO, 2005). La salinisation est la concentration de la solution du sol en  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{NO}_3^-$  (HU et SCHMIDHALTER, 2004). Dans les régions semi-arides et arides, une faible hygrométrie, une température élevée et une forte vitesse du vent favorisent le mouvement ascendant de la solution du sol et l'accumulation des sels dans les horizons superficiels aggravant ainsi ce phénomène. Dans ces régions, les types de chlorure et sulfate de sels de Na, Mg et Ca sont particulièrement concentrés (FAO 2005). La salinité des sols est un facteur limitant majeur de la productivité des cultures dans le monde (TANI et al., 2018). En Algérie, cette contrainte caractérise les sols arides et semi-arides et les sols des cultures irrigués (NEDJIMI et al., 2014 ; AISSAT et al., 2019). Ces sols présentent une diminution continue de leur fertilité (VALDENEGRO et al., 2001 ; TANI et al., 2018). En effet, la salinité inhibe la croissance des plantes par la réduction de leur capacité d'absorption due à l'excès d'ions (effet osmotique) (MUNNS, 2005). C'est une contrainte majeure car la plupart des espèces cultivées ne sont pas adaptées aux conditions salines (HU et SCHMIDHALTER, 2004). La fixation symbiotique de l'azote atmosphérique par une légumineuse ligneuse tolérante au sel, comme *Acacia raddiana*, serait une alternative intéressante pour l'amélioration de la fertilité des sols salins. *Acacia raddiana* est une Fabacée ligneuse parmi les plus abondantes dans les régions désertiques d'Algérie (LE HOUEROU et PONTANIER, 1987). Il s'agit d'un arbuste bien adapté aux conditions du désert et dont l'enracinement profond permet la fixation des sables, favorise l'infiltration de l'eau ainsi que la redistribution des éléments nutritifs dans le sol. Par son effet brise-vent, son ombre, sa litière et son exsudation racinaire, il permet la création et le maintien d'un microclimat et de niches écologiques favorables à la strate herbacée ainsi que la microflore tellurique (GANRY et DOMMERGUES, 1995 ; DOMMERGUES et al., 1999). A l'instar de la majorité des Fabacées, *Acacia raddiana* est capable de former une symbiose pour la fixation de l'azote atmosphérique avec des BNL (Bactéries Nodulantes des Légumineuses) ce qui lui permet d'être une espèce pionnière pour la colonisation des sols pauvres et/ou dégradés, de les enrichir en azote et de jouer ainsi un rôle important dans la succession écologique (GANRY et

**DOMMERGUES, 1995 ; DOMMERGUES et al., 1999).** En raison également de sa pérennité et de son adaptation aux conditions aride, *Acacia raddiana* constitue une espèce de choix pour le boisement ou le reboisement en zone saline.

L'objectif de ce travail, est d'étudier l'effet de deux types de sel et leurs différentes concentrations sur la germination des graines d'*Acacia raddiana*. Notre question de recherche : Est-ce que la germination de l'espèce *Acacia raddiana* peut se réaliser dans des conditions où la concentration et le type de sel sont différents ?

A cet effet, les hypothèses de notre recherche sont:

- **L'origine, la concentration et le type de sel ont des effets sur la germination des graines de l'*Acacia raddiana*.**
- **Le taux de germination des graines traitées par le sel naturel est plus élevé que celles traitées par le sel synthétique (NaCl).**
- **Le délai de germination des graines traitées par le sel naturel est plus réduit que celles traitées par le sel synthétique (NaCl).**

La réalisation de notre travail est basée sur deux parties principales:

- Dans la partie 1, une esquisse bibliographique est divisée en trois chapitres :
  - Le premier chapitre sur la salinité et le sel ;
  - Le deuxième chapitre sur des généralités concernant l'*Acacia* ;
  - Le troisième chapitre sur la germination.
- La partie 2, sera consacrée à décrire la démarche expérimentale et la méthodologie instaurée.
- L'interprétation des résultats obtenus ainsi que leur discussion seront rapportées dans la partie 3.

Enfin une conclusion pour synthétiser notre travail tout en suggérant des éléments pour les perspectives.

*Partie 1*

*Esquisses bibliographiques*

---

## Chapitre I. Généralités sur les sels et la salinité.

### 1. Le sel

#### 1.1 Définition du sel

Le sel est un minéral extrêmement abondant dans la nature. Il se présente naturellement sous forme de cristaux (**Figure 1**). Le sel de mer et le sel minier, qui n'est autre que du sel fossilisé. Le sel est un terme générique souvent synonyme de chlorure de sodium. Cependant, selon son lieu et sa méthode de production, le sel contient entre 94 et 99% de chlorure de sodium mais aussi d'autres sels secondaires (sel de magnésium, de potassium ou de calcium).

Le sel de mer contient en moyenne 30 g/l de sel divers :

- Chlorure de sodium : 28.5 g/l
- Chlorure magnésium : 3.7 g/l
- Sulfate de magnésium : 2.2 g/l
- Chlorure de potassium : 0.7 g/l
- Carbonate de calcium : 1.4 g/l
- Bromure de potassium : 0.1 g/l

Le chlorure de sodium (NaCl) est formé de deux ions : le chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) et le sodium ( $\text{Na}^+$ ), dans la proportion 40% à 60% environ (**PERNEY, 2015**).



**Figure 1: Cristaux de sel (DUPAS-LANGLET, 2013)**

### 1.2. Caractéristiques physico-chimiques des sels

#### 1.2.1. Caractéristique physique

Le sel est un composé ionique ayant un point de fusion relativement élevé. Il est conducteur d'électricité à l'état fondu ou en solution, et il a une structure cristalline à l'état solide. A des degrés divers, le constituant principal est les chlorures de sodium (**LOZACH, 2001**).

Les principales caractéristiques du chlorure de sodium sont résumées dans le tableau.1

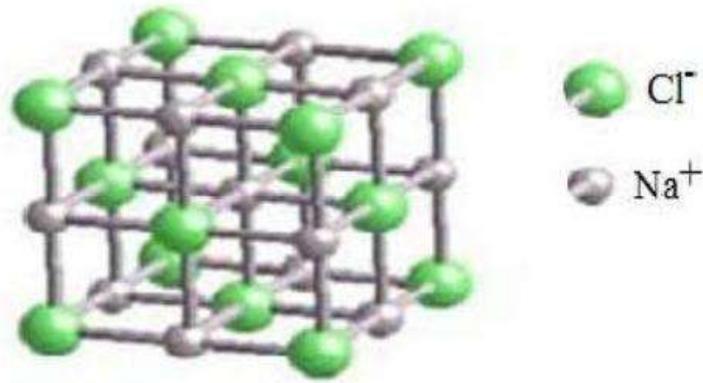
**Tableau 1: Principales caractéristiques du chlorure de sodium (LOZACH, 2001).**

Nom minéralogique	Halite
<b>Cristallisation</b>	Cubique
<b>Formule chimique</b>	Na Cl
<b>Indice de réfraction</b>	1.544
<b>Masse moléculaire</b>	58.45
<b>Densité du monocristal</b>	2.165
<b>A dureté (indice Mohs)</b>	2 à 2.5
<b>Chaleur spécifique</b>	0.22kcal/kg/°C
<b>Solubilité dans l'eau froide (0 °C)</b>	357 g/1l d'eau
<b>Solubilité dans l'eau chaude (100 °C)</b>	391 g/1l d'eau
<b>Température d'ébullition de la saumure saturée</b>	108.8 °C
<b>Température de fusion (*)</b>	801 °C
<b>Température d'ébullition du sel fondu (*)</b>	1 449 °C
<b>Chaleur latente de dissolution (à saturation)</b>	7.8 kcal/kg
<b>Chaleur latente de fusion</b>	97 kcal/kg
<b>Chaleur latente d'ébullition</b>	698kcal/kg

(\*) : À la pression atmosphérique.

### 1.2.2. Structure chimique

Le sel est un produit cristallin se composant principalement de chlorure de sodium (**Figure.1**), il est constitué d'ions de sodium:  $\text{Na}^+$ , et d'ions de chlorures:  $\text{Cl}^-$  qui occupent alternativement les sommets des cubes dans une structure cristallographique cubique à face centrée (**Figure.2**), (**LOZACH, 2001**). C'est un solide blanc, soluble dans l'eau à toute température (**HANITRINIAINA, 2009**).



**Figure 2: Le réseau cristallin du chlorure de sodium (ROUABAH et al., 2018).**

### 1.2.3. Typologies des sels

Le sel se classe en différentes catégories selon trois critères: soit en fonction du mode de production; soit en fonction de l'étape de raffinage; ou bien en fonction de son utilisation.

#### 1.2.3.1. Selon le mode de production

Récolté dans les marais salants, extrait des mines de sel gemme, produit par dissolution, recristallisé dans des salines ignigènes, le sel connaît plus d'une méthode de production. Il n'a pourtant qu'une seule origine: la mer (HANTRINIAINA, 2009). Il existe 4 grands modes de production du sel qui aboutissent à la formation de sels variés.

##### 1/. Le sel de mer (marais salants)

Le principe des marais salants repose sur la cristallisation du sel contenu dans l'eau de mer, sous l'action conjuguée du soleil et du vent. Le processus de production se fait comme suit: L'eau, qui est pompée de la mer, est dirigée dans des bassins peu profonds ou des plans d'eau artificiels. L'eau s'évapore petit à petit, augmentant la concentration en sel. Après retrait de l'eau résiduelle, si les conditions météorologiques le permettent, une très fine pellicule de sel se formant à fleur d'eau peut être récoltée manuellement. Le sel est stocké en tas ou sous hangar, pour le protéger des intempéries ensuite il est conditionné en fonction de son utilisation ultérieure (HANTRINIAINA, 2009).

##### 2/. Le sel gemme (miniers salants)

La technique minière est choisie lorsque le gisement souterrain présente une couche de sel suffisamment épaisse pour en extraire des cristaux de sel gemme. Le sel gemme est le nom commun pour un minéral qui est une forme de chlorure de sodium (NaCl), appelé halite. Le sel est concassé, broyé, criblé et stocké en vrac ou conditionné (HANTRINIAINA, 2009).

### **3/. Le sel par dissolution :**

Le sel des gisements souterrains est dissous par injection d'eau douce afin d'obtenir une saumure remontée en surface.

### **4/. Le sel ignigène :**

Cette technique est très ancienne, elle repose sur la cristallisation du sel par l'évaporation de saumure (à feu de bois) (**HANITRINIAINA, 2009**).

#### **1.2.3.2. Selon le processus de raffinage**

Les cristaux de sel obtenus par ces différents procédés seront séchés puis emballés tandis que d'autres vont passer par l'étape de raffinage qui consiste à purifier le sel pour le rendre plus blanc ; ainsi on distingue :

#### **1/. Le sel naturel**

Le sel naturel n'est pas raffiné et contient encore tous ses minéraux naturels. Les sels naturels ont donc des propriétés gustatives et un aspect différent suivant la quantité de minéraux qu'ils contiennent. Le sel non raffiné de mer est plus sain car plus riche en magnésium (sous forme de chlorure de magnésium), en oligo-éléments et en fer. Cependant, les sels naturels peuvent ne pas contenir suffisamment d'iode pour prévenir les maladies dues à des insuffisances d'iode comme le goitre (**DUPAS-LANGLLET, 2013**).

#### **2/. Le sel raffiné**

Le raffinage permet d'obtenir un sel de la couleur blanche jusqu'ici fréquemment préféré par le consommateur. Il est alors composé de NaCl pratiquement pur (99,9%), ceci au détriment de ses qualités alimentaires. Le sel du type raffiné reste le plus employé dans l'alimentation. Des agents antiagglomérants et de l'iodure de potassium sont généralement ajoutés au moment de la phase de séchage. Ces agents sont des produits chimiques hygroscopiques qui absorbent l'humidité évitant le colmatage des cristaux de sel. Les agents antiagglomérants utilisés sont le phosphate, les carbonates de calcium ou de magnésium, les sels d'acide gras (sels acides), l'oxyde de magnésium, le bioxyde de silicium, l'aluminosilicate de sodium et le silicate tricalcique d'alumino-calcium (**DUPAS-LANGLLET, 2013**).

### **1.3. Le sel en Algérie**

- **L'origine des sels**

Selon **ROUABAH et TAHRI (2018)**, l'Algérie possède suivant la déclaration du ministère de l'énergie des potentialités importantes en sel, grâce notamment à la richesse de son sous-sol en sel rocheux (diapirs visibles ou cachés, couches

souterraines) et aux conditions climatologiques très favorables pour la production de sel solaire dans les chotts ou lacs intra montagneux du Nord, chotts ou lacs des hauts plateaux et des hautes plaines et les chotts ou vastes dépression de la plateforme saharienne. Le potentiel des réserves de sel en Algérie est considérable et se compose de :

- Sel gemme avec des réserves évaluées à un Milliard de tonnes.
- Sel lagunaire avec des réserves évaluées à 1.5 Milliards de tonnes en apports annuels renouvelables dans les chotts du Sud Est Algérien.

Ce potentiel peut être largement augmenté grâce à l'évaluation détaillée des gisements connus (ROUABAH et *al.*, 2018).

### 1/. Le Sel Rocheux

Le sel gemme sous forme de roche, est disponible au Nord du pays et il forme de nombreux gisements visibles ou cachés. Les résultats de la recherche minière menée par l'Entreprise Nationale de Recherche et d'Evaluation Minière (EREM), durant la période 1984-1987, ont permis d'évaluer et de confirmer un potentiel de près d'un milliard de tonnes.

### 2/. Le Sel Solaire

Le sel solaire est produit dans des dépressions (chotts ou lacs), parfaitement isolées de la mer, au-dessous de son niveau et alimentées en sel par lessivage des terrains salifères antérieurs.

Du Nord au Sud du pays, on distingue :

- a) Les lacs intra montagneux: Béthioua, Sidi Bouziane et Ouled Zouai.
- b) Les chotts des Hauts Plateaux: El Hodna, Zahrez Chergui et Zahrez Gherbi.
- c) Les chotts de la plateforme saharienne: Mérouane et Melghir.

## 2. La Salinité

### 2.1. Concepts de la salinité

#### 2.1.1. Définition

La salinité peut être définie comme une accumulation excessive de sels dans les sols ou dans les eaux à un seuil pouvant avoir un impact sur les activités humaines et naturelles (plantes, animaux, écosystèmes aquatiques, approvisionnement en eau, agriculture,...)(EL MOUKHTAR ,2010). Elle peut être définie, aussi, comme toutes teneurs excessives en ions, pouvant se présenter dans les sols ainsi que dans les eaux (MERZOUG et FALI, 2011). Elle est causée par la combinaison de quatre cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Na}^+$ ) et de quatre anions ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{HCO}_3^-$ ) (FAGHIRE, 2012). La salinité peut entraîner des nocifs

conséquents en raison de la fixation des chlorures de sodium par les colloïdes du sol, de plus, les sels causent des changements dans la structure du sol (sur sa perméabilité et son aération) affectant directement le développement de la plante (**HAMMOU, 2010**).

### 2.1.2. Origine de la salinité

La salinisation des terres est à 80% d'origine naturelle. On parle alors de salinisation "primaire", due aux sels se formant lors de l'altération des roches ou à des apports naturels externes, Alors que 20% des terres salinisées ont une origine "anthropique". On parle alors de la salinisation "secondaire" induite par l'activité humaine, liée aux pratiques agricoles et en particulier à l'irrigation (**CHAMEKH, 2010**).

La salinité provenant de l'altération de la roche mère saline par les facteurs d'érosion, la dissolution par les eaux de ruissellements des roches sédimentaires qui sont riches en chlorures, sulfate et carbonates, contribuent ainsi à la salinisation primaire, provoquée par l'eau de pluie souvent acide ( $H_2CO_3$ ), mais aussi par des agents physiques (**HAMMOU, 2010**).

Près de 20% des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique et sont qualifiées de «secondaires». (**BOUCHOUKH, 2010**). (**NOOMENE, 2011**) signale que la salinisation secondaire est le résultat des activités humaines, qui modifient l'équilibre hydrologique du sol entre l'eau appliquée (irrigation ou de pluie) et de l'eau utilisée par les cultures (transpiration).

Selon le même auteur, les causes les plus fréquentes sont :

- Le défrichage des terres et le remplacement de la végétation pérenne avec des cultures annuelles,
- L'utilisation des eaux d'irrigation riches en sel,
- Un drainage insuffisant et un système d'irrigation déséquilibré.

### 2.1.3. Importance de la salinité

La teneur totale en sels est le plus important critère pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation dans le système agricole. Cette teneur peut être exprimée en termes de conductivité électrique ou en ppm ou meq/l. La concentration totale est plus importante car la plupart des cultures répondent à la concentration ionique totale du milieu de croissance (effet osmotique) plutôt qu'à un ion spécifique. Généralement, une augmentation de la teneur en sels dans l'eau d'irrigation résultera dans une augmentation de la salinité de la solution du sol (**HOPKINS, 2003**).

La vitesse et le degré de cette augmentation dépendront de :

- Lessivage c'est-dire la quantité d'eau apportée par irrigation ou par des pluies en des besoins de la culture et l'efficacité du lessivage ; La composition ionique l'eau d'irrigation et la tendance de quelques ions ; tels que à précipitations après l'extraction de l'eau du sol ; Propriété physiques du sol tels que l'infiltration ; les caractéristiques hydriques et le drainage. (ANTIPOLIS, 2003).

La salinité peut, suivant la dose à laquelle, elle peut avoir un effet stimulateur distincts sur la croissance et le développement de la plante, cet effet stimulateur a été montré par la salinité à des effets bénéfiques sur la germination et la croissance de quelques espèces à des niveaux très faible (bien que non quantifiées par les auteurs) de  $\text{NaSO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgSO}_4$  et  $\text{NaCO}_3$  (HARNADEZ, 1997).

## 2.2. Le stress salin

### 2.2.1. Définition de stress

Le stress salin est un excès d'ions en particulier, mais pas exclusivement, aux ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  (HOPKINS, 2003). Le stress salin est dû à la présence de quantités importantes de sels potentiels hydriques. Il réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu "physiologiquement sec" (TREMBLIN, 2000).

La quantité de sels dans le sol que les plantes peuvent supporter sans grand dommage pour leur culture, varie avec les familles, les genres et les espèces (LEVIGNERON et *al.*, 1995).

Les conséquences d'un stress salin peuvent résulter de trois types d'effets que le sel provoque chez les plantes :

- Le stress hydrique : une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par la plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau. Cela nécessite un ajustement osmotique.
- Le stress ionique : En dépit d'un ajustement osmotique correct, la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation de sels dans les tissus perturbe l'activité métabolique.
- Le stress nutritionnel : Des concentrations salines trop fortes 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, les chlorures avec le nitrate, le phosphate et le sulfate (LEVIGNERON et *al.*, 1995).

### 2.2.2. Conséquences de la salinité sur la plante

La salinité est l'un des facteurs limitant pour la croissance des plantes. Les effets de la salinité sont surtout 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 et BOUKACHABIA, 1993), particulièrement la hauteur, le diamètre des tiges des différentes espèces, ainsi que la grosseur des fruits diminuent d'une façon importante avec l'augmentation de la salinité: c'est le cas du riz (KHAN et al., 1997) et de la pomme de terre (BOUAZIZ, 1980 in BABA- SIDI- KASSI, 2010).

#### 1/. Action sur l'absorption

Chez les végétaux stressés par le sel, les concentrations des solutés organiques et inorganiques varient, selon les espèces, l'âge de la plante et le traitement salin. Chez les plantes cultivées sur milieu témoin sans sel, la concentration totale de la solution foliaire en solutés organiques tend à diminuer avec l'avancement en âge des plantes ; alors qu'un effet opposé est noté pour la concentration inorganique totale de la feuille (RAHMOUNE et al., 1997 ; BEN NACEUR et al., 2002).

La sensibilité à la salinité des espèces végétales est due notamment à l'absorption et à l'accumulation d'une quantité relativement élevée de ( $\text{Na}^+$ ) et ( $\text{Cl}^-$ ) au niveau des feuilles (BELL, 1999 ; CIÇEK et al., 2002). La grande accumulation de  $\text{Cl}^-$  dans les feuilles peut contribuer au maintien d'un gradient osmotique en condition de salinité modérée. C'est au niveau des feuilles que se visualise le plus l'effet toxique des ions chlorures. Les dégâts observés sur la végétation sont dus à la toxicité des chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) et non aux ions sodium ( $\text{Na}^+$ ) qui sont généralement inoffensifs vis-à-vis de la plupart des plantes, et la surface foliaire nécrosée est souvent directement proportionnel à l'accumulation des chlorures (GARREC et al., 1989).

En présence du sel, l'absorption des cations  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  dépasse souvent celle des anions  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{PO}_4^-$  et  $\text{NO}_3^-$  ; ce qui engendre ainsi un déficit anionique pour le végétal. Dans les feuilles, les Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) sont toujours accumulés proportionnellement à la teneur globale en sel et en plus grande quantité que le  $\text{Na}^+$  (RAHMOUNE et al., 2000). Le chlore, en entrant en compétition avec le  $\text{NO}_3^-$ , inhibe dans les plantes sensibles aux sels l'absorption et

le transport à longue distance de cet anion vers les parties aériennes et engendre ainsi une carence nutritionnelle qui est estimée, par la différence entre la teneur globale en cations majeurs  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Na}^+$  et la teneur en  $\text{Cl}^-$  (SLAMA, 1986).

## 2/. Effet sur la germination

La germination est régulée par des caractéristiques génotypiques mais aussi par les conditions environnementales et en particulier par la disponibilité de l'eau dans le sol et la présence de sel (GUTTERMAN, 1993). Ainsi, la germination des graines est le stade le plus sensible aux stress salin et hydrique (BOULGHALAGH et al., 2006). On peut considérer que la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (MAILLARD, 2001). Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence du sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (DEBEZ et al., 2001). Plusieurs auteurs ont montré un retard de la germination causé par la salinité chez plusieurs espèces même chez des plantes halophytes (DEBEZ et al., 2001; BAJJI et al., 2002; BELKHOJA et BIDAI, 2004; et RAHMOUNE et al., 2008).

Des travaux effectués sur des halophytes ont montré que l'effet inhibiteur du NaCl sur la germination serait essentiellement de nature osmotique, le sel empêchant l'imbibition de la graine (KATEMBE et al., 1998 in DEBEZ et al., 2001). La germination des plantes, qu'elles soient halophytes ou glycophytes, est affectée par la salinité. Selon l'espèce, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique :

- Les effets osmotiques se traduisent par inaptitude des graines à absorber des quantités suffisantes en eau pour les ramener à leur seuil critique d'hydratation, nécessaire au déclenchement du processus de germination
- Les effets toxiques sont liés à une accumulation cellulaire de sels qui provoquent des perturbations des enzymes impliquées dans la physiologie des graines en germination, empêchent la levée de dormance des embryons et conduisent à une diminution de la capacité de germination (REJILI et al., 2006).

## 3/. Effet du sel sur la croissance et le développement

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (BOUAOUINA et al., 2000). La salinité des sols et des eaux demeure, pour les régions arides et semi arides, un obstacle majeur à la croissance des végétaux.

Les effets de la salinité sur la croissance des plantes varient en fonction du type de salinité, de la concentration du sel, de l'espèce, de la variété, de l'organe de la plante, ainsi que de son stade végétatif (LEVIGNERON et al., 1995).

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 de feuilles et de la longueur de la tige et par conséquent l'augmentation du rapport racine/tige. Une baisse des poids de matières fraîches et sèches est aussi démontrée (**RUSH et EPSTEIN, 1981**). Cette inhibition de la croissance des plantes se fait selon trois manières principales : par une toxicité ionique (surtout de  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ ), un stress osmotique et une perturbation nutritionnelle (**GREENWAY et MUNNS, 1980 ; LEVIGNERON et al., 1995**). Une réduction de la croissance de la partie aérienne est la première réponse observée des glycophytes à l'augmentation de la salinité au niveau des racines. Il s'agit de l'effet destructif le plus significatif en cas d'une exposition prolongée à la salinité.

Il s'est avéré aussi que les feuilles contiennent les tissus les plus sensibles de la plante à une salinité excessive, par contre la croissance des racines s'en trouve faiblement affectée (**BENMAHIOUL et al., 2009**). Ainsi, le chlorure de sodium inhibe la croissance des racines des glycophytes, qu'elles soient réputées très sensible à la salinité, moyennement sensible ou plutôt tolérantes (**LEMZERI, 2006**). Néanmoins, cette inhibition est généralement moins marquée que celle des parties aériennes. C'est ainsi qu'une concentration élevée de sodium ( $\text{Na}^+$ ) et des chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) peut être toxique aux plantes avec pour résultat une inhibition de la croissance (**GREENWAY et MUNNS, 1980**). Une grande partie des pertes de croissance est aussi attribuée à l'accumulation ionique au niveau des feuilles. Cette accumulation est alors capable de gêner et de troubler l'activité enzymatique et les processus métaboliques ainsi que les microstructures des feuilles. La croissance peut être freinée au milieu salin par un approvisionnement limité en éléments minéraux indispensables tels que le potassium ( $\text{K}^+$ ) et les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ). **BOIS (2005)**, confirme que la réduction de l'absorption des ions ( $\text{NO}_3^-$ ) est à l'origine de la diminution de la croissance. Alors, la croissance des espèces végétales est ralentie lorsque la concentration saline du milieu externe dépasse 100 mM, et la salinité devient létale à partir de 300 mM (**GREENWAY et MUNNS, 1980**).

La salinité influe également sur la croissance et la qualité des fruits dont l'aspect fruits plus petits et nécrosés, et la qualité organoleptique sont modifiés (**MIZRAHI et al., 1985 in LEVIGNERON et al., 1995**). La production totale des fruits de plusieurs espèces et le poids moyen des fruits diminuent linéairement avec l'augmentation de la salinité. Normalement, l'obtention des fruits avec nécrose apicale est attribuée à un déséquilibre de  $\text{Ca}^{2+}$  et / ou à un stress hydrique.

#### 4/. Effet de la salinité sur la photosynthèse

La salinité réduit la croissance et la photosynthèse de la plante. Cette réduction est due aux effets complexes d'interactions osmotiques, ioniques, et nutritionnelles (BINAIRE, 1997 in RASANEN, 2002). La présence du chlorure de sodium dans le sol a généralement pour effet de réduire l'intensité de la transpiration des glycophytes et de nombreux halophytes en l'absence de toute diminution de la turgescence. GREENWAY et MUNNS (1980) suggèrent que la salinité affecte en premier lieu la croissance de la plante puis la photosynthèse, causant suite aux phénomènes de « Feed-back » une réduction de la capacité photosynthétique. Particulièrement chez les glycophytes, la présence continue de NaCl dans le milieu de culture entraîne une augmentation d'une part de l'épaisseur des limbes (ce qui deviendrait un élément limitant dans la porosité stomatique) et d'autre part des vitesses d'ouverture des stomates.

La photosynthèse étant réduite chez les plantes cultivées en milieu salin. MUNNS (1993) a tout d'abord pensé que cet effet dépressif serait à l'origine de la diminution de la croissance.

Toutefois, comme cette croissance diminue plutôt que la photosynthèse et, à long terme, elle décline davantage que cette dernière ; il a alors considéré que l'accumulation de carbone par les plantes serait affectée par la salinité à cause d'une réduction de l'indice foliaire plutôt que du taux de la photosynthèse. Le sel peut également provoquer la modification de la densité des stomates, du nombre et du diamètre des vaisseaux du xylème chez les halophytes, ou accélérer le cycle biologique avec changement de la voie métabolique de fixation du carbone (LEVIGNERON et *al.*, 1995).

##### 2.2.3. Mécanismes de résistance à la salinité

Une plante cultivée sur sol riche en sel doit faire face à sa pénétration dans ses tissus celui là est rejeté ou accumulé par les différents organes, tissus, cellules et compartiments cellulaires. Les ions chlorure (Cl<sup>-</sup>) et sodium (Na<sup>+</sup>) pénètrent via les racines, transportés par la sève hylétique jusqu'aux tiges et feuilles. Là ils se trouvent soit stockés (plantes de type incluser), les feuilles sont riches en (Na<sup>+</sup>) que les tiges et les racines et le mécanisme de tolérance au sel est dû à la compartimentation des ions toxiques en particulier l'ion sodium dans la vacuole ; soit au contraire ils sont très peu retenus dans leurs feuilles ( plantes de type excluser) et cette accumulation décroît selon la séquence racines-tiges feuilles et ces ions sont alors revéhiculés par la sève phloémique jusqu'aux racines (LEVIGNEON et *al.*, 1995).

Deux types de comportement ont pour effet d'éviter la saturation en sel :

### 1/. Inclusion et compartimentation des ions

La compartimentation des ions entre les organes (racines/parties aériennes), les tissus (épiderme/mésophile), ou encore entre les compartiments cellulaires (vacuole/cytoplasme) est l'un des mécanismes d'adaptation à la contrainte saline (OUERGI et *al.*, 1998). L'inclusion et la compartimentation est la stratégie la plus efficace pour éviter la toxicité de  $\text{Na}^+$  sur des sites métaboliques dans le cytoplasme (JEBNOUNE, 2008 in BOUCHOUKH I., 2010).

La plante utilise en effet le sel pour ajuster la pression osmotique de ses cellules. Elle capte le sel qui parvient aux feuilles, au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de "pompes" moléculaires. Les vacuoles étant des compartiments fermés au sein de la cellule, le sel est ainsi isolé des constituants cellulaires vitaux (SENTENAC et BERTHOMIEU, 2003).

Aussi, la vacuole se chargerait-elle en sodium grâce à l'action d'un antiport sodium proton  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ , lequel serait entretenu par le fonctionnement accéléré des pompes à proton  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ . L'existence d'un système d'échange  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  est largement signalé. Il est alors admis que c'est la performance de stocker le sel dans les parties aériennes qui est déterminante dans le niveau de tolérance au sel des espèces.

### 2/. Exclusion :

La plante empêche le sel de remonter dans la sève jusqu'aux feuilles. La présence de l'endoderme dans les racines ainsi que le transport sélectif, leur permettant d'absorber les ions nutritifs utiles et de ré excréter les ions  $\text{Na}^+$  (GENOUX et *al.*, 2000).

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

### 3/. Ajustement osmotique

Face à l'augmentation des forces de rétention de l'eau dans un sol en cours de dessiccation, un ajustement osmotique peut se manifester, mais à des degrés variables, chez la plupart des végétaux. Les métabolites impliqués dans cet ajustement sont assez variés. Ces solutés ont des propriétés physiques et biologiques compatibles, même à forte concentration, avec les fonctions métaboliques (TAHRI et *al.*, 1998).

L'un des principaux caractères physiologiques de tolérance aux contraintes du milieu est l'ajustement osmotique. Celui-ci est réalisé grâce à une accumulation de composés osmorégulateurs conduisant à une réduction du potentiel osmotique permettant ainsi le maintien du potentiel de turgescence. L'accumulation de ces composés a été mise en évidence chez plusieurs espèces végétales soumises à la contrainte saline. Cette accumulation varie dans de larges proportions suivant l'espèce, le stade de développement et le niveau de la salinité. Les différences d'accumulation des solutés (Acides aminés libres, proline et sucres solubles totaux) entre les plantes témoins et les plantes soumises au stress salin sont très importantes (**EL MIDAOUI et al., 2007**).

L'ajustement osmotique apparaît aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation aux stress ionique et osmotique qui s'exprime par la capacité d'un végétal à accumuler, au niveau symplasmique et de manière active des ions tels que les  $K^+$ ,  $Na^+$  et  $Cl^-$  ou des composés organiques tels les sucres solubles (fructose, glucose, tréhalose, raffinose, fructanes) et certains amino-acides (proline, glycine bétaine,  $\beta$ -alaninebétaine, prolinebétaine). Parmi les acides aminés pouvant être accumulés, la proline représente l'une des manifestations les plus remarquables des stress hydriques et osmotiques. Son rôle d'osmoticum a été rapporté par de nombreux auteurs. L'accumulation de la proline, induite par les stress, peut être le résultat de trois processus complémentaires: stimulation de sa synthèse, inhibition de son oxydation et/ou altération de la biosynthèse des protéines. La proline serait synthétisée à partir de l'acide glutamique via l'acide 5 carboxylique 1 pyrroline (P5C), mais également via l'arginine et l'ornithine (**TAHRI et al., 1998**).

## Chapitre II : Généralités sur l'Acacia

### 1. Origine d'*Acacia raddiana*

Il y a 2500 ans, le climat du Sahara auparavant froid, s'est réchauffé. Mousson tropicale est remontée vers le nord, et les *Acacia* et autres espèces tropicales l'ont envahi (**QUEZEL, 1963**).

Le taxon *Acacia raddiana* est présent de l'Arabie méridionale à l'Afrique orientale allant jusqu'au Sénégal (**BATANOUNY et BAESHIN, 1982**).

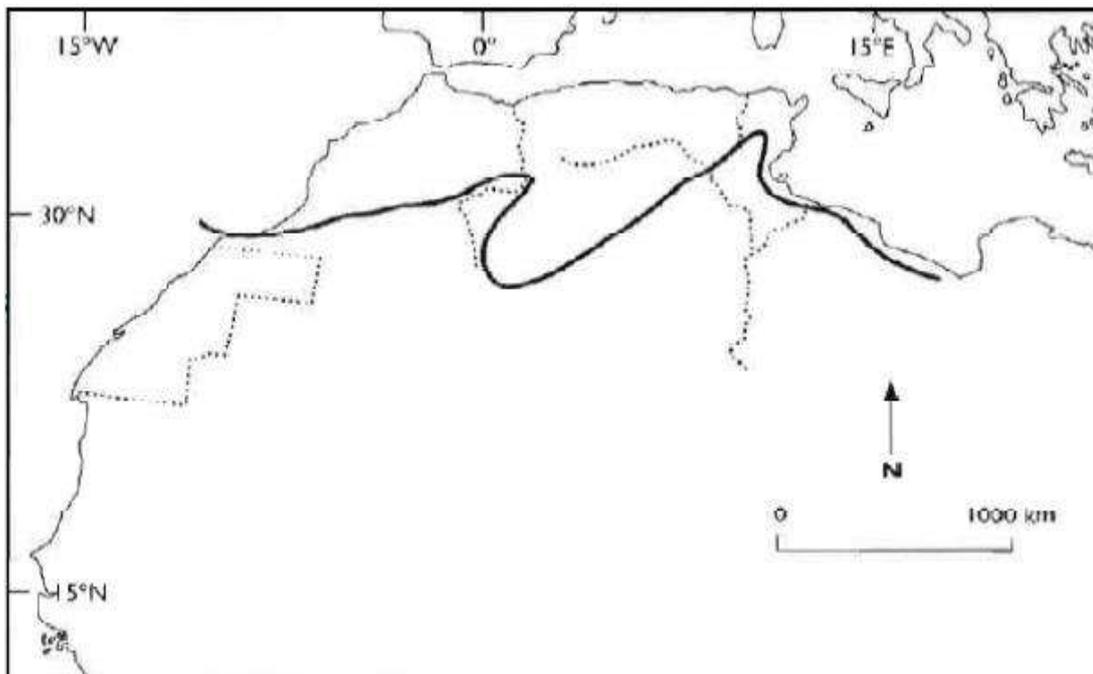
Il se forma dans cette immense savane, une chaîne de grandes forêts pures d'*Acacia* reliant les hauts plateaux algériens et leurs steppes à formation de Pistachier et de Jujubier aux régions soudanaises. Il en subsiste de nombreux témoins au Maroc et en Tunisie, se reliant aux formations du Sénégal par un chapelet de stations distinctes et fragmentées les une des autres (**NONGONIERMA, 1977**).

Certains auteurs comme **BOULHOL (1940)** considèrent que l'association climacique primitive à base d'*Acacia* épineux a une aire qui va de l'Océan à la Méditerranée et à la Mer Rouge. En revanche, il signale que les *Acacias* de l'Afrique Occidentale rejoignent ceux du Sud-tunisien et de la Tripolitaine, occupant ainsi une immense bande, soit toute la largeur de l'Afrique. Et c'est le dessèchement du Sahara qui les a refoulés peu à peu, ne les laissant subsister que dans les zones côtières (Sud tunisien, Sud-marocain, Tripolitaine, Egypte, Palestine...). Toutefois, il faut signaler qu'*Acacia tortilis* est un arbre autochtone des régions arides et semi-arides. Ceci justifie sa localisation en Australie, en Amérique du Sud, en Asie et Afrique (**GATES et BROWN, 1988**).

En Afrique, l'espèce se rencontre dans trois aires régionales distinctes :

- Nord du Sahara : Maroc, Algérie, Tunisie, Libye et Egypte.
- Sud du Sahara : Toute la zone Sahelo-Soudanaise, notamment la Mauritanie, le Sénégal, le Mali, le Niger, le Burkina, le Tchad et le Soudan.
- En zone tropicale humide (Nigeria et Cameroun), elle s'étend jusqu'à la République Centrafricaine (**Le FLOC'H, 1983**).

Espèce originaire d'Afrique tropicale et d'Arabie présente au Sahara septentrional, central et méridional (**NOUMI, 2010**).



**Figure 3: Aire de répartition d'*Acacia tortilis* ssp. *Raddiana* (GROUZIS et Le FLOC'H, 2003).**

## 2. Position systématique

En Afrique et au Moyen orient, le genre *Acacia* comporte d'après **BRENAN (1983)** environ 130 espèces. Il existe des divergences au niveau de la position systématique des espèces du genre *Acacia* entre les taxonomistes. Ces divergences laissent supposer qu'il n'est pas aisé de pouvoir y établir une classification unique et universelle pour ce genre. A juste titre, **DUCOUSSO et THOEN (1991)** rapportent que « les données concernant la position systématique de chaque espèce d'*Acacia* sont très incomplètes, et à l'heure actuelle, aucun document exhaustif de synthèse n'est disponible sur ce sujet».

Le binôme scientifique de « talha » varie selon les auteurs dans la littérature botanique ; certains comme (**QUEZEL et SANTA, 1963**), (**ZOHARY, 1972**), (**TACKHOLM, 1974**) le considèrent comme (**BRENAN, 1957**). En effet, jusqu'aux années cinquantes, il était généralement admis qu'il y avait dans le complexe *Acacia tortilis* deux espèces principales, l'une à gousses glabres nommée *A. tortilis* ou *A. raddiana*, l'autre à gousses pubescentes nommée *A. spirocarpa*.

De son vrai nom *Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne ssp. *raddiana* (Savi) Brenan, fait parti des Mimosacées, ayant comme synonyme *Acacia raddiana* Savi, *Acacia fasciculata*,

(**ARBONNIER, 2002**), dont Forsk est l'abréviation de Forskal. Avant d'être classée comme espèce indépendant, l'*Acacia raddiana* était considérée comme variété ou sous- espèce de l'*Acacia tortilis* appelée « ombrella tree » à cause de la forme de sa couronne, avec la distinction des sous espèces correspondant à des zones écologique différentes :

- subsp. *tortilis*, Sahel, Moyen Orient,
- subsp. *raddiana* (Savi) Brenan var. *pubescens*, Soudan, Moyen-Orient, Sahel,
- subsp. *spirocarpa* (Hochst.) Brenan var. *spirocarpa*, Afrique de l'Est, Soudan,
- subsp. *spirocarpa* (Hochst.) Brenan var. *crinita*,
- subsp. *heterocantha* (Burch.) Brenan : Afrique du Sud.

Selon (**DOMMERGUES et al., 1999**), le nom de l'arbre *Acacia raddiana* a pris son origine du nom du botaniste Florentin Giuseppe Radd (1770-1829). L'*Acacia raddiana* se différencie des autres *Acacias* par l'existence des épines stipulaires brunes mesurant 1.5 – 2 cm. L'espèce *raddiana* forme des peuplements caractéristiques des zones arides et semi arides associée à *Pistacia atlantiqa*, constituant ainsi une formation caducifoliée de type prédésertique ou pré-steppe (QUEZEL et MEDAIL, 2003).

Par conséquent, l'espèce est classé dans :

Règne : Plante

Embranchement : Spermatophytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous classe : Résidées

Ordre : Rosales

Famille : Fabaceae

Sous famille : Mimosaceae

Genre : *Acacia*, synonyme *Vachellia* (**DYER DIRECTOR, 2014**)

Espèce : *tortilis* (Forsk.) Hayne

Subsp. : *raddiana* (Savi) Brenan.

### 3. Description botanique

*Acacia tortilis* subsp. *raddiana* est une espèce ligneuse de 4 à 18 m de hauteur, et atteignant occasionnellement 21m.

Les jeunes rameaux et feuilles sont glabres ou pseudoglabres, de même que les gousses ; l'écorce fissurée est de couleur grise à noir (BRENAN et *al.*, 1959).

#### 3.1. Les Feuilles

Les feuilles composées bipennées et alternes, sont formées d'un rachis long de 4 à 6 cm, portant 3 à 5 paires de pinnules, longues de 2 à 3 cm. Les deux pinnules terminales sont très rapprochées et les autres sont distantes de 10 mm environ (Figure.4).

Le pétiole, long de 10 à 15 mm, porte parfois une glande, au-dessus, avant la première paire de pinnules. A la base du pétiole, se présentent deux épines jumelées, parfois courtes et légèrement courbées, parfois droites, acérées, blanchâtres, longues de 2 à 5 cm (BERHAUT, 1967).

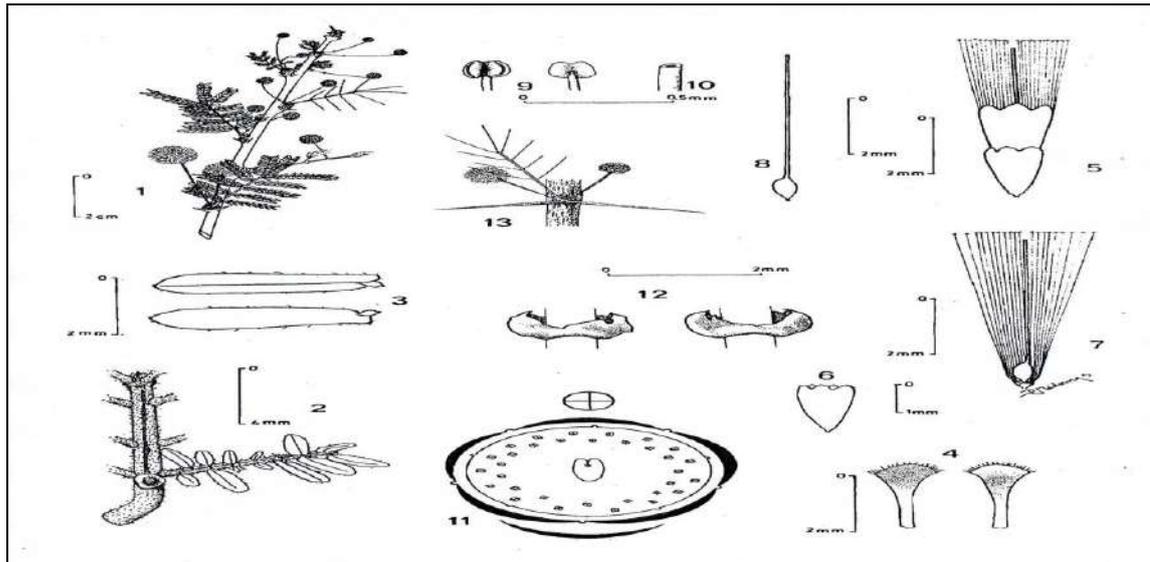


Figure 4: Feuilles et inflorescences d'*Acacia raddiana* Savi. (KAROUNE, 2013)

#### 3.2. Les fleurs et inflorescences

Les fleurs, d'un blanc crème, sont en forme de capitules larges de 7 à 10 mm. Elles sont disposées au sommet d'un pédoncule long de 15 à 30 mm (Figure.4). Ces pédoncules peuvent être groupés par 2 ou 3, à l'aisselle des feuilles (BERHAUT, 1967).

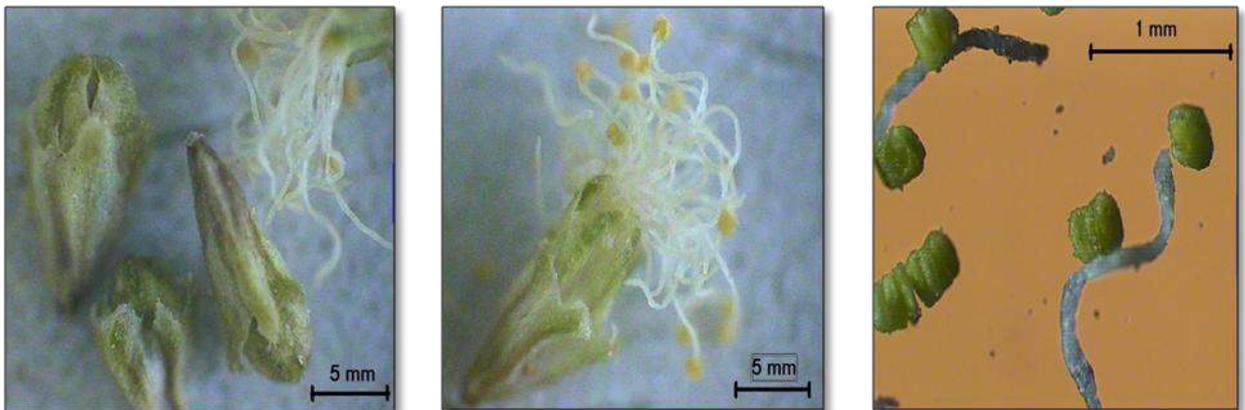
Elles sont regroupées en capitules denses, de 1 à 2 cm de diamètre et sont portées par des pédoncules (Figure.5). Elles sont presque glabres (BARKOUDAH et VAN DER SAR, 1982).



**Figure 5: Planche descriptive d'un rameau feuillé florifère d'*Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) Brenan. (NONGONIERMA, 1978).**

- 1) Rameau feuillé florifère.- 2) Détail d'une feuille montrant les morphologies du pétiole et de sa glande, du rachis principal et de ses quatre paires de pennes et des folicolules vue de dessous et de dessus.- 3) Morphologie d'une folicolule vue de dessous et de dessus.- 4) Morphologie d'une bractée florale vue de dessous et de dessus.- 5) Fleur épanouie.- 6) Calice.- 7) Androcée et gynécée.- 8) Gynécée.- 9) Etamine : anthère et filet vus de face et de dos.- 10) Extrémité du style et stigmate.- 11) Diagramme floral. - 12) Morphologie de la bractée du glomérule inflorescentiel sur son axe, vue de dos et de face.- 13) Portion de rameau florifère montrant les dispositions respectives des deux épines stipulaires, de la feuille et de deux glomérules inflorescentiels.

La fleur de l'espèce est régulière, avec une corolle à 5 pétales réduits. Les étamines sont très nombreuses et libres entre elles avec des filets longs (**Figure.6**). (**HANNANI 2011**).



(a): Fleurs isolées (GrX40), (b): Etamines émis par une fleur de *Vachellia raddiana* (GrX40), (c): Anthères (sacs polliniques) de *Vachellia raddiana* portés par leurs filets (GrX400).

**Figure 6: Fleur d'*Acacia raddiana* (HANNANI, 2011)**

### 3.3. Les fruits

Les fruits sont des gousses spiralées renfermant les graines. Chaque fruit (**Figure.7**) contient jusqu'à 10 graines brunes, ovales. Le fruit est issu d'un ovaire monocarpelé. Etant donné que le fruit sec est déhiscent, la déhiscence se fait par la ligne de suture du carpelle et la nervure dorsale.

La graine est caractérisée par une dormance (inhibition) tégumentaire (**DANTHU et al., 2003**), (**JOUADI et al., 2010**), (**BENBADA, 2013**), (**HANNANI et al., 2016**).



(a) : Fruits sur des rameaux feuillus, (b): Gousses contenant les graines.

**Figure 7: Fruit d'*Acacia raddiana*. (HANNANI, 2011)**

Les gousses sont très allongées (**Figure.7**), elles sont contorsionnées ou spiralées et contournées sur elles mêmes (**OZENDA, 1991**), elles sont indéhiscentes et groupées en paquet. La largeur du fruit varie de 6-9 mm, (**BARKOUDAH et VAN DER SAR, 1982**), à 1.3 cm (**LE FLOC'H et GROUZIS, 2003**).

La forme de la graine est elliptique (**Figure.8**), (**HANNANI, 2011**), (**AL-GOHARY et MOHAMED, 2007**) et d'une couleur marron à maturité. De 0,4 à 0, 8 cm de long sur 0,3 à 0,6 cm de large.

L'épaisseur est de 0, 2 à 0,3 cm - arille de 0,3 à 0,6 cm de long (**LE FLOC'H et GROUZIS, 2003**).



**Figure 8: Graine mure d'*Acacia raddiana* (HANNANI, 2011)**

### 3.4. Les épines

Concernant les épines, l'espèce présente des épines dès son jeune âge, elles sont longues, blanches en paire (**Figure.9**), (**HANNANI, 2011**), se disposant verticalement sur l'axe du rameau à l'instar des feuilles. Le 2<sup>ème</sup> type d'épine est arqué de couleur brune, corroborant les descriptions de (**OZENDA, 1991**) et (**DOMMERGUES et al., 1999**).



(a): Rameaux épineux, (b): Les types d'épines.

**Figure 9: Epines de *Vachellia raddiana* (HANNANI, 2011)**

Elles sont de longueur variables sur la même branche, celles courtes et crochues, atteignant 5 mm de long ou longues, élancées et blanches de 1,2 à 8 voire 10 cm de long, ce qui concorde avec les mesures citées par (**LE FLOC'H et GROUZIS, 2003**), et (**KHAN, 2006**).

### 3.5. Le tronc et l'écorce

La hauteur de l'arbre dans la station d'étude peut dépasser 6 mètres, avec un tronc de 2 mètres de la région d'empattement jusqu'au début des ramifications des branches (**Figure.10**), (**HANNANI, 2011**).

L'écorce est le plus souvent rugueuse fissurée, de couleur grise ou brune rougeâtre à noirâtre (**LE FLOC'H et GROUZIS, 2003**).



(a): Tronc de 2 m de hauteur, (b): Tronc de 2.4 m de circonférence.

**Figure 10: Mensurations de *Acacia raddiana* à Meguiden (Timimoun).**

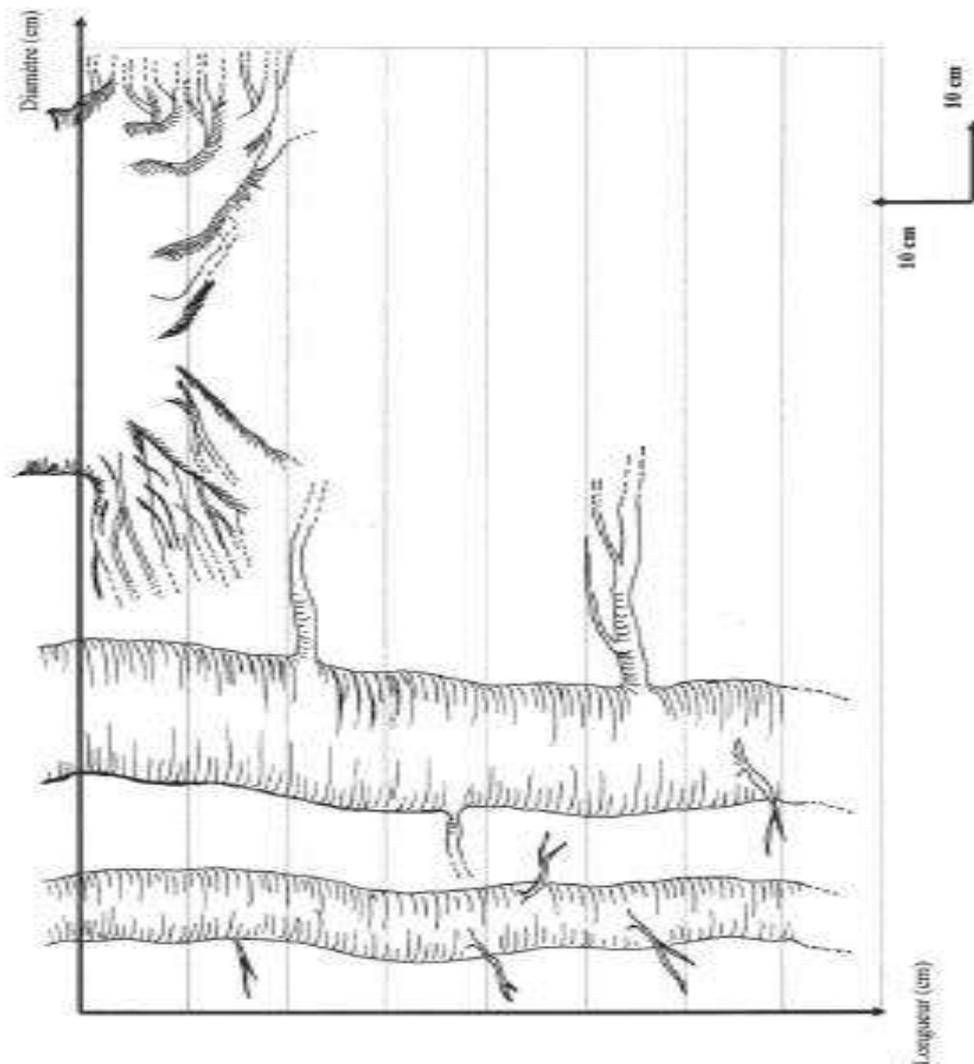
(HANNANI, 2011)

### 3.6. Les racines

Selon **BENSAID et al., (1996)**, le taxon est considéré comme étant le plus xérophile des angiospermes arborescentes, essentiellement par son système racinaire pivotant et très puissant, puisant l'eau en profondeur allant au-delà de 30 mètres. Le système racinaire de l'*Acacia raddiana* joue un rôle décisif dans le contrôle du niveau d'hydratation interne de l'individu. Cette constatation est évoquée par plusieurs chercheurs qui ont signalé l'activité floristique des populations dans les zones déficitaires, notamment les sites désertiques en saisons sèches où les plantes commencent à fleurir dans ces conditions édapho-climatiques sévères engendrant des déséquilibres entre le potentiel matriciel du sol et la tension de la sève.

Elles sont de deux types, un de type pivotant (**LOGBO et al.,2006**), sans ramifications pour les individus de jeunes âges (**BEN SALEM et al., 2008**). Pour ceux de l'âge moyen le type pivotant persiste, sauf que jusqu'à une profondeur de 80 cm, les ramifications sont horizontales et de circonférences plus importantes. Les individus de la 3<sup>ème</sup> classe présentent une ramification plus étendue et dans toutes les directions, la prolongation horizontale des racines secondaires en dégagant le sol a faciliter la prise des mesures de circonférence et les schématiser. L'architecture combinée du système racinaire horizontale et verticale permet à l'arbre de coloniser le sol (**LOGBO et al.,2006**), et contribuent également dans l'exploration du milieu et dans l'édification du système racinaire, ce qui donne à l'espèce son caractère phréatophyte (**WARD, 2009**). De ce fait, un rapport très important s'établit entre la biomasse racinaire et la biomasse aérienne (**DRENOU,2006**).

Pour une hauteur de plante de 25 cm et une circonférence de tige de 10 cm, la racine dépassait 75cm de longueur. (**Figure.11**).



**Figure 11: Profil racinaire de *Vachellia raddiana* en fonction de 3 classes d'âge ; jeune (a), moyen (b) et adulte (c) (HANNANI, 2011)**

#### **4. L'écologie de l'*Acacia raddiana***

Le taxon *Acacia raddiana* est présent de l'Arabie méridionale à l'Afrique orientale allant jusqu'au Sénégal (BATANOUNY et BAESHIN, 1982). Il est réputé pour son caractère xérophyte supportant des milieux déficitaires en eau avec une pluviométrie de l'ordre de 50 mm, il exprime aussi une résistance aux importantes différences de températures (VASSAL, 1996).

D'après (LE FLOC'H et GROUZIS, 2003), ce taxon, de très large répartition, est présent à la fois sous bioclimat tropical sec et aride du Sahel et du Sahara, mais également sous bioclimat méditerranéen aride et semi-aride. Le taxon présente une plasticité envers l'altitude,

allant de 0 (le niveau de la mer au Sénégal), jusqu'à 2100 m dans l'Hoggar malgré qu'à cette altitude les sujets deviennent chétifs. Dans les notes de MAIRE, l'espèce a été rencontrée fréquemment, lors de la mission de l'auteur en 1933, dans les lits sablonneux limoneux et pierreux des Oueds et les zones d'épandage, montant aussi dans le massif du Hoggar, où il est appelé « Abser », juste vers 1800-1900 m, et exceptionnellement, par pieds isolés et buissonnants, jusqu'à 2100 m.

## 5. Intérêts d'*Acacia raddiana*

*Acacia raddiana* constitue une essence végétale aux propriétés multiples, toutes les parties du végétal étant utilisées. Il est partout reconnu d'un grand intérêt fourrager (riche en matières azotées digestibles) pour ses feuilles, gousses, jeunes rameaux et même épines, et plus particulièrement pour les chèvres et les dromadaires (ASTEDU et al., 1994).

(Audru et al., 1994) signalent qu'à Djibouti les éleveurs lancent leurs chèvres sur le houppier de ce taxon pour leur permettre d'en brouter les feuilles. Les fleurs et fruits sont éventuellement collectés par les bergers et distribués aux chèvres (SCHULZ et AMADOU 1992). Elle assurait la survie des nomades en leur fournissant de l'ombre, et un excellent bois de feu et de charbon, avec un haut pouvoir calorifique. Le charbon de bois qu'elle procure est également apprécié jusqu'à aujourd'hui.

Il s'agit en outre d'un bois d'oeuvre (grosses racines, troncs) assez recherché. En outre, ce taxon est capable d'enrichir le sol en azote (ZAHARAN, 1999). L'individu nodule et fixe l'azote atmosphérique grâce à une association symbiotique avec une bactérie du genre *Rhizobium*.

### 5.1. Intérêt phyto-thérapeutique

Du point de vue phytochimique, des recherches basées sur les résultats de l'étude taxonomique, ethno-pharmacologique et les tests biologiques de l'espèce ont mis en évidence des métabolites secondaires (polyphénols). (BELHADJADJI et al., 2008). Les gousses et les feuilles sont utilisées, selon (Le FLOC'H et GROUZIS 2003), dans l'alimentation humaine de façon occasionnelle (en cas de disette), ainsi que l'alimentation du bétail (RICHARD, 1989 ; KIEMA et al., 2008). Cependant, elles sont utilisées dans les soins traditionnels (S.I.F.O.R, 2009).

En effet, Les feuilles pilées avec du haricot, sont employées dans le traitement des dermatoses allergiques, des œdèmes et dans certaines affections de la peau. Elles sont également utilisées dans les soins des cheveux, le traitement de la teigne.

Les fruits sont utilisés contre les inflammations et les maux de dents.

L'écorce de l'*Acacia raddiana* a des propriétés vermifuges et guérissent les maladies de peau, la poudre de l'écorce séchée est saupoudrée sur les plaies pour les désinfecter et les faire cicatriser (**BELLAKHDAR, 1997**).

La gomme d'*Acacia raddiana* dissoute dans de l'eau intervient comme collyre dans le traitement des affections oculaires surtout au Sahara. Elle est aussi utilisée par voie orale, dans les maladies pulmonaires et les inflammations de l'appareil bucco-pharyngé (toux, asthme, laryngites...) et dans l'ictère.

Cette gomme mélangée avec les feuilles de *Maerua crassifolia* Forsk. est administrée par voie orale dans les affections hépatiques. Au Sahara également, la poudre de racine sèche est utilisée contre les troubles de l'estomac.

## **Chapitre III : Germination**

### **1. La graine et la germination**

#### **1.1. Définition**

La germination est une période transitoire au cours de laquelle la graine qu'était à l'état de vie latente, manifeste une reprise des phénomènes de multiplication et d'allongement cellulaire (DEYSSON, 1967).

La germination correspond au passage de l'état de vie ralentie à l'état de vie active, que les réserves qui jusque là assuraient le métabolisme résiduel de l'embryon vont être activement métabolisées pour assurer la croissance de la plantule (JEAM et al., 1998).

### **2. Morphologie et physiologie de la germination**

#### **2.1. Morphologie de la graine**

La graine s'imbibé d'eau et se gonfle, le tégument se fend et la radicule émerge et s'oriente vers le milieu (sol) selon un géotropisme (gravitropisme) positif. Puis, la tigelle émerge et s'allonge vers le haut (le ciel). Les téguments de la graine se dessèchent et tombent (MEYER et al., 2004).

#### **2.2 Physiologie de la germination**

Au cours de la germination, la graine se réhydrate et consomme de l'oxygène pour oxyder ses réserves en vue d'acquies l'émerge nécessaire. La perméabilité du tégument et le contact avec les particules du sol conditionnent l'imbibition et la pénétration de l'oxygène. Les réserves de toute nature sont digérées (MICHEL, 1997).

### **3. Condition de la germination**

#### **3.1. Condition internes de la germination**

Les conditions internes de la germination concernent la graine elle-même, qu'elle doit être vivante, mûre, apte à germer (non dormante) et saine (JEAM et al., 1998).

#### **3.2. Condition externes de la germination**

La graine exige la réunion de conditions extérieures favorables à savoir l'eau, l'oxygène, et la température (SOLTNER, 2007).

Selon CHAUSSAT et al., (1975), La germination exige obligatoirement de l'eau, celle-ci doit être apportée à l'état liquide. Elle pénètre par capillarité dans les enveloppes. Elle est remise en solution dans les réserves de la graine, pour être utilisée par l'embryon, et provoque le gonflement de leurs cellules, donc leur division (SOLTNER, 2007).

##### **3.2.1. L'oxygène**

La germination exige obligatoirement de l'oxygène (SOLTNER, 2007).

Selon **MAZLIAK (1982)**, une faible quantité d'oxygène peut être suffisante pour permettre la germination.

D'après **MEYER et al., (2004)**, l'oxygène est contrôlé par les enveloppes qui constituent une barrière, mais en même temps une réserve.

### **3.2.2. La température**

La température a deux actions :

Soit directe par l'augmentation de vitesse des réactions biochimiques, c'est la raison pour laquelle il suffit d'élever la température de quelques degrés pour stimuler la germination (**MAZLIAK,1982**), soit indirect par l'effet sur la solubilité de l'oxygène dans l'embryon (**CHAUSSAT et al., 1975**).

## **4. Types de germination**

### **4.1. Germination épigée**

La graine est soulevée hors du sol car il y a un accroissement rapide de la tigelle qui donne l'axe hypocotyl qui soulève les deux cotylédons hors du sol. La gemmule se développe (après la radicule) et donne une tige feuillée au-dessus des deux cotylédons. Le premier entre noeud donne l'épicotyl. Les premières feuilles, au dessus des cotylédons sont les feuilles primordiales (elles sont plus simples par rapport aux que les futures feuilles) (**AMMARI. 2011**).

### **4.2. Germination hypogée**

La graine reste dans le sol, la tigelle ne se développe pas et les cotylédons restent ainsi dans le sol (**AMMARI. 2011**).

## **5. Différents obstacles de la germination**

Ce sont tous des phénomènes qui empêchent la germination d'un embryon non dormant (ce qui donne naissance à la nouvelle plante et constitue la partie vivante et active de la semence) placé dans des conditions convenables (**MAZLIAK ,1982**).

En effet, l'inaptitude à la germination de certaines graines peut être d'origine tégumentaire, et/ou embryonnaire due à des substances chimiques associées aux graines, ou à une dormance complexe (**BENSAID, 1985**).

Des graines qui ne germent pas, quelles que soient les conditions de milieu, sont des graines dites « dormantes », et leur dormance peut concerner soit les téguments, on parle alors plutôt d'inhibitions tégumentaires, soit l'embryon, on parle alors de dormance au sens strict, soit les deux à la fois (**SOLTNER, 2001**).

### 5.1. Dormance embryonnaire

Dans ce cas les inaptitudes à la germination résident dans l'embryon et constituent les véritables dormances. L'embryon peut être dormant au moment de la récolte des semences on appelle « dormance primaire ». Dans d'autre cas, l'embryon est capable de germer mais il perd cette aptitude sous l'influence de divers facteurs défavorables à la germination on parle alors de « dormance secondaire » (CHAUSSAT *et al.*, 1975)

### 5.2. Inhibitions tégumentaires

Les dormances tégumentaires peuvent provenir : d'une imperméabilité à l'eau ou à l'oxygène ou aux deux, c'est le cas des « graines dures » (SOLTNER, 2001).

La levée de l'inhibition tégumentaire des graines constitue un facteur adaptatif important pour la survie de l'espèce, puisqu'elle permet le maintien d'un stock de graine et leurs viabilité dans le sol.

D'après MAZLAIK (1982), les inhibitions tégumentaires peuvent être facilement définies par : des semences qui sont caractérisées ;

- des enveloppes totalement imperméables à l'eau.
- des enveloppes séminales qui ne sont pas suffisamment perméables à l'oxygène.
- des enveloppes trop résistants pour que l'embryon puisse les rompre.

### 5.3. Inhibitions chimiques

Les inhibitions chimiques sont certainement plus rares dans les conditions naturelles. Leurs nature exacte reste généralement inconnue, car elles n'ont pas souvent été isolées (MAZLIAK, 1982).

## 6. Ecologie de la germination d'*Acacia raddiana*

L'influence de trois facteurs environnementaux (température, lumière et contrainte hydrique) sur la germination des graines d'*Acacia raddiana* est étudiée. La germination d'*Acacia raddiana* est optimale (supérieure à 90 %) dans une gamme de températures comprises entre 20 et 35 °C. Les températures de 15 et 40 °C sont sub-optimales (germination de 50 à 75 % des graines) d'après GROUZIS et LE FLOC'H (2003).

Aux températures élevées (45 °C), aucune graine ne germe. Ainsi, à la température de 15 °C, *Acacia raddiana* germe significativement mieux que *Acacia nilotica* mais moins bien que *Acacia Sénégal*, et à 40 °C, *Acacia raddiana* germe mieux que les deux autres espèces. Ce résultat confirme les conclusions de TEKETAY in GROUZIS et LE FLOC'H (2003), qui indiquent que la majorité des légumineuses de zones sèches germent à des températures

comprises entre 15 et 40 °C, correspondant aux températures qui prévalent dans les aires arides ou semi-arides.

Un essai a comparé la capacité germinative des graines d'*Acacia raddiana* à la lumière du jour et à l'obscurité totale. Les résultats obtenus ne montrent aucune différence significative.

La germination des graines d'*Acacia raddiana* n'est donc pas sensible à la lumière. Cette constatation confirme que, comme la plupart des légumineuses (fabaceae), en l'occurrence, ce l'*Acacia raddiana* a des semences non photosensibles (NDOUR et DANTHU, 2004).

L'effet d'une contrainte hydrique ou saline sur la germination d'*Acacia raddiana* a été étudié par NDOUR et DANTHU (2004). Ces auteurs montrent qu'*Acacia raddiana* est une des espèces d'Acacias africaines dont la germination est la moins perturbée par la présence de sel.

### 7. Procédé d'amélioration de la faculté germinative

Depuis les travaux fort anciens de BECQUEREL in GROUZIS et LE FLOC'H (2003) il est très largement démontré que les graines de légumineuses ont des téguments imperméables à l'eau et à l'oxygène et nécessitent une scarification permettant l'imbibition et la suite la germination. Cette dormance d'origine tégumentaire, ou plus exactement cette inhibition tégumentaire, puisque l'embryon, débarrassé du tégument de la graine, est apte à germer (CÔME, 1970), peut différer la germination d'une graine pendant plusieurs années.

La structure histologique des graines d'*Acacia raddiana* est caractéristique de l'ensemble des Fabacées (légumineuses). Le tégument des graines a une épaisseur au niveau de l'écusson, variant entre 220 et 260 µm.

Il comporte, de l'extérieur vers l'intérieur de la graine- une cuticule cireuse fine;

- une couche de cellules pallissadiques, les cellules de Malpigi disposées radialement et dont l'épaisseur est comprise entre 80 et 90 µm

- une couche de cellules en forme de sablier, les ostéoslérides, nettement séparées les unes des autres;

- un tissu parenchymateux interne composé de cellules à parois celluloses l'imperméabilité des graines est due en grande partie, aux cellules pallissadiques constituées d'hémicellulose et de pectine qui deviennent dures et hydrophobes dans les derniers stades de maturation des graines. Les ostéoslérides auraient un rôle dans l'absorption des déformations mécaniques et donc dans la résistance des graines aux chocs.

Il faut aussi noter que la structure du tégument des graines n'est pas uniforme. Il existe des points particuliers, le hile (cicatrice du funicule) et, surtout, le strophiole (lentille), qui sont des zones de faiblesse et les principaux points initiaux d'entrée de l'eau après scarification.

La levée de l'inhibition tégumentaire d'une graine n'est donc pas nécessairement réalisée par la destruction de la totalité du tégument séminal.

Elle peut l'être par une scarification ponctuelle du tégument et en particulier du strophiole.

Celle-ci peut se produire naturellement en réponse à des chocs mécaniques, chimiques ou thermiques.

Ces graines peuvent survivre ainsi plusieurs années, passer sans dommage des conditions défavorables à la germination et à la survie de la plantule - sécheresse, feux de brousse, par exemple - et germer lorsque les conditions écologiques deviennent favorables.

Toutes les autres graines nécessitent une scarification du tégument afin de le rendre perméable à l'eau. In situ, la scarification peut se faire par des chocs, ou par passage du feu.

Certains auteurs estiment que la digestion par les animaux a un effet scarificateur.

De plus, les résultats obtenus restent très nettement inférieurs à ceux mesurés à manuelle ou chimique. Ce comportement peut être rapproché de l'absence d'effet scarificateur mis en évidence sur ces espèces après passage par le tractus digestif de divers ruminants domestiques (**GROUZIS et LE FLOC'H, 2003**).

Il est une preuve supplémentaire de l'extrême dureté de ces graines, qui est une adaptation aux conditions écologiques régnant en zone sèche.

C'est pourquoi de nombreux travaux ont eu pour objectif de mettre au point des méthodes contrôlées de levée de l'inhibition tégumentaire des graines

La méthode la plus efficace pour lever cette dormance tégumentaire consiste en un trempage dans une solution d'acide sulfurique concentré pendant une heure environ.

La scarification manuelle peut être aussi employée. Mais ces méthodes posent le problème de leur utilisation à grande échelle par les structures de développement.

Le passage d'un feu courant n'est pas un élément inducteur de la germination des semences d'*Acacia raddiana*. Ce constat implique donc qu'en zone de savane sèche, il n'est pas possible d'envisager le feu comme un auxiliaire du reboisement ou de la régénération des peuplements de cette espèce. C'est pourquoi, des moyens fiables et sans risque de produire des plants d'*Acacia raddiana* dans des structures à faible technicité ont été recherchés.

L'utilisation du « canon à graines » dont le principe consiste à projeter les graines contre une paroi métallique induisant une fissuration ou une fracture du tégument des semences donne des résultats satisfaisants.

Les taux de germination dix jours après le semis des graines traitées par le canon tournant à la vitesse de 4 000 tr.min,1 sont aussi bons que ceux obtenus après scarification manuelle ou traitement par l'acide sulfurique (JAOUADI *et al.* 2004). Parmi les espèces étudiées, *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* présente le pouvoir germinatif le plus élevé (55 % à une concentration de NaCl de 15 g/l) et par conséquent la plus grande tolérance au stress salin.

Les traitements les plus efficaces se classent essentiellement en deux grands groupes.

1. Traitements humides: eau bouillante ou chaude, acides, solvants organiques, alcools;
2. Traitements à sec: chaleur sèche, micro-ondes, choc, percussion, scarification manuelle ou mécanique.
3. Traitements biochimiques :Solution exothermique comme celle de *Capssicum*

*Partie 2*

*Matériel et méthodes*

---

## Chapitre I. Méthodologie du travail

### 1. Objectif

L'objectif de la présente étude est d'étudier les effets de six niveaux de stress salin (NaCl et sel naturel) d'ordre ascendant sur deux indices de germination des graines d'*Acacia raddiana*, sous conditions contrôlées.

### 2. Matériel et méthodes

#### 2.1. Matériel végétal (graine)

Le matériel végétal utilisé est constitué d'une seule espèce d'*Acacia raddiana*, les graines d'*Acacia* sont récoltées de la wilaya de Tamanrasset (ELOUASSIS, 2019). La forme de la graine est elliptique et d'une couleur marron à maturité (Figure.12).



Figure 12: Graine mure d'*Acacia raddiana*

#### 2.2. Préparation des solutions salines

La solution saline a été préparée à base de NaCl (Figure.13) avec différentes concentrations (2, 4, 6, 8,10 et 12 g/l), et le sel naturel de d'El-Ménia (Figure.14) avec les mêmes concentrations (2,4, 6, 8,10 et 12 g/l) (Tableau 2).

Tableau 2:Préparation de la solution de sel à base de NaCl et la solution d sel naturel de d'El- Ménia .

NaCl (g/l)	2	4	6	8	10	12
Sel naturel (g/l)	2	4	6	8	10	12



**Figure. 13: Différentes concentrations de NaCl.**



**Figure. 14: Différentes concentrations de sel naturel (d'El-Ménia)**

### 2.3. Préparation des graines

Les téguments des graines ont une structure anatomique typique des espèces du genre *Acacia*, ce qui entraîne une forte inhibition tégumentaire de la germination. Cela, implique qu'une scarification naturelle ou artificielle du tégument est nécessaire pour permettre l'imbibition et la germination des graines (BENKHALFOUNE, 2011). Les semences sont prélevées d'une région désertique où l'effet physique du vent de sable est remarquable sur la végétation (agresseur physique). A cet effet, et par analogie nous avons utilisé le sable comme moyen de scarification.

Pour lever l'inhibition tégumentaire, nous avons procédé à :

La première étape, les graines ont subi une de stérilisation 5-5-5 qui consiste en une immersion dans l'hypochlorite de sodium 5% pendant 5 min (Figure.16), puis dans l'acide acétique 5% pendant 5 min et enfin un rinçage à l'eau distillée (HANNANI, 2018) (Figure.15).

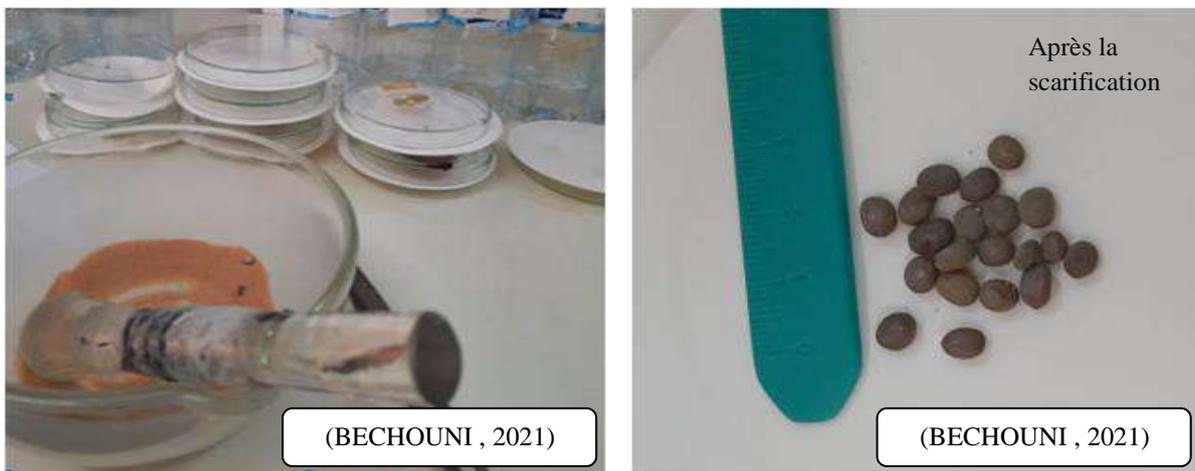
La deuxième étape est de scarifier les graines par le mortier-pilon contenant de sable stérilisé, pendant 5 à 10 mn (scarification physique) (**Figure.17**). Les graines sont ensuite mises dans des boîtes de Pétri à raison de 20 graines chacune, dans un lot de 5 répétitions pour chaque concentration, certaines ont été immergées de solution NaCl et d'autres de sel naturel, sur une paillasse désinfectée à proximité d'un bec bunsen (**Figure.18**).



**Figure 15:Préparation des solutions de l'hypochlorite de sodium et l'acide acétique**



**Figure 16:Préparation des graines pour la germination**

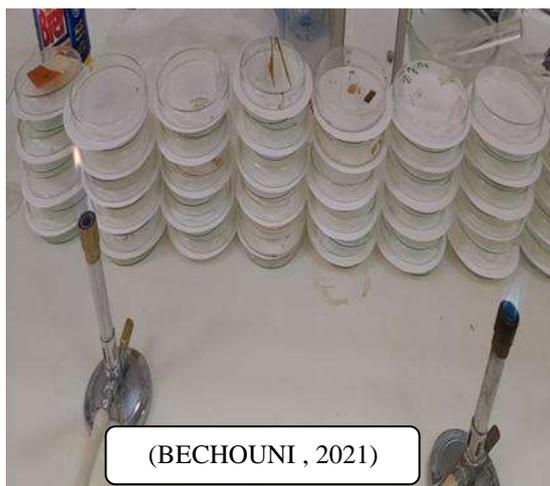


**Figure(17) : Scarification des graines par le mortier-pilon (sable stérilisé)**

#### **2.4. Préparation de la germination :**

Avant de mettre les semences en germination, les boîtes de pétri sont soumises à la stérilisation, sous température de 105°C, pendant 30 minutes. Après la phase de stérilisation, les boîtes de Pétri sont couvertes par deux couches de papiers absorbants (Papier filtre Whatman), 20 graines sont placées dessus et ensuite couvertes par une 3<sup>ème</sup> couche. Par la suite, les échantillons ont été humidifiés avec 10 ml d'eau distillée pour le témoin et 10 ml de chaque solution fille de sel (NaCl/sel naturel), (05) répétitions pour chaque dose de concentration (**Figure.19**) .

Les boîtes sont mises dans l'étuve, réglée sur une température de 25°C (**Figure.20**). Selon **JAOUADI et al., (2010)**, la température de germination optimale est d'environ 25 °C.



**Figure 18 : Préparation des boîtes de pétri.**

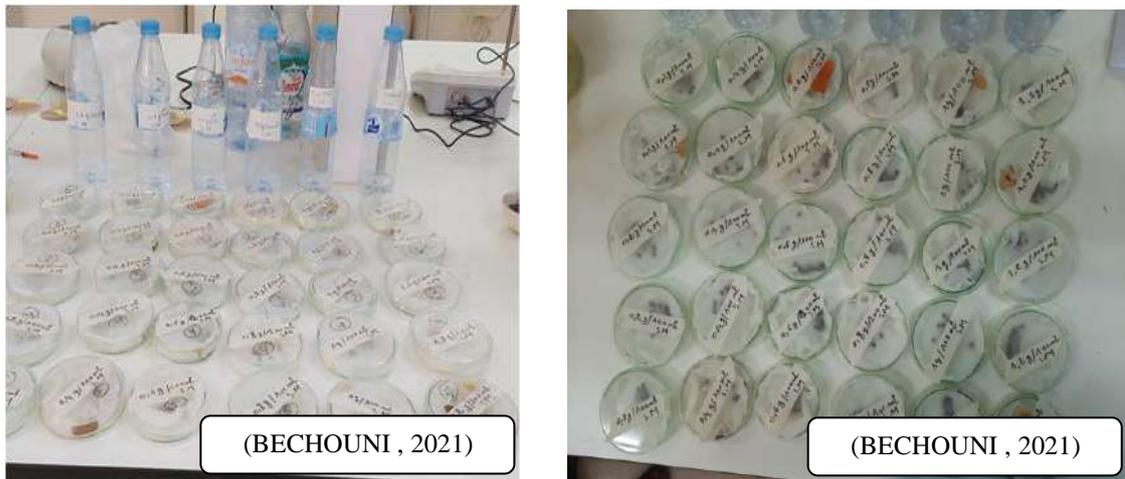


Figure 19 : Application du stress Salin (solution de NaCl, solution de sel d'El-Menia)



Figure 20: Conditions de germination.

Des observations quotidiennes permettent de noter :

#### ❖ Taux de germination

C'est le pourcentage de germination maximale ou taux de germination maximale, obtenu dans les conditions choisies par l'expérimentateur, il dépend des conditions de germination et des traitements subis par les semences (MAZLIAK, 1982)

$$\text{Taux de germination} = \frac{\text{Nombre des graines germées}}{\text{Nombre totale mis en germination}} \times 100.$$

#### ❖ Délai de germination

Le délai de la germination des graines correspond au temps séparant l'incubation (J0) et le temps de la première graine germée dans un lot donnée (J1) :

$$\text{Délai de germination} = J1 - J0, \text{ et est exprimé en jours.}$$

### ❖ Analyses statistiques des résultats

Pour montrer l'effet des différentes concentrations des sels sur le délai et le taux de germination des graines de l'espèce *Acacia raddiana*, nous avons réalisé des tests statistiques à savoir :

- Test de Normalité.
- ANOVA pour montrer l'effet significatif des concentrations de sels sur le taux et le délai de germination de graines.
- ACP pour révéler la corrélation de différentes concentrations de sels avec le taux et le délai de germination.

### 3. Analyses physico-chimiques de sel (d'El-Menia)

Une analyse physico-chimique comprenant les mesures de la conductivité, du pH, des ions majeurs de chlorure et de sodium.

Les analyses physiques sont effectuées à l'aide des appareils de mesure et lecture directe des résultats, et les analyses chimiques sont caractérisés par l'utilisation des réactifs chimiques et utilisent des appareils pour faciliter la lecture des résultats.

#### 3.1. Échantillons :

L'échantillon utilisé est prélevé de plateau Tademaït à El-Menia (**Figure.21**).



**Figure 21: Échantillon de sel El-Ménia**

La région d'El-Goléa est située dans le centre de l'Algérie, elle est composée d'El-Ménia et Hassi El Gara qui forme une oasis. Créé sur les bords d'oued Seggeur. Situé à une latitude de 30°35'Nord et une longitude de 02°52'Est, son altitude moyenne atteint 396m cet ensemble est bordé par l'immense partie du grand Erg occidental côté Ouest et à l'Est on trouve la falaise de Hamada qui forme le plateau de Tademaït.

Loin de la capitale (Alger) de 900 km et de 470 km du pied de l'atlas saharien. Le site est un lieu de transit important vers le grand sud saharien et le Niger. Les oasis voisines sont :

- In Salah à 400 km au sud.
- Ghardaïa à 270 km au Nord-Est.
- Timimoune à 360 km Sud-Ouest.
- Ouargla à 410 km à l'Est.

Il constitue actuellement un lieu de rencontre des voies venant du côté Ouest du Saoura (Adrar, Timimoune) et du plein sud (Tamanrasset, In Salah et Niger), et la route nationale projetée de l'est (Hassi Messaoud, Ouargla), sa position géographique et géostratégique attire les populations voisines, comme elle permet d'établir un équilibre spatial et fonctionnel pour l'ensemble de la wilaya, et lui offre un statut d'une zone militaire importante.

La région d'El-Goléa est située sur un niveau alluvial ancien creusé dans un plateau caillouteux dont les assises géologiques appartiennent au cénomani.

- **Le lac (Sebkhat El Mellah):** C'est une dépression endoréique d'une superficie 18.947 hectares constituée de sols salés qui se compose de deux plans d'eau, un bassin supérieur, à salinité modéré, très riche du point de vue de la diversité biologique et s'assimilant à un étang, et une sebkha, ou lac salé, dénudé dont les berges constituent un lieu des cristallisations de sel. (NAAMI, 1996).

### 3. 2. Matériels et appareillages :

#### 1/. Mesure de la conductivité

Un conductimètre est un capteur qui permet de mesurer la capacité d'une solution à conduire le courant entre deux électrodes. (DIALLO et *al.*, 2014) (Figure.22).



**Figure 22: Conductimètre HANNA Ec 214**

Un conductimètre est un capteur qui permet de mesurer la capacité d'une solution à conduire le courant entre deux électrodes. (DIALLO et *al.*, 2014).

## 2/ Mesure de pH (potentiel hydrogène)

Le pH (potentiel hydrogène) permet de mettre en évidence les espèces chimiques présentes dans un échantillon. Il donne une indication de l'acidité d'une substance. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium ( $H^+$ ) ou d'ions hydroxyde ( $OH^-$ ) contenus dans la substance. Le pH d'une substance varie entre 1 et 14. On parle alors de pH acide, de pH neutre ou de pH basique. (TOLOJANAHARY, 2014). (Figure.23).



**Figure 23: pH mètre HANNA HI 8014**

Un pH-mètre est un appareil, souvent électronique, permettant la mesure du pH d'une solution

## 3/ Détermination de la teneur en sodium

La concentration en sodium du sel naturel est déterminée par spectrométrie à flamme, dont le principe de fonctionnement sur l'excitation des atomes. Lorsque les atomes d'un élément sont excités par une flamme, ils émettent des radiations de longueur d'onde déterminée dont l'intensité peut être mesurée par spectrométrie.

La concentration initiale du cation à doser est déduite de la valeur absolue de l'intensité de l'émission spectrale mesurée. (TOLOJANAHARY, 2014). (Figure.24).

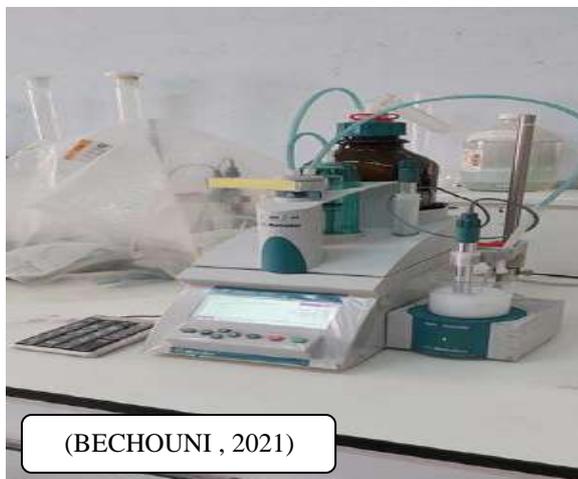


**Figure 24: Photomètre à flamme PFP7( JENWAY)**

La spectrophotométrie à flamme qui permet de doser le  $Na^+$  à l'aide d'une flamme

#### 4/.Détermination de la teneur en chlorure par la méthode potentiométrique :

Le Titrino plus est prévu pour être utilisé comme titreur dans des laboratoires d'analyse. Son principal domaine d'application est le titrage volumétrique (**Figure.25**).



**Figure 25: Titrino Metrohm**

Le présent appareil est adapté au traitement de produits chimiques et d'échantillons combustibles.

L'utilisation du Titrino plus exige donc de l'utilisateur des connaissances fondamentales et de l'expérience dans la manipulation des substances toxiques et corrosives. En outre, des connaissances en matière de prévention des incendies sont requises telles qu'elles sont prescrites dans les laboratoires (**METROHM , 2015**).

*Partie3*

*Résultats et discussion*

---

## Chapitre I : Résultats et Discussions

Les résultats d'analyses sont présentés sur des tableaux où sont indiqués la nature des échantillons, la date de l'analyse et du laboratoire.

### 1. Paramètres de germination

Ce taux est obtenu par l'addition des taux quotidien des graines germées dans le début jusqu'à la fin de la germination par rapport à la moyenne de différente concentration de solution salin pendant 18 jours. Il faut étudier deux indices de germination, à savoir le taux (%) et le délai (jrs)

#### 1.1. Taux de germination

L'analyse des moyennes du taux de germination *Acacia raddiana* a montré que les deux solutions Chlorure de Sodium (NaCl) et le sel d'El-Menia n'a pas différents (**Figure. 26**). D'après les résultats, on distingue une diminution du taux de germination comparativement au control+ (acide sulfurique pure) et ceci pour les six concentrations (2, 4, 6, 8, 10, et 12 g/l) par rapport au control- (l'eau distillée). Ceci est peut être du à la toxicité des 2 types de sel.

Dans les deux solutions à savoir le chlorure de sodium (NaCl) et le sel de El-Ménia avec la concentration 2 g/l, nous constatons que les graines ont germé avec un taux faible (1%), par contre la concentration 4g/l a donné un meilleur taux de germination à savoir 3% .Alors que dans les concentrations 6,8,10,12g/l, le taux de germination a enregistré 1%.

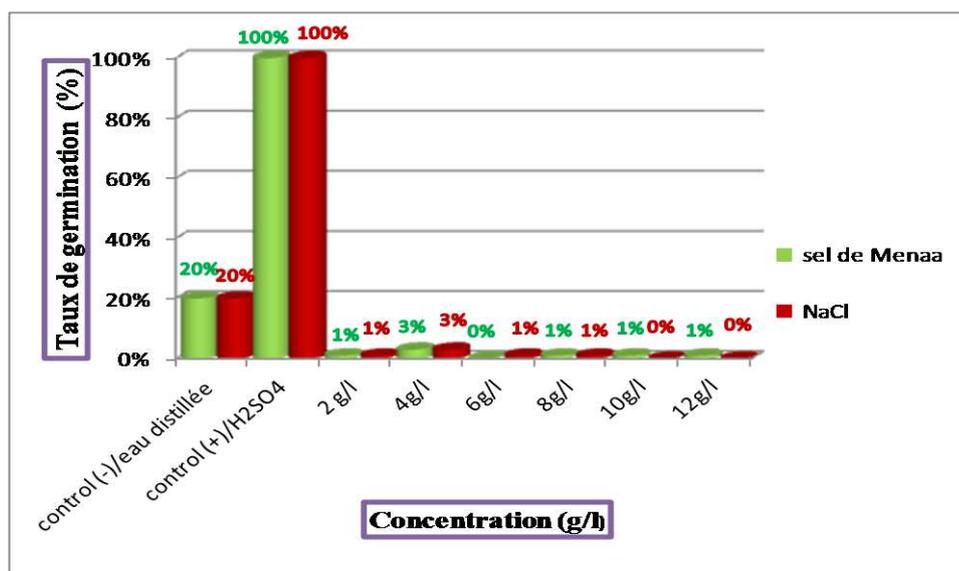
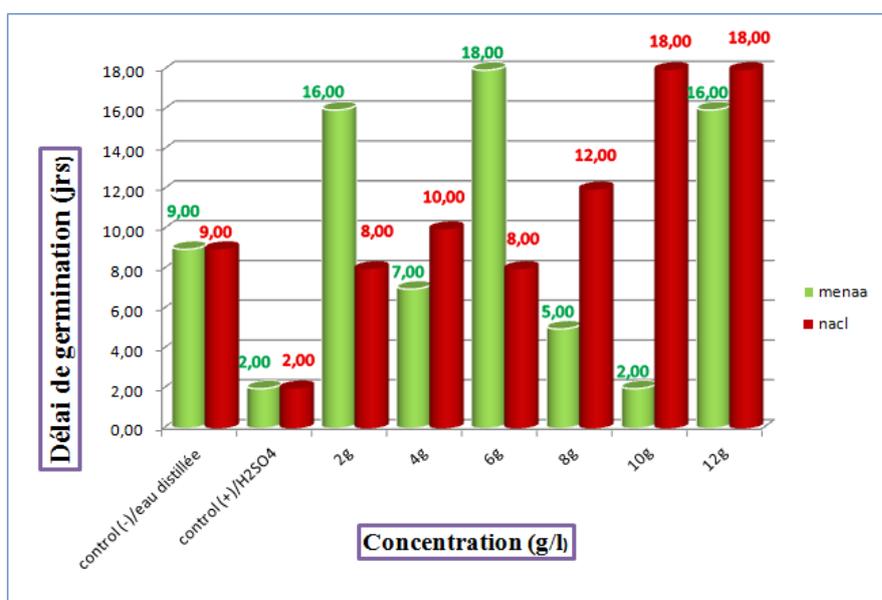


Figure 26: Taux de germination suivant la concentration

## 1.2. Délai de germination

D'après les résultats dans la (Figure.27), nous constatons que l'utilisation des deux types de sels (NaCl et sel naturel d'El-Menia) avec des concentrations (4g/l), favorisent la germination rapide de semence avec un délai entre 07 et 08 jours, contrairement dans les concentrations faibles (2g/l) où les plus élevée (12g/l) nous constatons que le délai est élevée (16 à 18 jours). Les résultats de témoin de l'acide sulfurique confirment que la concentration élevée favorise la germination rapide des graines, contrairement aux résultats de celles traitées à l'eau distillée la germination est presque nulle.



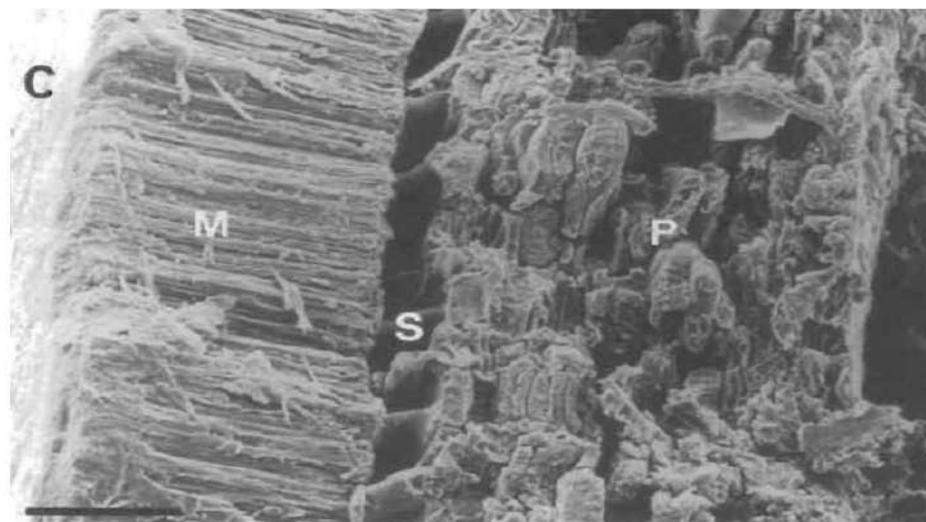
**Figure 27: Délai de germination en fonction des concentrations de sel d'El-Ménia et de NaCl.**

En effet, le faible taux de germination est peut-être dû à la composition minérale du sel. Les analyses chimiques réalisées ont montré que le sel naturel est pure où les ions de chlorure ( $\text{Cl}^- = 4740 \text{ mg/l}$ ) sont les mêmes aux ions de sodium ( $\text{Na}^+ = 3449.26 \text{ mg/l}$ ), ce qui engendre un sel pur.

Selon **COUDRET (2014)**, en présence d'ions  $\text{Na}^+$ , les ions  $\text{SO}_4^{2-}$  sont moins inhibiteurs que les ions  $\text{Cl}^-$ . En présence d'ions  $\text{Mg}^{+2}$ , il n'est pas possible de conclure étant donné qu'à côté de la nature des ions, la pression osmotique peut intervenir d'une manière importante puisque la solution de  $\text{MgSO}_4$  la plus concentrée a une pression osmotique à peine égale à celle de la solution de  $\text{MgCl}_2$  à 170 milli-ions gramme de  $\text{Cl}^-$  par litre.

Selon nos résultats, la plupart des graines n'ont pas pu germées (taux de germination faible de 1 à 3%). Cela, est peut-être dû à la perturbation dans l'échange cationique entre le

milieu de culture et la membrane de la semence, suite à la concentration de sel qui peut provoquer une certaine toxicité. Selon **ZHANG et al., (2015)**, le chlorure de sodium affecte également la perméabilité de la membrane plasmique en augmentant le flux d'ions externes et les solutions du flux du cytosol après le traitement par le sel. De plus, il augmente la rigidité pariétale et diminue la conductance fluïdique de la membrane plasmique (**LIU et al., 2016**).



C : cuticule ; M : couche de cellule de Malpighi ; S : cellule en sabliers ; P : tissus parenchymateux ; ( la barre représente 50 um) (**GROUZIS et LE FLOC'H, 2003**).

**Figure 28: Vue en microscope électrique à balayage d'une coupe de tégument d'*A.raddiana***

L'absorption des ions de sodium a des effets toxiques sur la germination des graines, principalement par la perturbation du mouvement de  $Ca^{+2}$  et  $Na^{+}$  au niveau de la paroi cellulaire qui pourrait perturber sa synthèse et, par conséquent, empêcher la croissance de la radicule (**BEKHRAD et al., 2016**).

La présence de doses élevées en NaCl entraîne la diminution du potentiel osmotique du milieu, cela peut retarder ou empêcher l'absorption de l'eau nécessaire pour la germination (**MIRMAZLOUM et al., 2010**). Aussi une forte concentration en chlorure de sodium peut entraîner l'accumulation des ions de  $Na^{+}$  et  $Cl^{-}$  dans l'embryon, et contribue ainsi à l'altération des processus métaboliques de la germination voir même à la mort de l'embryon par excès d'ions (**HAJLAOUI et al ., 2007**)

En comparaison des résultats obtenus sur la germination par rapport aux témoins (Controle + et Controle -), nous constatons que la germination est faible pour le témoin "eau distillée" (C-). En revanche, le témoin "acide sulfurique" (C+) a enregistré un taux de germination élevé. Cela est dû peut être à l'effet de l'acide sulfurique sur la cuticule épaisse

de la semence. Ce qui explique que la cause de faible germination de graines dans les différentes concentrations de sel naturel et sel synthétique (NaCl) est attribuée à leur faible concentration...à préciser. Selon **ELOUASSIS (2019)**, la scarification à l'acide sulfurique permet d'avoir un démarrage plus rapide de la germination et des taux de germination plus élevés, comparativement avec les autres prétraitements testés à savoir la scarification mécanique (papier abrasif,...etc) ou à l'eau bouillante, traitement *Capssicum*.

## 2. Paramètres physico-chimiques de sel (El-Ménia)

### 2.1. La conductivité électrique

**Tableau 3: Résultats des analyses physique**

La conductivité électrique d'une solution résulte de la présence et de la mobilité des ions à l'intérieur de la solution. Elle dépend de la nature de la concentration des ions, ainsi

Échantillons	Sel El-Ménia	Dates des analyses	Laboratoires
Conductivité Température	9.0 ms /cm 23 °C	27 Avril 2021	Laboratoire de contrôle de qualité à Ouargla

que de la température. La solution aqueuse de chlorure de sodium conduit le courant électrique car le NaCl se dissout bien dans l'eau en cations  $\text{Na}^+$  et anions  $\text{Cl}^-$ .

### **-/.Relation existant entre la minéralisation et la conductivité (TOLOJANAHARY,2014)**

Conductivité < 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  : Minéralisation très faible ;

100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  < Conductivité < 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  : Minéralisation faible ;

200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  < Conductivité < 333  $\mu\text{S}/\text{cm}$  : Minéralisation moyenne ;

333  $\mu\text{S}/\text{cm}$  < Conductivité < 666  $\mu\text{S}/\text{cm}$  : Minéralisation moyenne accentuée ;

666  $\mu\text{S}/\text{cm}$  < Conductivité < 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  : Minéralisation importante ;

Conductivité > 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  : Minéralisation élevée.

D'après cette relation, l'échantillon de sel El Ménia est une minéralisation élevée.

### 2.2. Le pH (Potentiel Hydrogène)

D'après ce résultat, le sel El-Ménia est classé comme un sel basique (**Tableau 4**).

**Tableau 4: Résultats des mesures de pH.**

Échantillons	Sel El-Ménia	Date des analyses	Laboratoire
pH	7.62	27 Avril 2021	Laboratoire de contrôle de qualité à Ouargla

### 2.3. Taux de chlorure et de sodium

D'après ce résultat (**Tableau 5**), Le sel d'El-Ménia est plus riche en Chlorure que le Sodium.

**Tableau 5 : Concentration de chlorure et de sodium**

Échantillons	Sel El-Menia	Date des analyses	Laboratoire
Taux Chlorure	4740 mg/l	06 Juin 2021	BRS à Ouargla
Taux Sodium	3449.26 mg/l		

### 3. Test de l'ANOVA et de l'ACP

Les résultats des analyses statistiques de l'ANOVA (**Tableau 6**) montrent que l'effet de la concentration de sel d'El-Ménia sur le taux de germination est hautement significatif (Sig = 0,0001), le même constat pour le NaCl.

**Tableau 6: Résultats des analyses statistiques de l'ANOVA pour le taux de germination**

Analyse Type I Sum of Squares :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
taux de germination (sel El-Ménia)	4	890892,5971	222723,1493	23186,3266	< 0,0001
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
taux de germination (NaCl)	3	890919,6333	296973,2111	34580,1691	< 0,0001

Les résultats des analyses statistiques de l'ANOVA (**Tableau 7**) montrent que l'effet de la concentration de sel d'El-Ménia et celle de NaCl sur le délai de germination est également hautement significatif (Sig = 0,0001).

**Tableau 7: Résultats des analyses statistiques de l'ANOVA pour le délai de germination**

Analyse Type I Sum of Squares :

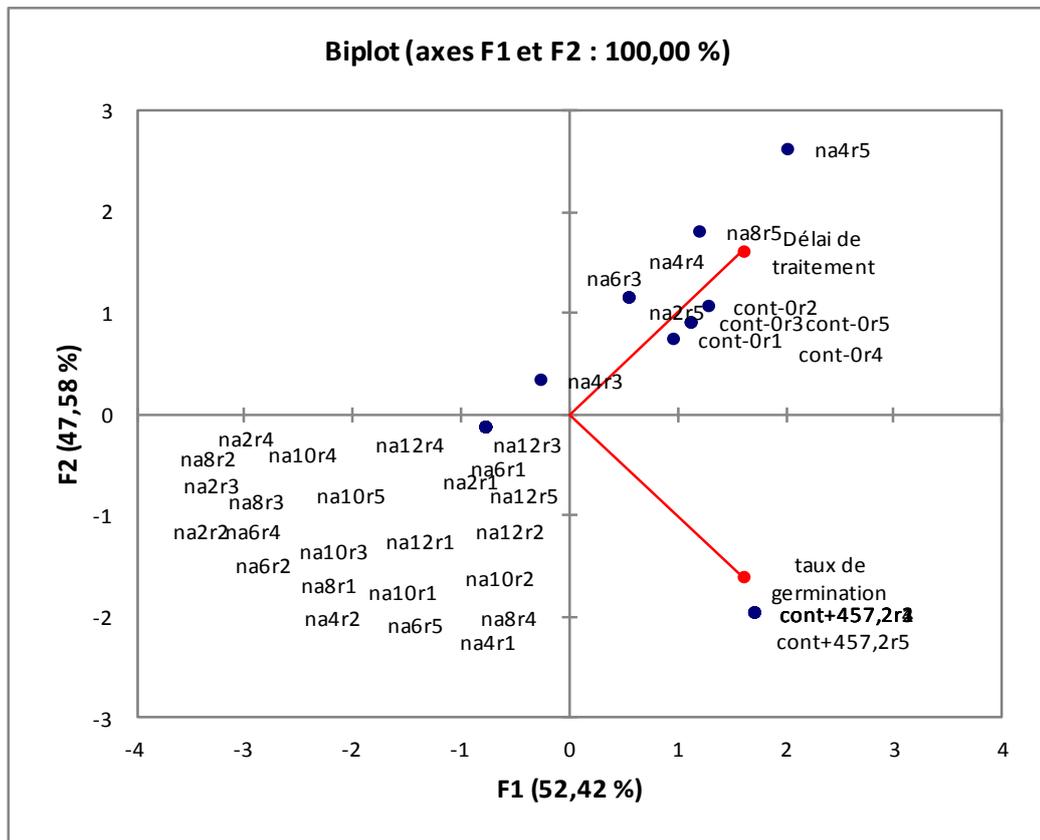
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Délai de traitement (sel El-Ménia)	7	601346,0524	85906,5789	9,4832	< 0,0001
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Délai de traitement (NaCl)	8	890932,9667	111366,6208	11669,9670	< 0,0001

On constate d'après le cercle de corrélation (**Figure.29**) que les concentrations de sel NaCl et celles de témoins par rapport à l'axe F1, sont réparties en trois groupes :

Le premier groupe coté haute droite de l'axe F2, renferme certaines concentrations de NaCl (na4r5, na4r4, na8r5, na6r3, na2r5, na4r3) et de contrôle négatif (eau distillée) qui sont positivement corrélées avec le délai de germination et inversement corrélées avec le taux de germination, ce groupe est caractérisé par des délais de germination relativement longs.

Le deuxième groupe de côté droite bas par rapport à l'axe F2, renferme que la concentration de témoin contrôle positif (acide sulfurique) qui est hautement corrélée avec le taux de germination.

Le troisième groupe de côté gauche de l'axe F2, regroupe des concentrations qui n'ont aucune relation avec le taux et le délai de germination.



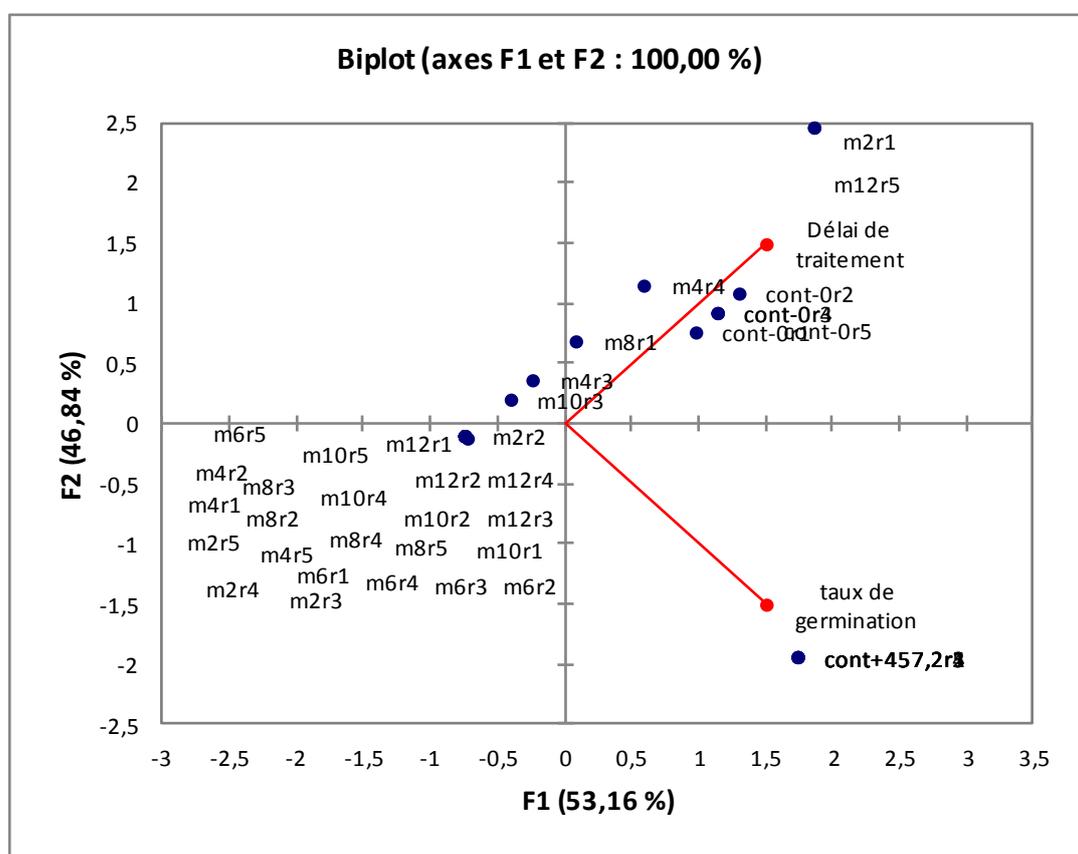
**Figure 29: Cercle de corrélation de l'effet de la concentration de NaCl sur le taux et le délai de germination**

Pour voir l'effet de sel naturel d'El-Menia sur le taux et le délai de germination, les résultats de l'ACP (**Figure.30**) révèlent que les concentrations de sel se regroupent également en trois classes selon leurs effets sur la germination :

Première classe de côté haut droite de l'axe F2, regroupe les concentrations ( m2r5, m12r5, m4r5, m8r1, m4r3, m10r3) et celles de contrôle négatif (eau distillée) qui sont positivement corrélées avec le délai de germination et négativement avec le taux de germination par rapport à l'axe F1.

La deuxième classe de côté bas droite de l'axe F2, regroupe les concentrations de l'acide sulfurique (control positif) sont corrélées positivement avec le taux de germination.

La troisième classe de côté gauche de l'axe F2 renferme des concentrations ( m2r2, m2r3, m2r4, m2r5, m4r1, m4r2, m4r5, m6r1, m6r2, m6r3, m6r4, m6r5, m8r2, m8r3, m8r4, m8r5, m10r1, m10r2, m10r4, m10r5, m12r1, m12r2, m12r3, m12r4) qui n'ont aucune relation avec la germination.



**Figure 30: Cercle de corrélation de l'effet de la concentration de sel d'El-Ménia sur le taux et le délai de germination**

Selon la comparaison entre des résultats des deux solutions salines ont discuté cette résultat par:

D'une façon générale, nous avons constaté que, la germination diminue avec l'augmentation de l'intensité du stress salin. En effet, pour s'adapter au stress salin, la plante

peut éviter les dommages par la réduction de la croissance (**LEMZERI, 2007**). C'est l'effet le plus commun des stress abiotiques sur la physiologie des plantes. La réduction de la germination est une capacité adaptative nécessaire à la survie d'une plante exposée à un stress abiotique. En fait, ce retard de germination permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour combattre le stress avant que le déséquilibre entre l'intérieur et l'extérieur de l'organisme n'augmente jusqu'à un seuil où les dommages seront irréversibles (**BOIS, 2005**). L'étude des effets de différentes concentrations de solution saline sur la germination des graines d'*Acacia raddiana* a montré que la capacité germinative est affectée par l'augmentation de la concentration des sels. L'influence de la salinité sur le pouvoir germinatif d'*Acacia raddiana* s'est manifestée par une réduction de la vitesse de germination par rapport aux témoins, réduction d'autant plus importante que la concentration en est élevée.

Le taux final de germination soit retardé sous l'effet stressant de la salinité ; les taux de germination des graines diminuent au fur et à mesure que la solution saline augmente.

Nos résultats concernant le taux de germination concordent avec ceux de **OKÇU et al., (2005)** dont ils ont relevé la liaison entre. Nous notons un ralentissement du processus de germination en fonction de l'augmentation de la salinité. La germination des graines est aussi précédée par un long temps de latence. Ces résultats viennent confirmer les effets relevés, à travers des études antérieures, exercés par la salinité sur le processus de germination. (**OKÇU et al., 2005**). Ces auteurs ont démontré que l'application de différents niveaux de solution saline induit une réduction significative du taux de germination final chez l'*Acacia raddiana*.

L'effet de solution saline sur le comportement germinatif d'*Acacia raddiana* se traduit par une augmentation du délai et une diminution de la vitesse et du taux de germination.

La réponse des graines d'*Acacia raddiana* à divers solutions salines pourraient être dues à l'impact varié du sel composants sur la perméabilité de la membrane, la toxicité et / ou la structure de la paroi cellulaire (**TOBE et al., 2004**).

D'après (**BEN MILED et al., 1986**), ce retard peut être expliqué par le temps nécessaire à la graine pour mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne. Alors que **GHRIB et al., (2011)**, ont expliqué que ce retard pourrait être dû à l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans la graine.

*Conclusion*  
*et*  
*perspectives*

---

## Conclusion

La germination des graines est un ensemble de processus métaboliques aboutissant à l'émergence de la radicule. Ce stade est considéré comme une étape critique dans l'établissement des semis et ainsi la détermination d'une production réussie. Nos résultats montrent que la salinité affecte les paramètres de germination examinés chez l'*Acacia raddiana*. Notre expérience a abouti à :

- L'augmentation de la concentration de NaCl et le sel naturel inhibe progressivement la germination (le taux 1% à 3%)
- L'effet de la solution saline peut être toxique et/ou osmotique.
- Les sels agissent sur la germination des graines en réduisant leur faculté et/ou leur énergie germinative.
- Les concentrations élevées de salinité agissent négativement sur la germination.
- La germination devient un facteur déterminant pour la réussite de la croissance des plantes dans les milieux salés.
- La réponse des graines à la salinité est un indicateur de la tolérance de la plante, durant les étapes postérieures de développement.

Notre travail n'est qu'une introduction à la recherche de la réponse des graines des plantes d'*Accacia raddiana* au stress salin au stade de germination, pour arriver à cet objectif il est indispensable de faire des études plus complètes, il serait indispensable

- Tester les effets de stress salin sur la germination des graines d'*Acacia raddiana*.
- D'étudier la réponse de germination de cette espèce face au stress salin avec d'autres intervalles des concentrations et d'autres sels.

*Références  
bibliographiques*

---

### Références bibliographiques.

- AISSAT A., MEHDADI Z., LEOGRANDE R., STELLACCI A.M. 2019** : Characterization of *Medicago arborea* L. Response to Water and Salt Stress. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 15(4).
- AL-GOHARY I.H., MOHAMED A. H., 2007**: Seed Morphology of *Acacia* in Egypt and its Taxonomic Significance. *Rev. International Journal Agrical Biology*, 9 (3).
- AMMARI S., 2011** : Contribution à l'étude de germination des graines des plantes sahariennes broutées par le dromadaire, 46p.
- ARBONNIER M., 2002** : Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Edi. CIRAD-MNHN, 573 p
- ASTEDU, M., COPPOCK, D.I., DELTING, J.K., 1994**: Fruit production of *Acacia tortilis* and *Acacia nilotica* in semi-arid Ethiopia. *Agroforestry Systems*. 27 : 23-30.
- AUDRU J., CESAR J., LEBRUN J. P., 1994** : Les plantes vasculaires de la République de Djibouti. Paris, Cirad-EMVT, 3 vol., 968 p.
- BABA- SIDI- KASSI S., 2010.**: Effet du stress salin sur quelques paramètres phonologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'*Atriplex* en vue d'une valorisation agronomique. Mémoire de magistère. Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers. Université Kasdi Merbah – Ourgla, 75p+Annexe.
- BAJJI M., KINET J.M., LUTTS STANLEY., 2002.** : Salt stress effects on roots and leaves of *Atriplex halimus* L. and their corresponding callus cultures. *Plant Science*. 137:131-142.
- BARKOUDAH Y., VAN DER SAR D., 1982** : L'*Acacia raddiana* dans la région de Béni-Abbés (Algérie). *Bull. Soc. Hist. Nat.fr. du Nord*, 70 (1 à 4) : 79-121.
- BATANOUNY K.H., BAESHIN N.A., 1982** : Studies on the flora of Arabia. *Bull.Fac.Sci., K.A.U.,Jeddah*, (6):1-26.
- BELHADJADJI Y., MELEKMI N., BELBOUKHARI N., CHERITI A., 2008.**: Une approche environnementale par phytoextraction assistée par micro-ondes (MAE) d'*Acacia raddiana*. Colloque National sur la Chimie et l'Environnement CNCE. Saida.
- BELL D.T., 1999.** : Australian trees for the rehabilitation of waterlogged and salinity-damaged landscapes. *Aust. J. Bot.* (47): 697-716.
- BELLAKHDAR J., 1997.** : La pharmacopée marocaine traditionnelle. Paris, Ibis Press, 764 p.
- BELKHOJA K., BIDAI Y., 2004.** : Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse*, 15 (4) : 331-335.
- BENBADA S., 2013** : Amélioration du taux de germination des graines d'*Acacia raddiana* pour lever leur dormance tégumentaire. *Mém. Ing. UKMOuargla* 32p.
- BENMAHIOUL B., DAGUIN F., KAID-HARCHE M., 2009** :Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistachier (*Pistacia vera* L.).*C. R. Biologies*, 332 :164- 170.
- BEN MILED D., BOUSAID M., ADBLKEFFI A. 1986**: Colloque sur les végétaux en milieu aride. Djerba 8- 10 sept. 1986. *Fac. Sci. de Tunis* ept. ACCTT 586.
- BENNACEUR M, RAHMOUNE C, SDIRI H, MADDAH M., SELMI, M. 2002** :Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sécheresse*, 12 (3) : 167-174.
- BENSAID S., 1985** :Contribution à la connaissance des espèces arborescentes, germe et croissance d'*Acacia raddiana*, thèse de magister. Ed institut national agronomique (I.N.A) Elmarache Algérie, 70p.
- BENSAID S., AIT MOHAND L., ECHAIB B., 1996** :Évolution spatiotemporelle des peuplements d' *Vachellia tortilis* (Forsk.) Hayne *raddiana* (Savi).Brenan dans les monts Ougarta (Sahara nord-occidental).*Science et changements planétaires / Sécheresse*. Vol.7 (3) :173-178.
-

- BEN SALEM F., OULED BELGACEM A., NEFFATI M., 2008** : Etude de la dynamique du système racinaire des plantules de certaines espèces arbustives autochtones de la Tunisie aride. Rev. Sécheresse, 19 (2) : 3-8.
- BERHAUT J. 1967** : Flore du Sénégal. Dakar. Clairafrique., 2e éd., 485 p.
- BOIS G., 2005.** : Ecophysologie de semis de conifères ectomycorhizés en milieu salin et soclique. Thèse de doctorat. Université de Marseille. France. 187p.
- BOUAOUINA S., ZID E et HAJJI M., 2000.** : Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum L.*) CIHEAM–Options Méditerranéennes : 239-243.
- BOUAZIZ, E. 1980** : Tolérance à la salure de la pomme de terre. physiол.
- BOUCHOUKH I., 2010.** : Comportement écophysologique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin. Mémoire de Magistère en Biologie végétale, Université Mentouri Constantine. 112p + annexes.
- BOULGHALAGH J., BERRICHI A., EL HALOUANI H. & BOU-KROUTE A. 2006** : Effet des stress salin et hydrique sur la germination des graines du jojoba (*Simmondsia chinensis* [link] *schneider*). Proceedings du Premier congrès national « Amélioration de la production agricole » Settat, les 16 et 17 mars 2006.
- BRENAN J. P. M., 1957**: *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne. Notes on Mimosoideae. *111. Kew Bulletin*. 1 (4): 68-89.
- BRENAN J.P.M., 1959**: Leguminosae - subfamily Mirnosoideae. In Flora of Tropical East Africa, London, 173 pp
- BRENAN J. P. M., 1983**: Manual on taxonomy of *Acacia* species. Present taxonomy of four species of *Acacia* (*A. albida*, *A. senegal*, *A. ni/otica*, *A. tortilis*). Rome, FAO. 47 p.
- CAMPA C., DIOUF D., NDOYE I., DREYFUS B., 2000**: Differences in nitrogen metabolism of *Faidherbia albida* and other N<sub>2</sub>-fixing tropical woody acacias reflect habitat water avail ability. Rev. Research New Phytol, (147) :571-578.
- CHAUSSAT R., LEDEUNFF Y., 1975** : La germination des semences .Ed. Bordars, paris, 232p.
- CHOPRA I. C., ABROL B. K., HANDA K.L., 1960** : Les plantes médicinales des zones arides considérées surtout d'un point de vue botanique. Ed. UNESCO, Paris : 11- 56.
- CİÇEK N et ÇAKIRLAR H., 2002**: The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. Bulg. J. Plant Physiol. 28 (1–2): 66–74.
- CÔME D., 1970** : Les obstacles à la germination (monographie et physiologie végétale). Ed. Masson et Cie (Paris), 162p.
- DANTHU P., ROUSSEL J., NEFFATI M.O, 2003** : La graine et la germination d'*Acacia raddiana*. Un arbre au désert, *Acacia raddiana*. Édi. IRD. Paris:269-287.
- DEBEZ A., CHAÏBI W., BOUZID S. 2001** : Effet de NaCl et de réulateurs de croissance sur la germination d'*Atriplex halimus* L. Cahiers Agricultures, 10 : 135– 138.
- DEYSSON G., 1967** : Physiologie et biologie des plantes vasculaires, croissance, production, écologie, physiologie. Ed Société d'édition déneigement supérieur. Paris, 335p.
- DOMMERGUES Y., DUHOUX E., DIEM H.-G., 1999** : Les arbres fixateurs d'azote. Ed. CIRAD, ESPACES, FAO, IRD. 502 p.
- DRENOU C., 2006** : Les racines ; face cachée des arbres. Edi. IDF. 326 p.
- DUCOUSSO M., COLONNA J.P., THOEN D. 1991**: Occurrence of nodulation among woody legumes in Senegal. Nitrogen Fixing Tree Res. Reports 9, 53-55.
- DUPAS-LANGLLET, M., 2013** : De la déliquescence au montage des poudres cristallines : cas du chlorure de sodium. Thèse de Docteur de l'UTC. Université de technologie Compiègne ; 251p.

- EL-MEKKAOUI, M. (1990):** Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le et de la salinité. Rev. FAC.Sc. Tunis, 2 : 195-205. ETIENNE : 188 235. Francophones/Agricultures, Vol. 10, No. 2: 135- 138.
- EL MIDAOU M, BENBELLA M, AÏT HOUSSA A, IBRIZ M, TALOUIZTE A., 2007.** Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthus annuus L.*) Revue HTE 136 : 29-34.
- ELOUASSIS D , 2019.** Characterisation of the aqueous extract of *Acacia raddiana* Savi and evolution of the impact statement on its own seeds. End of studies thesis with a view to obtaining a master's degree in plant biotechnology. Kasdi Merbah University Ouargla.
- FAO. 2005-** Manuel de fixation des dunes-Cahier Fao Conservation. Rome. ISBN 92-5-202658-4. Vol. 18. 57.
- GANRY, F. et DOMMERGUES, Y. R. 1995 :** Arbres fixateurs d'azote : champ ouvert pour la recherche.
- GHASSEMI, F., JAKEMAN, A. J., NIX, H. A. 1995:** Salinisation of land and water resources: human causes, extent, management and case studies. CAB inter-national.
- GENOUX C, PUTZOLA F, MAURIN G., 2000 :** La Lagune méditerranéenne : Les plantes halophiles. TPE. 1 ère S-2, 22p. 50.
- GILL K S., 1979:** Effects of soil salinity on grain filing and grain development in burly. *Biologia plantarum*, 24 (4): 266-269.
- GHRIB C.D., KCHAOU R., GHARBI F., REJEB S., KHOUDJA L., NEJIB REJEB M.(2011) :** Euro. Journals Publishing, Inc. 50 208.
- GREENWAY H et MUNNS R., 1980:** Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, (31):149-190.
- GROUZIS M et LE FLOC'H E., 2003 :** Un arbre au désert, *Acacia raddiana* Éditeurs scientifiques, p313.
- GUTTERMAN Y., 1993:** Porcupine diggings as a unique ecological system in a desert environment. *écologie* 85, 122–127.
- HANITRINIAINA, R. H., 2009. :** Valorisation rationnelle de la qualité du siratany dans la région de Bèze Mahafaly pour promouvoir son marché. Mémoire du Diplôme d'Ingénieur. Université D'Antananarivo, 2014; 111p.
- HANNANI A., 2011 :** Essais de caractérisation des propriétés d'adaptation morphologiques, anatomiques et physiologiques au milieu saharien d'*Acacia raddiana*, Thèse Mag 87p.
- HANNANI A., 2018 :** Caractérisation des propriétés d'adaptation anatomiques et physiologiques, au milieu saharien de *Vachellia tortilis* (Forssk.) *Galasso & Banfi subsp. raddiana* (Savi) Kyal. & Boatwr. (Cas de Méguiden). Thèse de Doctorat. Spécialité Sciences Biologiques. Université Kasdi Merbah, Ouargla.
- HANNANI A., BISSATI-BOUAFIA S. CHEHMA A., MOULAY S., BENBADA S., 2016:** Assays of alternative pre-treatment to remove *Acacia raddiana* savi (Fabaceae) seed dormancy. *Ponte*. Vol.72(3).doi:10.21506/j.ponte.2016.3.11.
- HARNADEZ, S .1997 :** Mécanisme physiologique et métaboliques de la résistance a la contrainte saline chez les végétaux supérieurs. Bibliographique, U.N.V. Rennu I, UFRSUEUMR CNRS. P20-653.
- HOPKINS G., 2003 :** Physiologie végétale. Édi. DE BOECK. Bruxelles. 514 p. ISO,
- HU, Y., et SCHMIDHALTER, U. 2004:** Limitation of salt stress to plant growth. *Plant toxicology*, 4, 191-224.
- JABNOUNE M., VERY ANNE-ALIENOR, ABDELLY C., GUIDERDONI EMMANUEL., 2008 :** Rôle de transporteurs de sodium et de potassium chez le riz : analyse des propriétés fonctionnelles par électrophysiologie. In : Colloque "Biotechnologies végétales et gestion durable des résistances face à des stress biotiques et abiotiques chez les plantes", 30 juin au 3 juillet 2008, Rennes, France.
-

- JAOUADI W., HAMROUNI L., HANANA M., KHOUJA ML., 2004 :** Analyse de la capacité germinative de quelques espèces d'acacia exotique, 247p.
- JEAM P ., CATMRINE T., GIUES L., 1998 :** Biologie des plantes cultivées. Ed. L'Arpers, Paris, 150p.
- JOUADI W., HAMROUNI L., SOUAYEH N., KHOUJA M.-L., 2010 :** Etude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. Rev. Biotechnol Agronomic, Soc. Environnement, 14(4) :643-652
- KAROUNE S, 2015 :** Etude Ecophysiologique et Phytochimique de deux espèces d'Acacia : *Acacia albida* et *Acacia raddiana*. Thèse de Doctorat. Spécialité Ecologie et l'Environnement. Université Des Frères Mentouri Constantine.
- KATEMBE W.J., I.A. UNGAR., J. MITCHEL., 1998.-** Effect of salinity on germination and seedling growth of two Atriplex species (Chenopodiaceae). Ann. Bot., 82, 167-175.
- KHAN M A., HAMID A., SALAHUDDIN A.B. M., QUASE A., KARIM M A., 1997:** Effect of sodium chloride on growth, photosynthesis and mineral ions accumulation of different types of rice (*Ovsya sativa*). J. Agronomy and science: 149-161.
- KHAN T.H., 2006 :** Morphological and Comparative Anatomical Studies on Some Species of *Acacia* (Fabaceae) Growing In Wadi Fatma In Makkah Al-Mukaramah Region. Rev. Mag.Univ.King Faysal:31-35.
- KIEMA A., NIANOGO A.-J., OUEDRAOGO T., SOMBA J.,2008 :** Use of local feed resources in the farmers ram fattening scheme: technical and economical performance. Étude originale .Rev.Cahiers Agricultures,17 (1): 23-27.
- LE FLOC'H, E., 1983 :** Contribution à une étude ethnobotanique de la flore tunisienne. Publ. Sc. Tunisiennes, Programme "Flore et Végétation Tunisiennes". Imprimerie Officielle de la République Tunisienne : 402 p.
- LE HOUEROU, H. N., PONTANIER, R. 1987 :** Les plantations sylvo-pastorales dans la zone aride de Tunisie. Unesco.
- LEMZERI H., 2006 :** Réponses écophysiologiques de trois espèces forestières du genre *Acacia*, *Eucalyptus* et *Schinus* (*A. cyanophylla*, *E. gomphocephala* et *S. mölle*) soumises à un stress salin. Mémoire de magistère, Université de Mentouri Constantine, 180 p + annexe.
- LEVIGNERON A, LOPEZ F, VARISUYT G, BERTHOMIEN P ., CASSE-DELBAR T., 1995.** Les plantes face au stress salin. Cahier d'agriculture. (4): 263-273.
- LOGBO J., DIOUF M., DO F., AKPO L. E., 2006 :** Caractéristiques fondamentales du système racinaire de jeunes plants de *Acacia tortilis* (Forsk Hayne) en conditions naturelles au Ferlo (Nord-Sénégal). Rev. Journal des Sciences et Technologies, 4 (2):11 -17
- LOZACH, E., 2001. :** Le sel et les microorganismes. Thèse de Doctorat en Sciences vétérinaire, Ecole nationale vtrinaire de maison Alfort, 48-51.
- LUTTGE U, KLUGE M, BAUER G., 2002. :** Botanique. 3ème édition, Tec et Doc Lavoisier, Paris: 439- 450. 72.
- MAILLARD J., 2001 :** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. Handicap International, 34p.
- MAROUF, A.REYNAUD, J. 2007. :** La botanique de A à Z. 1662 définitions. Ed Dunod : P.286.
- MAZLAIK, .1982 :** Physiologie végétale, croissance et développement. Tome 3. Ed. Hermann éditeurs des sciences et des arts, collecte méthodes, Paris, 420p.
- MEYER S., REEB C., BOSDEVEIX R., 2004 :** Botanique, biologie et physiologie végétale .Ed. Moline, Paris, 461p.
- MICHEL V., 1997 :** La production végétale, les composantes de la production. Ed. Danger, Paris, 478p.
- MUNNS R., 1993:** Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. Plant Cell Environ. (16): 15-24.
-

- NEDJIMI, B., MOHAMMEDI, N., BELKHEIRI, S. 2014:** Germination responses of medic tree (*Medicago ar-borea*) seeds to salinity and temperature. *Agri-cultural Research*, 3(4), 308-312.
- NDOUR P., DANTHU P., 2004 :** Effet des contraintes hydrique et salin sur la germination de quelques *Acacia* africains, 146p.
- NONGONIERMA A., 1977 :** Contribution à l'étude biosystématique du genre *Acacia* Miller en Afrique occidentale. IV Distribution climatique des différents taxa. *Bull. de l'IFAN.*, sér.A., (39) 2 : 318-339.
- NONGONIERMA A., 1978 :** Contribution à l'étude bio systématique du genre *Miller* (Mimosaceae) en Afrique occidentale. Planches, figures et cartes, Tome 3.Thèse Doctorat. Université Sheikh Anta Diop, Dakar, 398 p.
- NOUMI Z., 2010 :** Structures du peuplement, réponses et effets biologiques et environnementaux. Ouvrage publié avec le soutien de Roselt, 251p.
- OUEGHI Z, ZID E, HAJJI M, SOLTANI A., 1998.** Comportement physiologique du blé dur (*Triticum durum L.*) en milieu salé. *CIHEAM - Options Méditerranéennes*: 309 – 31.
- OZENDA P., 1991 :** Flore et végétation du Sahara. Edi. CNRS, Paris. 3<sup>ème</sup> édition. 663 p.
- PEAREN, JR., PAHL, MD., WOLYNETZ, MS., ET HERMESH, R. 1997:** Association of salt tolerance at seedling emergence with adult plant performance in slender wheat grass. *Canadian Journal of Plant Science* 77: 81–89.
- PERNEY K, 2015 :** Le métier d'aygadier saunier de camargue Analyse de poste - Risques spécifiques. Mémoire pour l'obtention du diplôme de médecine agricole.
- QUEZEL P., 1963 :** Les peuplements d'*Acacia* au Sahara nord-occidental. Étude phytosociologique. *Trav. Inst Rech. soh.*, 20 : 80-120.
- QUEZEL P., MEDAIL F., 2003 :** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen .Ed. ELSEVIER: 263-265.
- QUEZEL P ., SANATA S., 1963 :** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertique méridionales. 2 Vol. Ed. CNRS, Paris.1170.
- RAHMOUNE C, SEMADI A, AUAD H, TAHAR A., 1997 :** Air quality and lichenic distribution in the north east Algeria. *Proc of Second International Scientific Conference. Science, Development and Environment, Cairo, Egypt*: 333-344.
- RAHMOUNE C, SERIDI R, PAUL R,DREZ P., 2000:** Influence on Zn concentration in solution Applied to leaves and Roots on the absorption and translocation of Cd by leave. *Agricultural Sciences*, 1(27):72-77.
- RAHMOUNE C, MAALEM S, KADRI K, BEN NACEUR M., 2008 :** Etude de l'utilisation des eaux fortement salées pour l'irrigation des plantes du genre *Atriplex* en zones semi arides. *Revue des régions arides*, 21 (2): 924-929.
- RICHARD D., 1989 :** Ingestibilité et digestibilité des aliments par le dromadaire. *Rev. Options Méditerranéennes - Série Séminaires* (2): 55-59.;
- REJILI M, VADEL M.A NEFFATP M., 2006 :** Comportements germinatifs de deux populations de *Lotus crétaés (L.)* en présence du NaCl. *Revue des Régions Arides*, 1(17): 65-78.
- RENGASAMY, P. 2006:** World salinization with emphasis on Australia. *Journal of experimental botany*, 57(5), 1017-1023.
- ROUABAH, W., TAHRI, A., HAZOURLI, A.,2018 :** Analyse de la teneur en iode dans le sel de table consommé dans quelques villes de l'Est Algérien, mémoire Master en chimie Option: Chimie des matériaux, 76 p.
- RUSH D.W et EPSTEIN E., 1981 :** Breeding and selection for salt-tolerance by incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* (106): 699-704.
-

- SCHULZ E., AMADOU A., 1992:** Leben in der Südlichen Sahara. Die traditionelle Nutzung der Vegetation im Nord-Niger. Abschlussbericht zum Forschungsv. 1/52749.188 p.
- SENTENAC H et BERTHOMIEU P., 2003 :** Découverte d'un nouveau mécanisme de tolérance des plantes au sel. UMR Biochimie et physiologie moléculaire des plantes (Unité mixte Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier /Université/CNRS/ INRA) Service Presse INRA. 34p. 114.
- S.I.FOR, 2009 :** Répertoire des espèces forestières ligneuses des régions de Mopti, Tombouctou et Gao. Bamako.
- SLAMA F., 1986 :** L'effet de Chlorure de sodium sur la croissance et la nutrition minérale de six espèces de plantes cultivées. *Agronomie tropicale* : 21-26
- SOLTNER D., 2001 :** Les bases de la production végétale. Tome III la plante et son amélioration, 3<sup>ème</sup> édition Paris, 189p.
- SOLTNER D., 2007 :** Les bases de la production végétale tome III, la plante. Ed. Collection sciences et technique agricole Paris, 304p.
- TACKHOLM V., 1974 :** Student's flora of Egypt Cairo Univ., 2 éd., 888 p.
- TAHRI E.H, BELABED A.M.,SADKI K., 1998 :** Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARN codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum*). Université Mohamed Premier. Maroc. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, 2 : 81-87.
- TANI, E., SARRI, E., GOUFA, M., ASIMAKOPOULOU, G., PSYCHO-GIOU, M., BINGHAM, E., et ABRAHAM, E. M. 2018 :** Seedling growth and transcriptional responses to salt shock and stress in *Medicago sativa* L., *Medicago arborea* L., and Their Hybrid (Alborea). *Agronomy*, 8(10), 231.
- TREMBLIN G., 2000 :** Comportement auto-écologique de *Halopeplis amplexicaulis*: plante pionnière des sebkhas de l'ouest algérien. *Sécheresse*, 11 (2): 109-116.
- TEKETAY, D. 1998 :** Germination of *Acacia origena*, *A. pilispina* & *Pterolobium stellatum* in response to different pre-sowing seed treatments, temperature & light. *Journal of Arid Environments*, 38(4):551-560.
- VALDENEGRO, M., BAREA, J. M., AZCÓN, R. 2001 :** Influence of *arbuscular-mycorrhizal fungi*, *Rhizobium meliloti* strains and PGPR inoculation on the growth of *Medicago arborea* used as model legume for re-vegetation and biological reactivation in a semi-arid mediterranean area. *Plant Growth Regulation*, 34(2), 233-240.
- VASSAL J., 1996 :** Les *Acacias* au Sénégal : taxonomie, écologie, principaux intérêts. édi Orstom.Paris 1998.pp 15-33.
- WAHBI J, LAMIA H., NAOUFEL S., MOHAMED LK ., 2010 :** Étude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques, 650p.
- WARD D., 2009 :** The biology of deserts.Edi.Press.Inc.Oxford.Univ.NewYork.62p.
- ZAHRAN H., 1999 :** Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. *Microbiol Mol Biol Rev* 63: 968-989.
- ZID ,E. 1982 :** Relation hydriques dans la feuille de *Citrus aurantium* : effets de l'âge et de la salinité. *Rev. FAC. Sc. Tunis*, 2, pp 195-205.
- ZOHARY M., 1972:** Flora Palaestina. The Israel academy of sciences and humanities .Vol. 2, p. 25.

**Site internet:**

**METROHM , 2015:** <http://documents.metrohm.com>

## Résumé

La salinité est l'une des contraintes environnementales prédominantes des régions arides et semi arides. L'objectif principal de ce travail est d'analyser l'effet du stress salin sur le pouvoir germinatif des graines d'*Acacia raddiana* des différentes concentrations (2,4,6,8,10 et 12 g/l) par deux types de solutions saline (sel de NaCl et le sel naturel de El-Menia) au laboratoire, nous avons analysé, en guise d'étude préliminaire, le comportement germinatif de l'espèce *Acacia raddiana* dans le but de comparer les niveaux de tolérance à la salinité d'*Acacia raddiana* durant la germination. Dans ce cadre et afin d'optimiser la germination des graines d'*Acacia* et d'éliminer l'obstacle de l'inhibition tégumentaire, nous avons dans un premier temps scarifié les graines manuellement à l'aide de sable. Par la suite, nous avons déterminé les conditions optimales de germination durant 18 jours à une température de 25°C, Les résultats obtenus montrent que l'augmentation de la concentration en sel diminue le taux de la germination (1 à 3%) dans les deux types de sel.

**Mots clés :** *Acacia raddiana*, stress salin , type de sel, germination, El-Menia,.

## Abstract

Salinity is one of the predominant environmental constraints of arid and semi-arid regions. The main objective of this work is to analyze the effect of salt stress on the germination power of seeds of *Acacia raddiana* (Fabaceae) of different concentrations (2,4,6,8,10 and 12 g / l ) by two types of saline solutions (NaCl salt and natural El-Menia salt) in the laboratory,

We analyzed, as a preliminary study, the germination behavior of the species *Acacia raddiana* in order to compare the levels of tolerance to the salinity of *Acacia raddiana* during germination. In this context and in order to optimize the germination of *Acacia* seeds and to eliminate the obstacle of seed coat inhibition, we first scarified the seeds manually using sand. Subsequently, we determined the optimal conditions for germination for 18 days at a temperature of 25 °C, The results obtained show that the increase in the salt concentration decreases the germination (rate 1 to 3%). Then we exploited these results in order to assess the germination ability of the species under different osmotic constraints.

**Key words:** *Acacia raddiana*, germination power, salt stress, El-Menia, salinity.

## مُلخَّص

الملوحة هي أحد القيود البيئية السائدة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تحليل تأثير الإجهاد الملحي على قوة إنبات بذور الأكاسيا راديانا بتركيزات مختلفة (2،4،6،8،10 و 12 جم / لتر) بنوعين من المحاليل الملحية (ملح كلوريد الصوديوم وملح المنيعة الطبيعي) في المختبر.

قمنا بتحليل ، كدراسة أولية ، سلوك الإنبات لنوع الأكاسيا راديانا من أجل مقارنة مستويات تحمل ملوحة الأكاسيا راديانا أثناء الإنبات. في هذا السياق ومن أجل تحسين إنبات بذور الأكاسيا والقضاء على عقبة تثبيط غلاف البذور ، قمنا أولاً بتخدير البذور يدوياً باستخدام الرمل. بعد ذلك ، حددنا الظروف المثلى للإنبات لمدة 18 يوماً عند درجة حرارة 25 درجة ، وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الزيادة في تركيز الملح تقلل الإنبات (معدل 1 إلى 3٪). ثم قمنا باستغلال هذه النتائج من أجل التقييم قدرة الإنبات لأنواع تحت قيود تناضحية مختلفة.

**الكلمات المفتاحية:** الأكاسيا راديانا ، قوة إنبات ، الإجهاد الملحي ، المنيعة ، ملوحة