

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Saad Dahleb de Blida



Faculté : Sciences de la Nature et de la Vie

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme du Master
Académique en sciences agronomique
Spécialité : FORESTERIE

Thème :

**Effet du stress salin sur le pouvoir germinatif
D'*Acacia radianna* de la région de Tindouf**

Présenté par :

- MAZIT KENZA
- ELAGRARI FAIROUZ

Encadrée par :

- MME BENRIMA

Soutenu le :28/07/2022

Devant le jury composé de :

Président :	FELLAG MUSTAPHA
Encadreur :	BENRIMAATIKA
Co-Encadreur :	BOURHLA NADHIRA
Examinatrice :	SEBTI SAFIA

Année Universitaire : 2022 / 2023

REMERCIEMENTS

*Nous remercions d'abord Dieu Tout-Puissant
Pour avoir dirigé nos pas et pour sa volonté*

*Nous remercions notre promotrice Mme BENRIMA. A pour
notre encadrement et nos conseils ainsi que pour ses poèmes.*

*Générosité et grande disponibilité. Nous tenons à lui
exprimer notre gratitude pour son aide.*

*Nous tenons à exprimer notre gratitude aux membres du
jury Mr FELLAG. M ; Mme SEBTI. S ; Mme BENRIMA. A ; Mme
BOURAHLA. N pour l'honneur qu'ils ont fait en acceptant de
juger cette œuvre dans ce cas : que je remercie tout
particulièrement d'avoir accepté d'accepter le jugement de
cette œuvre.*

*Nos sincères remerciements vont à Mme BOURAHLA. N pour
sa générosité sans limites en me aidant avec des données et
conseils.*

Dédicace

Je dédis ce travail

A mes chers parents, qui ont tout sacrifié pour notre bien,

Pour leur patience, leur amour, leur soutien

Et leurs encouragements, Que dieu leur donne

Santé et bonheur

A mes très belles sœurs

A mes amies, et mes collègues de la promotion

Sans oublier tous les professeurs que ce soit du

Primaire, Du moyen, du secondaire ou de

L'enseignement supérieur,

§ MAZIT Kenza §

Dédicace

Je dédis ce travail

A mes chers parents ma mère et mon père

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leur

Encouragements.

A mes frères et mes sœurs

A mes amies et mes collègues de promotion

A tous les professeurs sans exception ;

§ ELAGRARI FAIROUZ §

Résumé :

La salinité est l'une des contraintes environnementales prédominantes des régions arides et semi arides. Il est en cela crucial de pouvoir déterminer les espèces végétales tolérantes et comprendre les mécanismes de leurs résistances.

La motivation de notre étude est d'améliorer nos connaissances sur les facteurs qui déterminent le comportement des semences d'*A. tortilis* vis-à-vis de la salinité, notre étude consistait à montrer les seuils de tolérances ainsi que la capacité de germer après un traitement allant jusqu'à 600 mM de NaCl et probablement à une concentration encore plus élevée

Étant donné la menace de régression des peuplements d'Acacia en Algérie, nous avons analysé, en guise d'étude préliminaire, le comportement germinatif de l'espèce *Acacia raddiana* dans le but d'envisager ultérieurement un programme de conservation et de réhabilitation. 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 d'un coupe ongle. Par la suite, nous avons envisagé de déterminer les conditions optimales de germination, puis nous avons exploité ces résultats dans le but d'évaluer l'aptitude à la germination de l'espèce sous différentes contraintes osmotiques.

Mots clés : *Acacia raddiana*, aride, salinité, pouvoir germinatif, contraintes.

ملخص:

الملوحة هي أحد القيود البيئية السائدة في المناطق القاحلة وشبه قاحلة. من المهم أن تكون قادرا على تحديد الأنواع النباتية القادرة عن التحمل وفهم آليات مقاومتها.

الدافع من دراستنا هو تحسين معرفتنا بالعوامل التي تحدد سلوك بذور A. التورتيليس فيما يتعلق بالملوحة، تألفت دراستنا من إظهار عتبات التحمل وكذلك القدرة على الإنبات بعد معالجة تصل إلى 600 ملي مول من كلوريد الصوديوم وربما بتركيز أعلى.

نظرا لخطر تراجع كثافة الغطاء النباتي للأكاسيا في الجزائر، قمنا بتحليل، عن طريق دراسات أولية، سلوك إنبات أنواع الأكاسيا راديانا بهدف النظر الحقا في برنامج الصيانة وإعادة التأهيل. في هذا السياق وأخيرا لتحسين بذور الأكاسيا والقضاء على عقبة التثبيط الغالفي، قمنا أوال بخدش البذور يدويا باستعمال مقلم الأظافر، ثم قمنا لاحقا بدراسة تحديد الظروف المثلى للإنبات، ثم استخدمنا هذه النتائج من أجل تقييم مدى ملائمة الإنبات لهذا النوع الأكاسيا تحت القيود التناضحية

الكلمات المفتاحية: أكاسيا راديانا، قاحلة، الملوحة، الإنبات، القيود

Abstract:

Salinity is one of the predominant environmental constraints of arid and semi-arid regions. Its therefore crucial to be able to determine the tolerant plant species and understand the mechanism of their resistance.

The motivation of our study is to improve our knowledge on the factors that determine the behavior of seeds of *A. tortilis* with respect to salinity, our study consisted in showing the tolerance thresholds as well as the ability to germinate after a treatment of up to 600 mM of NaCl and probably at an even higher concentration.

Given the threat of decline of Acacia stands in Algeria, we analyzed as preliminary studies, the germination behavior of the species *Acacia raddiana* with the aim of subsequently considering program. In this context and in order to optimize the germination of Acacia seeds and to eliminate the obstacle of seed coat inhibition, we first scarify the seeds manually using a nail cutter, we then considered determining the optimal conditions for germination, then we used these results in order to assess the germination ability of the species under different osmotic constraints.

Keywords: *Acacia raddiana*, arid, salinity, germination capacity, constraints.

SOMMAIRE

Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des photos	
Introduction générale	1
Synthèse bibliographique	

CHAPITRE 01 : PRESENTATION DE L'ESPECE

01-1. Origine d' <i>Acacia raddiana</i>	4
01-2. Taxonomie et la nomenclature.....	6
01-3. Position systématique	7
01-4. Répartition de <i>L'Acacia raddiana</i>	8
01-5. Description botanique.....	8
01-6. Ecologie.....	10
01-7. Phénologie d' <i>Acacia raddiana</i>	10
01-8. <i>Acacia raddiana</i> en Algérie.....	11
01-9. Principales utilisations.....	12
01-9-1. Alimentation animal.....	12
01-9-2. Alimentation humain.....	12
01-9-3. Utilisation du bois.....	12
01-10. Intérêts d' <i>Acacia raddiana</i>	12
01-11. Germination des graines d' <i>Acacia raddiana</i>	13
01-12. Germination.....	13
01-13. Le pouvoir germinatif.....	14
01-14. Levée d'inhibition tégumentaire.....	15
01-15. Méthodes de levée d'inhibition tégumentaire.....	15
01-15-1. Traitement mécanique ou manuelle.....	15
01-15-2. Traitement chimique.....	16

01-15-2-1. Traitement chimique par l'acide sulfurique H ₂ SO ₄	16
01-15-2-2. Traitement chimique par l'eau bouillante.....	17
01-15-2-3. Traitement chimique par l'eau éthylique CH ₃ -CH ₂ -OH.....	17
01-15-3. Traitement par la chaleur sèche.....	17
01-15-4. Traitement par l'électricité.....	17

CHAPITRE 02 : GENERALITES SUR LE STRESS

02-1. Notion de stress.....	19
02-2. La Salinité.....	20
02-2-1. Définition de la salinité.....	20
02-2-2. Répartition des sols salés.....	20
02-3. Types de salinité.....	21
02-3-1. Salinisation primaire.....	21
02-3-2. Salinisation secondaire.....	21
02-4. Le Stress salin et les plantes	21
02-5. Effet de la salinité sur la plante.....	20
02-5-1. Effet sur la germination.....	23
02-5-2. Effet de sel sur la croissance et le développement.....	23
02-5-3. Effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques.....	24
02-5-4. Effet de la salinité sur les enzymes antioxydants.....	25
02-6. La Tolérance de la plante au stress salin.....	26
02-6-1. Compartimentation	26
02-6-2. Ajustement osmotique.....	26
02-6-3. La régulation de la croissance.....	27
02-6-4. Contrôle membranaire.....	27

CHAPITRE 03 : MATERIEL ET METHODES

Methodologie	29
03-1. Présentation de la région d'étude.....	29
03-2. Présentation d' <i>Acacia tortilis</i>	29
03-3. Objectif de l'expérimentation.....	30

03-4. Provenance.....	30
03-5. Condition de culture.....	31
03-6. Dispositif expérimental.....	32
03-7. Les Paramètres mesurés durant la période de germination.....	32
03-8. Analyses statistiques.....	33

CHAPITRE 04 : RESULTATS ET DISCUSSION

04-1- Résultats et Discussion.....	36
---	-----------

CHAPITRE 05 : CONCLUSION GENERALE

05-1- Conclusion.....	48
Références Bibliographiques.....	49

LISTE DES TABLEAUX

Tableau. 1 :	Les résultats des paramètres de germinations d' <i>Acacia raddiana</i>	37
Tableau. 2 :	Montre les résultats de taux de germination de l'espèce utilisée traitée par les différentes concentrations de NaCl	38
Tableau. 3 :	Moyenne de germination journalière	40
Tableau. 4	Le temps moyen de germination (TMG) des graines d' <i>Acacia raddiana</i> en conditions salines, ce dernier est inversement proportionnel à la vitesse de germination	42
Tableau. 5 :	Inhibition de la germination (%)	43

LISTE DES FIGURES :

Figure 1 : Aire de répartition d' <i>Acacia tortilis</i> ssp. <i>raddiana</i> (A: en Afrique et Asie ; B: En Afrique septentrionale)	05
Figure 2 : L'arbre d' <i>Acacia tortilis</i>	06
Figure 3 : L'aspect d'un rameau et fruit d' <i>Acacia tortilis</i>	06
Figure 4 : Situation géographique de la wilaya de Tindouf et localisation de la zone d'étude	29
Figure 5 : Dispositif simplifié de la mise en germination des graines d' <i>Acacia</i> <i>raddiana</i>	32
Figure 6 : Effets du stress salin sur la cinétique de germination d' <i>Acacia raddiana</i>	37
Figure 7 : Effets du stress salin (NaCl) sur le taux de germination d' <i>Acacia raddiana</i> ...	39
Figure 8 : Effets du stress sur la variation de la moyenne de germination journalière d' <i>Acacia raddiana</i>	41
Figure 9 : Effet du NaCl sur le temps moyen de germination (par jours) de l' <i>Acacia</i> <i>raddiana</i>	42
Figure 10 : L'effet du NaCl sur l'inhibition de la germination d' <i>Acacia raddiana</i>	44

LISTE DES PHOTOS

Photos 1. Feuilles et inflorescences d' <i>Acacia raddiana</i> Savi	09
Photos 2. Appareil végétatif et fruit d' <i>Acacia raddiana</i> Savi	09
Photo 3 : Graines d' <i>Acacia raddiana</i>	31

INTRODUCTION

Introduction

Les acacias (Fabaceae, Mimosoideae) représentent un groupe majeur de légumineuses ligneuses dans les habitats arides et subarides des régions tropicales et subtropicales, en particulier dans l'hémisphère Sud (Lewis et al. 2005).

Acacia tortilis Ssp *raddiana* ; célèbre arbre du Ténéré, est originaire d'Afrique tropicale mais prolifère dans le Sahara, il est notamment très présent au bord des oueds. Sous forme d'arbres et d'arbustes appartenant à la famille des fabacées, qui compte plus de 1500 espèces à travers le monde dont près de 1000 uniquement en Australie et 155 espèces spontanées en Afrique. Cette espèce se rencontre dans une grande variété de conditions écologiques (Daumont, 1957).

En Algérie *Acacia raddiana* (Savi) a une aire de répartition s'étalant sur les régions du Sahara occidental et central, elle représente une sous espèce qui appartient au genre *Acacia*, famille des Fabaceae, sous famille de Mimosoides (Pottier-Alapetite, 1979 ; Fagg, 1991).

Les acacias sont une source importante de bois (pour le combustible et le bois d'œuvre), de fibres (pour produire des cordes) ou de médicaments pour les populations humaines (production de gomme), et de fourrages pour les animaux sauvages et domestiques (Le Floch & Grouzis, 2003; Lewis et al., 2005; Hobbs et al., 2014). Par ailleurs, ils sont utilisés pour la lutte contre la désertification et l'érosion des sols (FAO, 2014), ou favoriser la croissance d'autres plantes, du fait de leur capacité à fixer de l'azote grâce au rhizobium dans les nodules des racines (Payne et al., 1998). Du fait de son intérêt dans l'alimentation animale et occasionnellement humaine (disettes) ainsi que les autres usages *Acacia raddiana* joue un rôle social et économique de première importance surtout pour les populations autochtones des régions désertiques (Gast, 1968)

Cet intérêt Socio-économiques, lui confère une place de choix pour être envisagée dans son utilisation lors des programmes de réhabilitation des parcours et de reboisement dans les zones arides et semi arides (Jaouadi et al., 2010).

Ce travail a pour objectif l'étude de l'effet des principales contraintes environnementales affectant la germination des semences (Côme, 1970 ; Ungar, 1995), notamment la sécheresse et la salinité (Ennabli, 1995 ; Hachicha, 2007) qui entravent les essais de restauration des espèces forestières menacées. Dans ce contexte, nous nous sommes penchés sur l'étude de la germination en conditions de stress salin afin de mieux maîtriser

ainsi les premiers problèmes rencontrés lors des essais de reboisement. Notre travail évalue la capacité germinative des graines en conditions de contraintes saline par le NaCl. Il tente enfin de déterminer si la réponse aux contraintes osmotiques appliquées au stade de la germination constitue un indicateur précoce fiable du comportement de la plante adulte.

Néanmoins, s'agissant d'une légumineuse connue par son fort taux de graines dures (Behaeghe et al., 1962 ; Clatworthy, 1984 ; Vora, 1989), des prétraitements destinés à lever d'éventuelles inhibitions tégumentaires ont été appliqués aux semences d'*A. tortilis*, qui présente de faibles pourcentages de germination (Loth et al., 2005), d'autant plus que ce problème constitue un obstacle au pépiniériste qui vise à produire des plants massivement via une synchronisation et homogénéisation de la germination (Roussel, 1995).

CHAPITRE 01 :
Présentation de l'espèce

01-1. Origine d'*Acacia raddiana*

Il y a 2500 ans, le climat du Sahara auparavant froid, s'est réchauffé. La mousson tropicale est remontée vers le nord, et les Acacias et autres espèces tropicales l'ont envahi (Quezel 1963). 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 unes 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 Floch 1983).

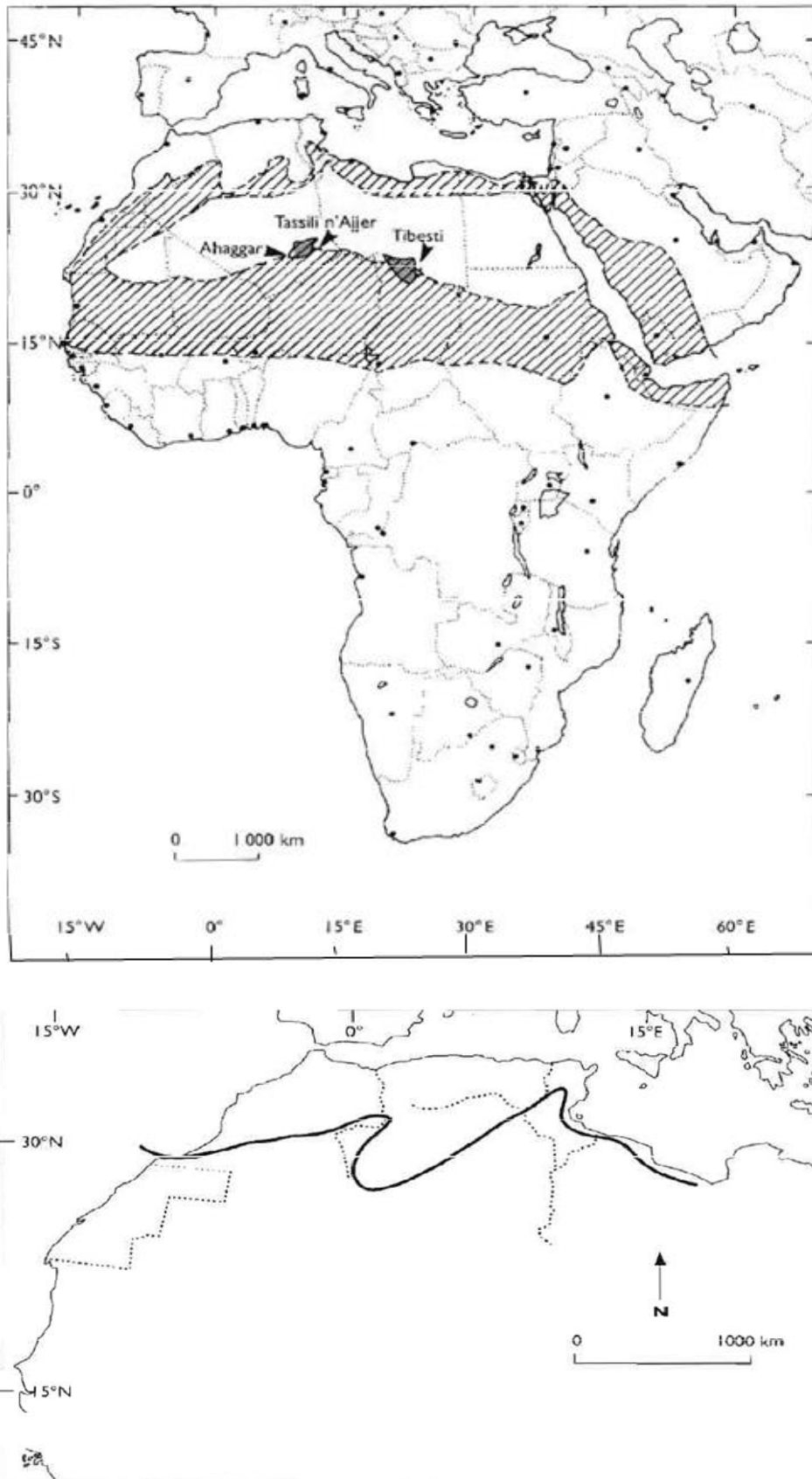


Figure .1. Aire de répartition d'*Acacia tortilis* ssp. *raddiana* (A: en Afrique et Asie ; B: En Afrique septentrionale) (Grouzis & Le Floc'h 2003).

I-2- Taxonomie et la nomenclature

Le taxon d'*Acacia tortilis* subsp. *raddiana* suit la classification APG III (2009)

Régne Plantae

Clade Angiospermes

Ordre Fabales

Famille Fabaceae

Sous-famille Mimosoideae

Tribu Acacieae

Genre *Acacia*

Espèce *Acacia tortilis*

Sub sp *Acacia tortilis* subsp. *Raddiana*



Figure 2 : L'arbre d'*Acacia tortilis*



Figure 3 : l'aspect d'un rameau et fruit d'*Acaciatortilis*

L'*Acacia raddiana* se présente sous formes d'arbuste puis arbre à rameaux âges blanc ivoire avec de longues épines droites, généralement blanches, de taille de 2 à 10 mètres.

Les feuilles sont deux fois divisées : la nervure centrale porte d'autres paires de nervures latérales appelées bipennes.

Les fleurs sont régulières, généralement petites, groupées en têtes globuleuses ou en épis cylindriques. Selon les espèces les inflorescences peuvent comporter de quelques fleurs à plus d'une centaine. En général, ils fleurissent tout au long de l'année avec une éclosion principale au printemps et une floraison de moindre importance le reste de l'année. Les fleurs sont en général jaunes, ou bien blanches en capitules denses de 1 à 2 cm de diamètre.

Les fruits sont des gousses ; les gousses contournées en spirale.

1-3- 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, Ducouso 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 cinquante, 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*. Brenan (1957) a révisé le complexe, et reconnaît une seule espèce variable et d'aire étendue, *A. tortilis*, avec quatre sous-espèces plus ou moins délimitées géographiquement, à savoir :

- *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne subsp. *Heteracantha* (Burch) Brenan
- *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne subsp. *tortilis* Brenan
- *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne subsp. *spirocarpa* (Hochst.) Brenan
- *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne subsp. *raddiana* (Savi.) Brenan

C'est à Vassal (1972) que l'on doit la plus récente révision nomenclaturale le dénommant comme une sous-espèce : *Acacia tortilis* ssp. *raddiana* (Savi) Brenan.

1-4- Répartition de l'*Acacia raddiana*

Cette sous-espèce s'étend sur la latitude 5° et 32° nord ; elle possède une aire péri-saharienne et moyen-orientale. Elle est caractérisée par une grande plasticité écologique puisqu'elle colonise les régions recevant entre 50 et 1000 mm de précipitations annuelles et situées du niveau de la mer jusqu'à une altitude de 2100 m.

Les populations de ce taxon présentent une grande variabilité génétique, expliquée en partie par la polyploïdie rencontrée. Cette plante peut être classée parmi les espèces à haut potentiel fixateur d'azote mais à faible rendement. Diouf M., Grouzis M. (1996)

1-5- 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 pseudo glabres, de même que les gousses ; l'écorce fissurée est de couleur grise à noir (Brenan et al., 1959).

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.

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.

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 (Photos.1). Ces pédoncules peuvent être groupés par 2 ou 3, à l'aisselle des feuilles (Berhaut 1967).



Photos 1. Feuilles et inflorescences d'*Acacia raddiana* Savi.

Le fruit d'*Acacia tortilis* se présente comme des légumes ou gousses spiralées (tortillées). Elles ont 10 à 15 cm de long et 5 mm de large (Photos .2), verts au stade juvénile et brun clair à maturité. Elles contiennent jusqu'à 10 graines brunes, ovales avec deux côtés larges et une concavité ovale foncée (Von Maydell 1986).



Photos 2. Appareil végétatif et fruit d'*Acacia raddiana* Savi.

Le système racinaire d'*Acacia tortilis* est pivotant et bien développé, ce qui lui permet d'exploiter différentes couches du sol. Quant aux racines secondaires, elles apparaissent généralement à une faible profondeur (inférieure à 1 m). Le Houérou pense que les racines de cette espèce peuvent excéder 40 m de profondeur dans le ferlo du Sénégal, puisque la distribution de l'espèce se superpose parfaitement avec le niveau piézométrique de -40

1-6- Ecologie

Il est généralement reconnu que cette sous-espèce prospère bien sur les sols légers et bien drainés ;

- Sur les sols sablonneux-limoneux et pierreux des oueds, les zones d'épandage et les ravins pierreux Maire R. (1933)
- Sur les sables, les sols bruns steppique, sur les colluvions et sur les sables quaternaires Diouf M., Grouzis M. (1996)
- Sur les terrains salés littoraux, ou on le rencontre parmi les espèces halophiles Audru J., Cesar J., Lebrun J.P. (1994)
- Dans les bas-fonds alluviaux, Le Houérou H.N. (1995)

1-7- Phénologie d'*Acacia raddiana*

La feuillaison d'*Acacia tortilis* subsp. *raddiana* est continuellement visible, et s'étend sur presque toute l'année. Cependant, il faut signaler, l'existence d'une défeuillaison qui est partielle pour certains individus.

Ce type particulier de variabilité a d'ailleurs été décrit au niveau d'une population d'*Acacia tortilis* de la mare d'Oursi au Burkina-Faso (Piot et *al.*, 1980). S'établissant dans le Negev au mois de juillet de chaque année, indépendamment de la température et de la disponibilité en eau, la défeuillaison d'*Acacia tortilis* est telle que certains individus sont partiellement défeuillés (réduction du feuillage de 40 à 50%), alors que d'autres sont totalement dénudés (Halevy et Orshan, 1973).

La chute des feuilles peut être considérée pour la manifestation ultime du développement foliaire. Les feuilles devront croître, vieillir et chuter à plus ou moins long terme, suivant leur durée de vie. *Acacia tortilis* est donc à considérer comme une espèce semi sempervirente, avec des périodes de pleine et de basse feuillaison, et ce d'après la synthèse de (Brenan et Kessler ,1995). La relative continuité de la feuillaison suppose une superposition entre les stades de défeuillaison et de début de feuillaison. Ce dernier stade est pleinement visible en saison pré pluvieuse. Le débourrement qui précède les pluies est un phénomène connu sous le nom de précession de feuillaison (Le Houérou, 1989).

Dans le même contexte, *Acacia tortilis* se caractérise par une floraison assez étalée dans le temps. D'après (Chaieb et *al.* 1991), au sein de la même population, ce stade semble

être variable d'une région à une autre, et même d'un individu à un autre. Ces auteurs, constatent que l'apparition des bourgeons floraux a lieu à la fin du mois de juin et se poursuit jusqu'à la deuxième décennie du mois de juillet de chaque année. Toutefois, un décalage peut souvent avoir lieu, même au sein de la même population. Ceci résulte, d'une fluctuation des facteurs édapho-climatiques. De son côté, (Grouzis ,1991) a eu la même constatation pour *Acacia adonsonii*. Cet auteur considère, en plus des facteurs cités, les variations génétiques de l'espèce.

Au sud du Sahara, les études de (Diouf ,1996), ont montré que la floraison présente un certain décalage par rapport à la feuillaison. La coïncidence de la croissance phénologique d'*Acacia tortilis* subsp. *raddiana* avec la période des hautes températures et de grande Evapotranspiration Potentielle (saison de l'été), révèle une complémentarité fonctionnelle de cette espèce, normalement paléo tropicale, avec celle des espèces d'origine méditerranéenne.

En guise de conclusion, si certaines caractéristiques sont connues, comme par exemple le fait qu'*Acacia tortilis* soit une espèce à feuillage partiellement ou complètement caduque au cours de l'année, il faut toutefois reconnaître que peu de travaux ont été consacrés à l'étude détaillée du cycle biologique annuel de ce taxon. Ainsi, les auteurs ont des avis opposés, surtout pour le déroulement temporel moyen du développement à savoir l'apparition, l'épanouissement et le déclin d'une telle phénophase. Cependant, plusieurs auteurs s'accordent sur le fait que le facteur le plus déterminant d'une telle phase phénologique est la réserve hydrique du sol (Grouzis et Sicot, 1980 ; Borchert, 1994 ; Reich et Borchert, 1984).

1-8- *Acacia raddiana* en Algérie

En Algérie, l'*Acacia raddiana* se trouve sur les axes d'eau temporaire représentés par les oueds où l'humidité est suffisante pour favoriser l'installation d'un sol plus profond et plus riche en éléments fins (lemons et argiles). Il est localisé essentiellement dans la Saoura où il représente les reliques d'une savane désertique. Au Sahara nord occidental le parallèle de Béchar (31° 30' de latitude) constitue sa limite supérieure. Par contre, ces peuplements font défaut dans tout le Sahara septentrional. Il convient toutefois de signaler l'existence de cet arbre dans les oueds qui entaillent le versant méridional du Tademaït et sur le versant Nord occidental (Quezel et Simonneau, 1963). Sa répartition est limitée au nord par les températures minima et peut supporter jusqu'à -7°C à +10°C. La tranche pluviométrique est très faible et va de 0 à 120 mm.

1-9- Principales utilisations

1-9-1- Alimentation animale

Il est partout reconnu un grand intérêt fourrager au feuilles, gousses, jeunes rameaux et même aux épines, et ce plus particulièrement pour les chèvres et les dromadaires. Les girafes sont également grandes consommatrices d'Acacia en général Gillet H. (1981)

L'ingestion des gousses, grains, rejets, stipules et jeunes épines constituerait selon Bellakhdar J. (1978) un remède efficace contre la « colique de sable » qui affecte les dromadaires en zone saharienne.

1-9-2- Alimentation humaine

L'*Acacia raddiana* est aussi comme aliment pour l'homme Gast M. (1968)

- Les graines des gousses sèches sont transformées en une farine. Cette farine est aussi parfois mélangée à de la farine de blé, ou encore d'orge pour faire des bouillies.
- Les feuilles crues sont également consommées en période de grave disette.
- La gomme s'écoulant des blessures des parties basses des troncs est très amère peu consommée comme aliment. Par contre la gomme qui exsude des branches hautes des jeunes arbres est parfois mâchée par les enfants.

1-9-3- Utilisation du bois

Il est partout reconnu que le bois d'*Acacia raddiana* constitue un combustible très apprécié et de pouvoir calorifique relativement élevé. Le charbon de bois qu'il procure est également apprécié. Il s'agit en outre d'un bois d'œuvre (gousses, racines, troncs) assez recherché, par contre l'écorce des racines sert au tannage des peaux ; même pour la fabrication de lanières.

Les écuelles et les mortiers sont creusés dans les bois les plus gros, de même que le pommeau et le dossier de la selle des dromadaires Passager P., Barbançon G. (1956)

1-10- 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; Haro et Oba 1993).

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

1-11- Germination des graines d'*Acacia raddiana*

Le tégument des graines d'*Acacia raddiana* a une structure anatomique typique des légumineuses qui induit une forte inhibition de la germination. Cela implique qu'une scarification du tégument est nécessaire pour permettre l'imbibition et la germination des graines. Cette forte inhibition tégumentaire explique aussi que les graines restent intactes après passage dans le tractus digestif des animaux sauvages ou domestique qui le consomment. Diouf M., Grouzis M. (1996)

Les semences d'*Acacia raddiana* peuvent conserver leur viabilité pendant plusieurs années, in situ ou en collections. La germination est optimale à une température comprise entre 20 et 35 °C, elle est peu perturbée par des contraintes hydriques ou salines fortes. Diouf M., Grouzis M. (1996)

La présente synthèse montre enfin que la maîtrise de la technologie des semences d'*Acacia raddiana* est suffisante pour envisager l'utilisation de cette espèce en reboisement. Diouf M., Grouzis M. (1996)

1-12- Germination

La germination est le passage de la vie lente de la graine à la vie active, sous l'effet de facteurs favorables. Selon Mazliak (1982), c'est un processus physiologique dont les limites sont le début de l'hydratation de la semence et le tout début de la croissance de la radicule.

Une semence a germé, lorsque la radicule a percé les enveloppes ou elle est visiblement allongée. Come D (1970)

La germination comprend plusieurs phases physiologiques successives, dont la plus importante est appelée germination sensu stricto, qui s'achève juste avant la croissance de la radicule. Mazliak P (1982)

Le processus de la germination dépend des facteurs intrinsèques (âge et état de la plante, évolution physiologique et morphologique de la graine) et extrinsèques (humidité, température, oxygène) Come D (1970) Mazliak P (1982)

Il comprend trois principales phases successives :

➤ **La première phase** : c'est la phase d'imbibition de la graine, qui se traduit par une augmentation régulière et importante de l'activité respiratoire Come D (1970) Mazliak P (1982)

➤ **La deuxième phase** : c'est la germination sensu stricto elle est marquée par un arrêt de l'absorption de l'eau et une activité respiratoire régulière. Mazliak P (1982)

➤ **La troisième phase** : elle est caractérisée par une reprise de l'absorption de l'eau et une activité respiratoire de plus en plus importante du au développement de la radicule. Mazliak P (1982)

1-13- Le pouvoir germinatif

Le pouvoir germinatif définit l'aptitude d'une graine à germer, soit la durée maximale qu'une graine peut consentir avant de perdre la capacité de germer, quand l'ensemble des conditions sont réunies. Mazliak P (1982)

Le pouvoir germinatif dépend d'une grande partie des conditions dans lesquelles on place les graines.

Les causes de variabilité des propriétés germinatives sont multiples et mal connues Come D (1970) ; elles dépendent surtout du patrimoine héréditaire ; mais aussi des facteurs de l'environnement qui peuvent modifier l'expression de ces propriétés d'origine génétiques.

Cette hétérogénéité est due selon Mazliak P (1982) à trois catégories de facteurs :

➤ Conditions de développement des semences sur la plante (température, ensoleillement, pluviosité, nature du sol). L'origine géographique des semences est donc très importante.

➤ Condition de conservation (méthodes, température, humidité).

➤ Condition de germination : plus ces conditions sont défavorables et plus le lot semble être hétérogène. (Variabilité génétique).

1-14- Levée d'inhibition tégumentaire

Il arrive que les graines ne germent pas, même en présence d'eau ; cette absence de germination est due à plusieurs causes l'une d'entre-elle est l'enveloppe appelée tégument de la graine. Ne permettant pas le passage de l'eau ou bien l'imperméabilité de l'oxygène, peuvent avoir pour résultat une dormance de semences ; ce qui cause l'inhibition tégumentaire Werker E. (1980)

Les graines nécessitent une ablation des téguments, pour permettre le passage de l'oxygène et de l'eau afin de permettre la respiration de l'embryon. Werker E. (1980)

Des tentatives répétées de germination de graine d'*Acacia raddiana* avec l'endocarpe intact ont donné, selon la littérature, moins de 5 % des taux de germination. Pour surmonter cette dormance, la graine doit être scarifiée, ce qui consiste à entamer le tégument, ou traitée par d'autres méthodes propres à la rendre perméable à l'eau et à hâter la germination. Werker E. (1980)

Il existe plusieurs méthodes pour lever l'inhibition tégumentaire ; soit naturelle dont les graines nécessitent d'être mangées par les animaux pour que le tégument soit digéré, soit artificielle par l'intervention de l'homme. Werker E. (1980)

1-15- Méthodes de levée de l'inhibition tégumentaire

Comme on l'a mentionné précédemment, des processus doivent se produire pour que les graines d'*Acacia raddiana* puissent germer.

On peut classer les prétraitements des graines d'*Acacia* avant le semis selon les catégories suivantes : traitement mécanique, traitement par la chaleur sèche, traitement chimique, traitement par l'électricité.

1-15-1- Traitement mécanique ou manuelle

On peut scarifier efficacement de petites quantités de semences en éraflant les graines une par une avec du papier de verre, en les entaillant avec un couteau ou bien un coupe angle,

ou en frottant au papier de verre l'extrémité opposée à la radicule jusqu'à ce que le cotylédon soit visible.

Toute fois étant donné qu'il faut traiter les graines une par une, ces méthodes ne sont guère applicables à grande échelle. Folliott P.F., Thames J.L. (1983)

Pour de grandes quantités de semences, on peut obtenir une scarification en pilonnant les graines avec du sable, ou en les frottant sur une plaque abrasive. Ces deux techniques sont simples et peu coûteuses, et se sont avérées efficaces. Folliott P.F., Thames J.L. (1983)

On peut encore améliorer la germination des graines d'Acacia scarifiées en les soumettant à des chocs modérés. La méthode la plus simple consiste à les secouer dans un récipient en métal ou en verre pendant environ 15 minutes, à raison de deux chocs par seconde. Folliott P.F., Thames J.L. (1983)

Une scarification mécanique peut également être réalisée à l'aide d'une batteuse. Folliott P.F., Thames J.L. (1983)

La germination des graines d'acacia scarifiées par cette méthode est voisine de 95%. Si elle n'est pas convenablement effectuée, la scarification risque de réduire la longévité des semences entreposées, et de produire un pourcentage variable de plants défectueux. Il faut par conséquent y apporter un soin extrême. Folliott P.F., Thames J.L. (1983)

1-15-2- Traitement chimique

Plusieurs traitements chimiques peuvent être appliqués pour la scarification des graines d'Acacia ; dont un même but afin de lever l'inhibition.

Parmi ces différents traitements ; on peut traiter avec l'alcool éthylique ou bien l'acide sulfurique, mais aussi avec de l'eau bouillante.

1-15-2-1- Traitement chimique par l'acide sulfurique H₂SO₄

Pour des lots de semences importants, un traitement à l'acide sulfurique concentré (98%) est souvent recommandé, si le temps de trempage dans l'acide a été déterminé au préalable ; le plus couramment, il varie entre 15 et 30 minutes. L'accroissement de la germination du au traitement à l'acide sulfurique est généralement « « « « augmentant sa perméabilité à l'air et l'eau, les graines doivent être méticuleusement rincées à plusieurs reprises dans une grande quantité d'eau après le trempage dans l'acide. Folliott P.F., Thames J.L. (1983)

1-15-2-2- Traitement chimique par l'eau bouillante

La dormance des graines d'Acacia peut être rompue en les couvrant d'eau bouillante, et en les laissant ensuite tremper pendant 24 heures dans l'eau qui se refroidit. Cette technique susceptible d'accroître l'imbibition et améliorer les taux de germination. Folliott P.F., Thames J.L. (1983) un trempage des graines d'Acacia dans l'eau du robinet à température normale est généralement inefficace pour rompre la dormance.

1-15-2-3- Traitement chimique par l'eau éthylique CH₃-CH₂-OH

Des petits échantillons de graines d'Acacia ont été scarifiées avec succès par immersion dans l'alcool éthylique absolu pendant 12 heures. Folliott P.F., Thames J.L. (1983)

1-15-3- Traitement par la chaleur sèche

L'application de la chaleur sèche entre 60°C et 80°C pendant 24 heures c'est avéré efficace pour accroître l'imbibition et la germination de graines d'Acacia. Par contre, une exposition à des températures de 90°C et plus pendant 3 heures ou plus peut les endommager sérieusement Folliott P.F., Thames J.L. (1983)

Dans une expérience de laboratoire effectuée en Inde, l'exposition de graines d'Acacia à une température constante de 35°C pendant 24 heures a accru les taux de germination, tandis qu'une exposition à des températures basses, de 3°C à 10°C par exemple n'avait que peu d'effet. Folliott P.F., Thames J.L. (1983)

1-15-4- Traitement par l'électricité

Selon les travaux réalisés par Nelson et *al.*, (1978), l'exposition de graines d'Acacia à un chauffage diélectrique dans un champ électromagnétique de fréquence variant entre 10 MHz et 39 MHz accroît le taux de germination. Toutefois, d'autres études seront nécessaires pour démontrer la possibilité pratique d'un traitement des semences par hautes fréquences pour la dormance.

CHAPITRE 02 :
Généralité sur le stress

2-1- Notion de stress

Le stress est une contrainte qui peut se résumer à une (ou plusieurs) force(s) de déformation appliquée(s) à un corps. Cette contrainte modifie les dimensions et la forme du corps exposé traduisant sa tension intérieure (Levitt, 1980). Un stress biologique n'est pas une force à proprement parler mais une déformation plastique du corps exposé.

Par analogie à la physiologie des plantes, une contrainte environnementale va provoquer une tension interne dans l'organisme exposé.

Le stress perçu par une plante, autrement dit le niveau de tension interne, dépend de la résistance de l'organisme à un type de stress appliqué avec une certaine intensité.

En plus du type de stress et de son intensité, il faut également considérer la durée d'exposition. En effet, si l'intensité d'un stress est trop faible pour provoquer des dommages irréversibles à court terme, à long terme, ce stress peut provoquer des changements plastiques, voire la mort de l'organisme (Levitt 1980).

Un organisme vivant est capable de s'adapter. En effet, par ce processus les blessures peuvent se résorber et la résistance au stress se modifier. Selon (Levitt 1980), on distingue deux types d'adaptation :

- **l'adaptation élastique** (ou capacité d'adaptation) concerne un organisme adapté qui peut vivre, croître et réaliser son cycle de vie en présence du stress.

- **l'adaptation plastique** (ou résistance à l'adaptation) inhibe la croissance et ainsi tous dommages irréversibles éventuels jusqu'à la disparition partielle ou complète de l'agent stressant. Si l'adaptation est élastique, elle engendre des stratégies de résistance particulières. Il existe deux stratégies de résistance (Levitt, 1980).

- **La résistance par exclusion** : souvent réduite au terme de résistance. L'organisme inhibe ou réduit la pénétration du stress (substance toxique) dans ses tissus. L'organisme augmente ainsi le niveau de stress nécessaire pour un même niveau de tension interne.

- **La résistance par tolérance (inclusion)** : souvent réduite au terme de tolérance.

L'organisme absorbe l'agent stressant pour rétablir l'équilibre thermodynamique avec son environnement sans subir de blessures irréversibles tout en poursuivant sa croissance. L'organisme réduit ainsi la tension interne pour un même niveau de stress.

2-2- La salinité

2-2-1- Définition de la salinité

La salinité est définie selon plusieurs chercheurs comme la présence d'une concentration excessive de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation (BAIZ, 2000 et MAATOUGUI, 2001). C'est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité (ALLAKHVERDIEV et al, 2000 in BOUZID, 2010). La salinité élevée des sols due essentiellement au chlorure de sodium affecte le tiers des terres irriguées à l'échelle mondiale et constitue un facteur limitant prépondérant de la production végétale dans les zones arides (HASEGAWA et al, 1986 in : NDEYE THIORO, 2000).

➤ **Les chlorures** : principalement : le chlorure de sodium (NaCl), le chlorure de calcium (CaCl₂) et chlorure de magnésium (MgCl₂) ce sont plus soluble et forte toxicité. La présence de sels solubles en quantité importante ou d'un horizon sodique à structure dégradée, caractères qui ont une influence néfaste sur le développement de la végétation ou des cultures (AUBERT, 1982).

2-2-2- Répartition des sols salés

La salinisation des sols est non seulement liée aux conditions climatiques (fort ensoleillement et faible pluviométrie) mais également au recours souvent mal contrôlé à l'irrigation, ce qui entraîne une accumulation des sels dissous en surface (BENNACEUR et al, 2001 in BOUCHOUKH, 2010). Les sols salins couvrent 397 millions d'Hectare (F.A.O., 2004). En Afrique, près de 4 Mha sont affectés par la salinisation, soit près de 2% de la surface totale.

En Algérie, plus de 20% des sols irrigués sont concernés par des problèmes de salinité (DOUAOUI et HARTANI, 2008). Les sols salins se rencontrent dans les basses plaines et vallées d'Oranie, vallée de la Mina, près de Relizane par exemple, sur les hautes plaines au sud de Sétif et de Constantine, aux bords de certains chotts comme le Chott Melghir. Ils ont aussi une grande extension dans les régions Sahariennes au Sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla au-delà (AUBERT, 1982)

2-3- Types de salinité

Bien que l'altération des roches et les minéraux primaires soit la principale source de tous les sels, les sols salés sont rarement formés par accumulation de sels in situ. Plusieurs causes sont à l'origine de ce phénomène (Maillard, 2001).

2-3-1- Salinisation primaire

Près de 80 % des terres salinisées ont une origine naturelle « édaphique », on qualifie alors la salinisation de « primaire ». Dans ce cas, celle-ci est due à la formation des sels pendant l'altération des roches ou à des apports naturels externes.

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

Ce type de sol est très fréquent dans les zones arides dû à une évapotranspiration potentielle qui dépasse largement la quantité d'eau arrivée au sol (Antipolis, 2003).

2-3-2- Salinisation secondaire

Près de 20% des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique ; sont qualifiées de « secondaires » dû principalement à l'irrigation des terres avec une eau de mauvaise qualité (eau saline), un lessivage insuffisant et un drainage défaillant (Anonyme, 2006 et Le goupil, 1974).

2-4- Le stress salin et les plantes

Le stress salin se définit comme la présence de concentrations excessives de sels solubles dans le sol, se traduisant par des dégâts sur la plante allant d'une baisse légère de rendement à une détérioration totale de la plante. Généralement, un taux élevé de Na^+ et Cl^- cause le stress salin. Le stress salin a un triple effet ; il réduit le potentiel hydrique, cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique et provoque une toxicité ionique. Le stress salin s'applique plutôt à un excès d'ions, en particulier, mais pas exclusivement, aux ions Na^+ et Cl^- .

Les stress altèrent le métabolisme végétal menant aux effets négatifs sur la croissance, le développement et la productivité des plantes. le stress perçu par une plante, autrement dit le

niveau de tension interne, dépend de la résistance de l'organisme à un type de stress appliqué avec une certaine intensité. En plus du type de stress et de son intensité, il faut également considérer la durée d'exposition. En effet, si l'intensité du stress est trop faible pour provoquer des dommages irréversibles à court terme, à long terme, ce stress peut provoquer des changements plastiques, voire la mort de l'organisme. Face à ce danger, toutes les plantes ne sont pas égales. Certaines, nommées glycophytes, ne sont pas capables de supporter la présence de sel. Les halophytes, au contraire, ont développé des réponses physiologiques pour assurer leur approvisionnement en eau tout en préservant leur métabolisme (LUTTGE et al, 2000 ; CALU, 2006).

Suivant la production de biomasse des végétaux en présence de sel, deux grands groupes de plantes ont été discernés - Les halophytes Accumulent le sel dans leurs vacuoles au niveau des feuilles pour augmenter leur pression osmotique. Elles fabriquent également des osmoticum (ou osmolytes), molécules organiques qui s'accumulent dans les vacuoles, pour contrecarrer l'action du sel en augmentant la pression osmotique cellulaire, ce qui en limite ainsi l'entrée. On distingue trois cas d'halophytes : Les halophytes vraies dont la production de biomasse est stimulée par la présence de sels. Ces plantes présentent des adaptations poussées et sont naturellement favorisées par ces conditions (*Salicornia europaea*, *Suaeda maritima*...). Les halophytes facultatives, montrant une légère augmentation de la biomasse à des teneurs faibles en sels (*Plantago maritima*, *Aster tripolium*...) et les non-halophytes résistantes, supportant de faible concentration de sel (*Hordeum sp.*) (CALU, 2006) - Les glycophytes ou halophobes Plantes sensibles à la présence de sel (*Phaseolus vulgaris*, glycine max...) (CALU, 2006) et dont l'halotolérance est limitée, il y a plutôt un rejet de sel. Elles expulsent activement du Na⁺ au niveau des racines, mais en accumulent dans les vacuoles des feuilles. Pour combattre le stress, les plantes déclenchent plusieurs mécanismes qui les font

Chapitre III Résultat et discussion 9 résistantes avec la formation de nouvelles molécules et des mécanismes moléculaires de tolérance (SUBRAMANYAM et al, 2008).

2-5- Effet 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 qui diminue d'une façon importante avec l'augmentation de la salinité.

2-5-1- 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 *Na Cl* 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).

2-5-2- Effet du sel sur la croissance et le développement

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. Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (Chartzoulakis et Klapaki, 2000).

Il s'est avéré aussi que les feuilles sont 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).

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. D'une manière générale, 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 (Le vigneron 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.

2-5-3- Effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques

L'activité photosynthétique peut être affectée par plusieurs stress dont la salinité, le stress hydrique, le stress métallique, une nutrition inadéquate...etc. (Tabaeizadeh Z, 1998 ; Tripathi et Tripathi, 1999 ; Chugh et sawhney, 1999 ; Almeida viegas et *al.*, 1999 ;Eliklil, 2002).

Selon Landis et Yu (1995), les dommages causés se manifestent par des chloroses au niveau des feuilles et des lésions nécrotiques, donc par dégradation des chlorophylles.

A l'échelle du chloroplaste, (Sudhir et Murthy ,2004) ont montré que ce sont les processus de carboxylation, et non la photophosphorylation, qui sont les plus affectés par le

stress salin. Cependant, la réponse des plantes aux variations de salinité des milieux est fortement dépendante du génotype et /ou de l'importance de la contrainte saline (Hawkinset Lewis 1993) Ainsi, chez *Bruguiera parviflora*, le taux de photosynthèse augmente pour des faibles niveaux de salinité et décroît pour des teneurs élevées, sans modification sur la conductance stomatique (Parida et al., 2004).

Les ions Na⁺ et Cl⁻ en excès induisent une altération de la machinerie photosynthétique (Munns et al., 2006). La teneur en chlorophylle décroît également chez les plantes soumises au stress salin (Maxwell et Johnson 2000 ; Chutipaijit et al., 2011).

Ainsi, chez *Oryza sativa* des concentrations de 200 mM de NaCl induisent une diminution de la Chlb et dans une moindre mesure de la Chla (Amirjani, 2011).

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 (Le vigneron et al., 1995).

02-5-4. Effet de la salinité sur les enzymes antioxydantes

En cas de stress biotique ou abiotique, on observe chez les plantes une production rapide et massive d'espèces réactives de l'oxygène. De nombreuses études ont été menées, notamment chez les plantes, afin de préciser quels facteurs entraînent ce phénomène.

De nombreuses conditions environnementales ont ainsi été définies : la sécheresse, les stress thermiques (hautes et basses températures), l'exposition aux métaux lourds, aux ultraviolets, aux polluants aériens tels que l'ozone et le SO₂, les stress mécaniques, les carences en nutriments, les attaques de pathogènes, la salinité et les fortes expositions à la lumière (Ben Naceur et al., 2005).

Le stress salin cause un déficit hydrique comme conséquence à l'effet osmotique sur les activités métaboliques des plantes. Ce déficit hydrique cause un stress oxydatif à cause de

la formation des espèces réactives de l'oxygène comme les superoxydes, les radicaux hydroxyles et peroxydes. Les espèces réactives de l'oxygène, qui sont le produit des stress hyperosmotique et ionique, causent des dysfonctionnements dans la membrane et la mort cellulaire (Bohnert et Jensen, 1996). Les plantes se défendent contre ces espèces réactives de l'oxygène par la biosynthèse de composés antioxydants tels que les composés phénoliques et l'induction de l'activité de certaines enzymes antioxydantes comme la catalase, la peroxydase, la glutathion réductase et la superoxyde dismutase, qui éliminent les espèces réactives de l'oxygène.

2-6- La tolérance de la plante au stress salin

Les plantes poussant dans les conditions où le sol est affecté par la salinité subissent des perturbations d'ordre physiologique et biochimique (BEN NACEUR et al., 2001). La réponse au sel des espèces végétales dépend de l'espèce même, de sa variété, de la concentration en sel, des conditions de culture et du stade de développement de la plante (MALLEK-MAALEJ et al, 1998).

La plante peut s'adapter au stress salin de différentes manières :

2-6-1- Compartimentation

Un organisme peut difficilement exclure totalement le Na^+ de ses tissus. Chez les plantes, une des stratégies de tolérance à la salinité les plus connues est la compartimentation des ions (Na^+ , Cl^-) en excès dans les tissus. Cette redistribution contrôlée se fait essentiellement dans les vacuoles (HOUALA et al, 2007) et éventuellement, à l'échelle de la plante entière, dans les organes les plus vieux ou les moins sensibles (MUNNS, 1993). Pour être contrôlé, le déplacement des ions au travers des membranes implique un transport actif, consommateur d'énergie, qui utilise différents transporteurs (en densité variable) à la surface des membranes cellulaires (TYERMAN et SKERRETT, 1999 ; ORCUTT et NELSEN, 2000). Une fois vacuolisé, le Na^+ en excès contribue à l'ajustement osmotique sans altérer les processus métaboliques. (TYERMAN et SKERRETT, 1999 ; ORCUTT et NELSEN, 2000)

2-6-2- Ajustement osmotique

L'ajustement osmotique du cytoplasme, suite à un stress osmotique provoqué par la présence de NaCl dans le milieu extérieur est réalisé par l'accumulation de solutés organiques. Parmi ces composés s'accumulent lors du stress salin, on trouve les acides aminés comme la

proline (HASSANI et al 2008), des sucres (fructose, saccharose) et leur dérivés alcool (glycérol, mannitol, pinitol) (KELLER et LUDLOW, 1993) et des méthylamines (glycine bêtaïne) (WERETILNYK et al., 1989). Parmi ces composés s'accumulent lors du stress salin, on trouve les acides aminés comme la proline (HASSANI et al., 2008), des sucres (fructose, saccharose) et leur dérivés alcool (glycérol, mannitol, pinitol) (KELLER et LUDLOW, 1993) et des méthylamines (glycine bêtaïne) (WERETILNYK et al., 1989).

2-6-3- La régulation de la croissance

Le stress provoque une augmentation de la concentration en ABA dans la partie aérienne ou une réduction des concentrations en cytokinine (GUO et DAVID HO, 2008). Ceci résulte en une croissance et une transpiration réduite (ITAI, 1999). La réduction de la croissance est une capacité adaptative nécessaire à la survie d'une plante exposée à un stress abiotique (ZHU, 2001). En effet ce retard de développement permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour limiter les effets du stress avant que le déséquilibre entre l'intérieur et l'extérieur de l'organisme n'augmente jusqu'à un seuil où les dommages sont irréversibles. Pour illustrer cette tendance, dans la nature, la croissance et inversement corrélée à la résistance au stress salin d'une espèce ou variété (RUBIO et al. 2008). En plus du contrôle de la croissance par les signaux hormonaux, la réduction de la croissance résulte de la dépense de ressources dans les stratégies d'adaptation (GUO et DAVID HO, 2008).

2-6-4- Contrôle membranaire

Dans la diffusion facilitée comme dans le transport actif, les protéines membranaires peuvent être très spécifiques de certains solutés. Néanmoins, plusieurs solutés peuvent entrer en compétition par une même protéine de transport (Na^+ et K^+). D'un point quantitatif, la perméabilité membranaire au Na^+ ainsi que l'activité, la quantité et la sensibilité des antiports Na^+/H^+ membranaires évoluent pour s'adapter à un stress salin à long terme (TYERMAN et SKERRETT, 1999)

CHAPITRE 03 :
Matériel Et Méthode

Méthodologie

3-1- Présentation de la région d'étude

3-1-1- Localisation géographique

La zone d'étude est localisée au nord-ouest de la wilaya de Tindouf (sud-ouest algérien) sur une superficie de 296.000 ha entre $8^{\circ}05'00''$ W et $8^{\circ}40'00''$ W, $28^{\circ}25'00''$ N et $28^{\circ}45'00''$ N. Elle est limitée au nord par le Maroc, au nord-est par la wilaya de Béchar, à l'ouest par le territoire du Sahara occidental, à l'est par la wilaya d'Adrar et au sud par la Mauritanie. Notre zone d'étude est caractérisée par un climat saharien à hiver frais, maritime sous l'effet des vents humides venant de l'océan atlantique. Ces conditions climatiques donnent à la région une grande originalité floristique (Chevalier, 1943). Nous signalons que la quasi-totalité de la végétation de la région de Tindouf se rencontre dans les lits d'Oueds et les dépressions car les terrains au Nord et à l'Ouest sont constitués de Reg et de Hamada.

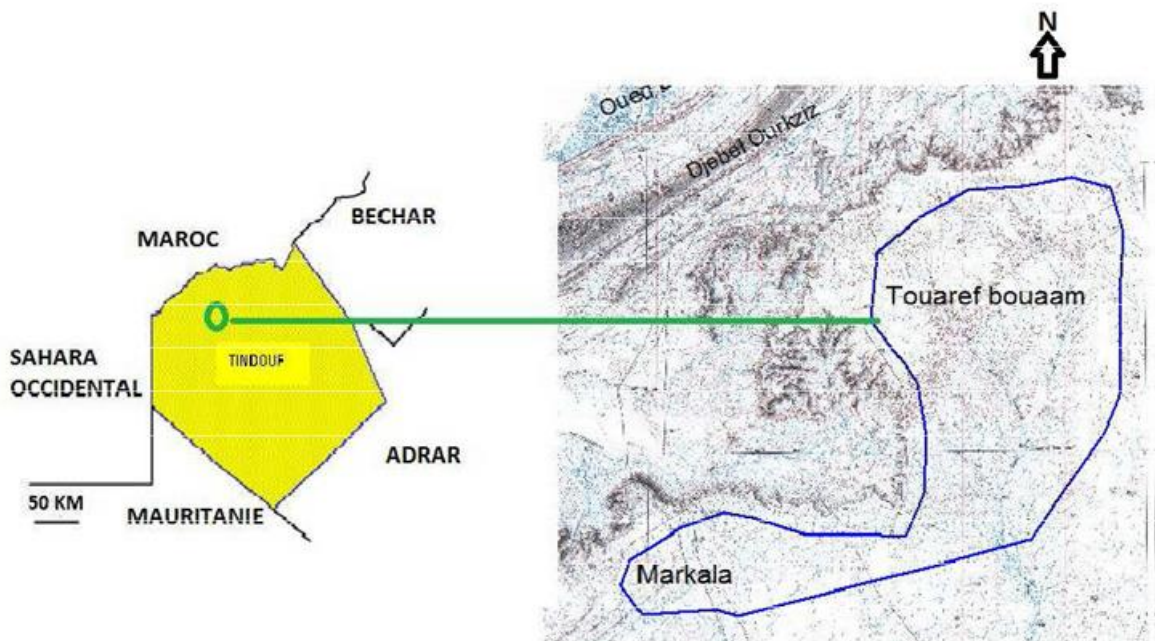


Figure 4. Situation géographique de la wilaya de Tindouf et localisation de la zone d'étude

3-2- Présentation d'*Acacia tortilis*

Acacia tortilis (Forsk.) Hayne subsp *raddiana* (Savi) Brenan (Famille de Fabaceae) est l'arbre emblématique de la steppe arborée du Nord de l'Afrique. L'espèce constitue, dans les zones arides Tunisiennes, une entité particulière et un élément capital dans l'équilibre et le maintien des écosystèmes arides et désertiques et dans la lutte contre le phénomène de la désertification. Dans cet ouvrage l'accent est mis sur l'écologie d'*Acacia tortilis* et l'intérêt ethnobotanique et ethnopharmacologique de l'espèce. L'*Acacia tortilis* tolère la salinité et la sécheresse pendant la germination et le stade adulte à cause du développement rapide des racines. Les différentes parties d'*Acacia tortilis* : les feuilles, les gousses, les exsudats de gomme et l'écorce sont très utiles dans le but médical, pastoral et commercial. Dans le commerce le tanin provenant de la partie de l'écorce utilisé comme un colorant, les gousses et la gomme sont utilisées comme aliment et les feuilles sont utiles pour la fertilité des sols et le pâturage par le bétail.

3-3- Objectif de l'expérimentation

Dans le but de mieux comprendre le phénomène de la salinité et ses impacts sur la vie du Végétale. La recherche menée dans la réalisation de ce travail, s'articule essentiellement sur l'effet de la salinité sur le processus de la germination des graines d'*Acacia (tortilis subsp. raddiana)* ,nous désirons, par le présent travail d'éclaircir les processus, physique de la germination à travers l'évolution de l'imbibition des graines et biochimique par le dosage des sucres solubles comme solutés (osmoticum).

3-4- Provenance

Les graines d'*Acacia tortilis subsp raddiana* Savi proviennent de la collection de la conservation des forêts de Tindouf région de Touiref Oued ELMAE dans le sud-ouest algérien habitat naturel de l'espèce. Les graines ont été récoltés en Aout 2019 et conservés dans des bocaux en verre en chambre froide à l'abri de la lumière et l'humidité.

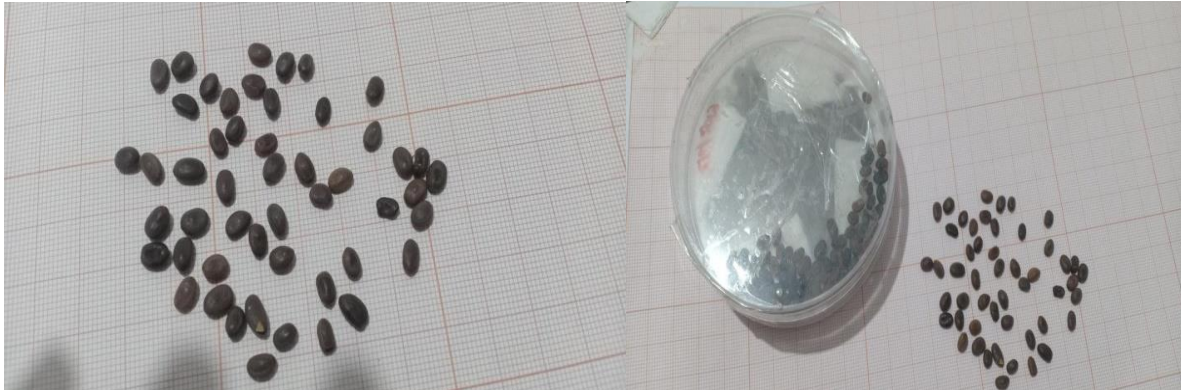


Photo 3 : Graines d'Acacia raddiana (BOURAHLA.N)

3-5- Conditions de culture

Les téguments des graines d'Acacia tortilis raddiana ont une structure anatomique typique des légumineuses qui se traduit par 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.

Les graines d'Acacia raddiana Savi doivent être désinfectées avec l'hypochlorite de sodium et scarifiées manuellement au coupe ongle. Elles seront mises à germer dans des boîtes de Pétri tapissées de deux couches de Whatman n°1 humidifié au départ avec 4 ML d'eau distillée. Le semi doit se faire avec 5 répétition, 20 graine par boîte de Pétri

Le premier lot, représentant les plants témoins, doit être arrosé quotidiennement avec de l'eau distillée. Le second lot représentant les plants stressés arrosé quotidiennement avec de l'eau distillée contenant différentes concentrations de NaCl (50 mM, 100 mM, 200 mM, 300 mM, 400 mM et 600 Mm) et disposées à l'obscurité et à la température optimale de germination identifiée par les tests précédents (25 °C) (Danthu et al., 1992, 1996 ; Ndour, 1997).

Les plantules devraient être distribuées dans la serre selon une conception expérimentale totalement aléatoire, la durée du test a été fixée à la période de germination qui s'est étalée de 5 à 10 jours, le comptage des graines germées a été réalisé quotidiennement.

3-6- Dispositif expérimental

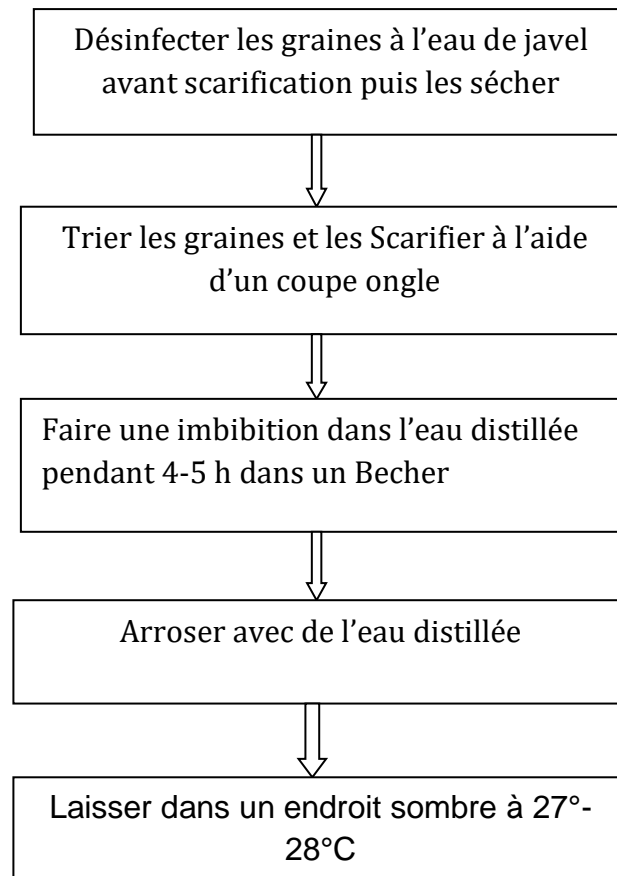


Figure 5 : Dispositif simplifié de la mise en germination des graines d'*Acacia raddiana*

3-7- Les paramètres mesurés durant la période de germination

2.1.1. Cinétique de germination

Elle permet d'appréhender la signification de l'effet du NaCl sur l'évolution germinatif d'*Acacia raddiana* à différentes concentrations. Le nombre de graines germées a été noté toutes les 24 heures pendant 10 jours.

2.1.2. Taux de germination

Ce paramètre constitue un meilleur moyen de déterminer la faculté germinative et d'identification de la concentration métallique qui présente la limite physiologique de germination des graines. Il est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines.

$$TG\% = \frac{n}{N} \times 100$$

n : nombre de graines germées ; **N**: nombre total de graines mises en germination

2.1.3. Moyenne de germination journalière

C'est le rapport entre le pourcentage de germination finale (TG%) et le nombre de jours à la germination finale (N) désigné par MDG « *Mean Daily Germination* » (Osborne J. M. Fox J.E.D. Et Mercer S. (1993)).

$$MDG = \frac{TG\%}{N}$$

2.1.4. Vitesse de germination

Selon Come, la vitesse de germination peut s'exprimer en temps moyen de germination (TMG) équivalent à l'inverse multiplié par 100 du coefficient de *Kotowski* (Kotowski 1926) et conduisant à la formule suivante :

$$TMG = \frac{(N1 \cdot T1) + (N2 \cdot T2) + \dots + (Nn \cdot Tn)}{N1 + N2 + \dots + Nn}$$

N₁ : est le nombre de graines germées au temps T₁,

N₂ : est le nombre de graines germées dans l'intervalle T₁ - T₂.....

2.1.5. Inhibition de la germination

Le pourcentage d'inhibition de la germination a été calculé selon El Hadji [177]:

$$\text{Inhibition \%} = \frac{X_i - Y_i}{X_i} \times 100$$

X_i : nombre de graines ayant germées sur le milieu témoin.

Y_i : nombre de graines ayant germées sur le milieu contenant les ETM

3-8- Analyses statistiques

Chaque traitement est réalisé avec cinq répétitions à raison de 20 graines par boîte. Les données relatives à chaque essai vont faire l'objet d'une analyse de variance à un facteur de classification à l'aide du programme SAS puis, si nécessaire, un classement des moyennes a été effectué à l'aide du test de Newman-Keuls.

Nous pourrions auparavant tester l'égalité des variances en recourant au test de Hartley. Si ce test est non significatif (rejet de l'égalité des variances), on pourrait inciter à recourir à la transformation angulaire ($Y = 2\text{ArcSin}\sqrt{X}$) des taux de germination dont les valeurs transformées seront soumises à l'ANOVA.

CHAPITRE 04 :
Résultats et Discussion

Résultats et Discussion

Cinétique de germination

La figure 06, montre l'effet des différentes concentrations du NaCl sur l'évolution du taux de germination d'*Acacia raddiana* au cours du temps.

Après 10 jours de traitement salin les courbes de germination permettent de distinguer 03 phases.

- **Une phase de latence**

Nécessaire à l'apparition des premières germinations, au cours de laquelle le taux de germination reste faible. La durée de cette phase est nulle pour l'ensemble des concentrations, Elle est courte, de l'ordre de 24 heures sauf pour la concentration 600 mM de NaCl qui est de 48h.

- **Une phase sensiblement linéaire :**

Correspondant à une augmentation rapide du taux de germination et est proportionnelle au temps, La durée de cette phase est variable entre 2 jours et 8 jours selon la concentration en NaCl.

Cependant, Dans le milieu contenant les différentes concentrations, le taux de germination atteint son maximum au bout de 08 jours pour les graines traitées avec 50 ; 100 ; 200 ; 300 et 400 mM et 09 jours pour les graines traitées avec 600 mM, cette phase est plus lente pour la concentration 600 mM par rapport au témoin, et que celle des graines traitées avec les autres concentrations (50 ; 100 ; 200 ; 300 et 400 Mm).

- **Une phase de stabilisation :**

Une troisième phase correspondant à un palier représentant le pourcentage final de germination et traduisant la capacité germinative dans les conditions de l'expérience. Le nombre de graines germées en fonction du temps a été plus important pour le témoin ainsi que les autres concentrations (50 ; 100 ; 200 ; 300 ; 400 mM) et a évolué plus rapidement les trois premiers jours par rapport à la concentration 600 mM qui a présenté un NMG maximum égale à 2 le 9^{ème} jour.

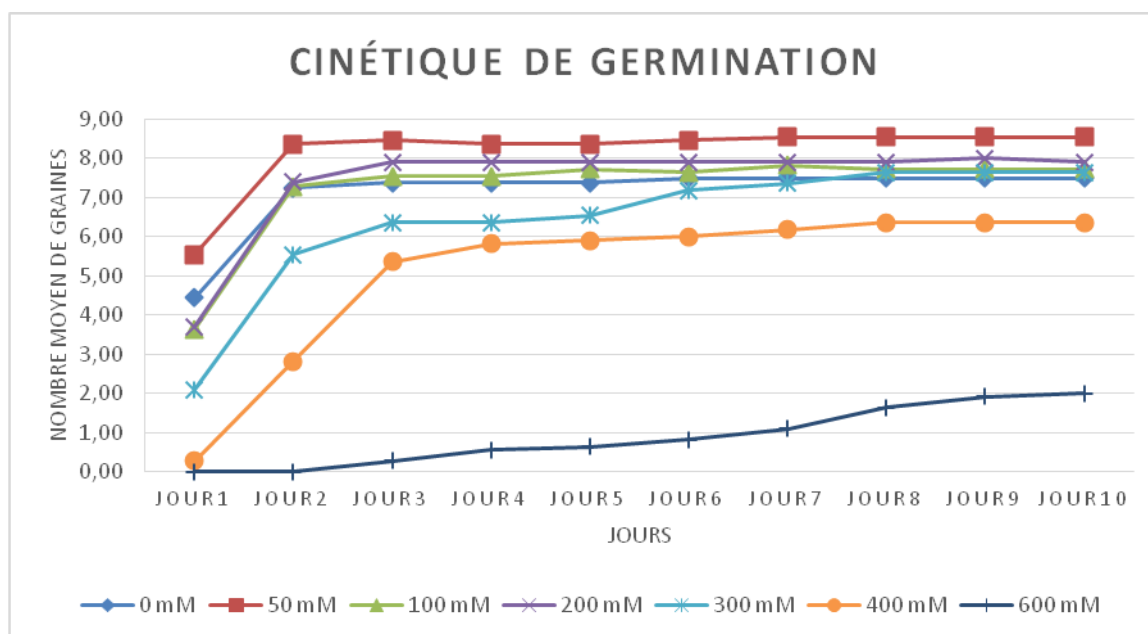


Figure 06 : Effets du stress salin sur la cinétique de germination d’*Acacia raddiana*

Évolution du taux de germination final

Le tableau 01 : suivant montre les résultats des paramètres de germinations d’*Acacia raddiana*

ANOVA à 1 facteur

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Taux de germination (%)	Inter-groupes	32314,040	6,000	5385,673	33,468	0,000 <0,05
	Intra-groupes	11908,182	74,000	160,921		
	Total	44222,222	80,000			
Moynne de germination journalière	Inter-groupes	3,231	6,000	0,539	33,468	0,000
	Intra-groupes	1,191	74,000	0,016		
	Total	4,422	80,000			
Inhibition de la germination (%)	Inter-groupes	64364,843	6,000	10727,474	54,723	0,000
	Intra-groupes	14506,401	74,000	196,032		
	Total	78871,244	80,000			
Temps moyen de germination	Inter-groupes	221,985	6,000	36,998	54,938	0,000
	Intra-groupes	49,834	74,000	0,673		
	Total	271,819	80,000			

Les résultats de l'analyse de variance uni variée (ANOVA) montrent que l'effet du stress salin sur le taux de germination des graines d'*Acacia raddiana* est statistiquement significatif ($p=0,000<0,05$).

Tableau 02 : Effets du stress salin sur la variation de la moyenne de germination journalière d'*Acacia raddiana*

Taux de germination (%)

Concentration en NaCl	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05		
		1	2	3
600 mM	11	20,00		
400 mM	11		63,64	
300 mM	11		74,55	74,55
Témoin (0 mM)	16		75,00	75,00
100 mM	11		77,27	77,27
200 mM	10		79,00	79,00
50 mM	11			85,45
Signification		1,000	,073	,394

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

- Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 11,344.
- Les effectifs des groupes ne sont pas égaux. La moyenne harmonique des effectifs des groupes est utilisée. Les niveaux des erreurs de type I ne sont pas garantis.

Le tableau 02 montre les résultats de taux de germination de l'espèce utilisée traitée par les différentes concentrations de NaCl.

Pour la concentration 600mM on remarque qu'elle forme un sous ensemble (GROUPE 1) unique avec un taux de germination faible de 20%, tandis que la concentration 400mM forme un autre sous ensemble (GROUPE 2) avec un taux de germination de 63,64% accompagné de la concentration 300mM avec 74,55% suivi par le témoin avec 75%, la concentration de 100mM avec 77,27% et la concentration de 200mM avec un taux de 79%, en revanche la concentration 50mM forme un autre sous ensemble (GROUPE 3) avec un taux de germination le plus élevé et remarquable de 85,45% mais aussi regroupe les concentration 300mM ; le témoin ; 100mM et 200mM avec les taux de germination déjà cités avoisinantes de celle-ci donc on va dire qu'ils sont classés dans 2 sous ensembles.(figure06)

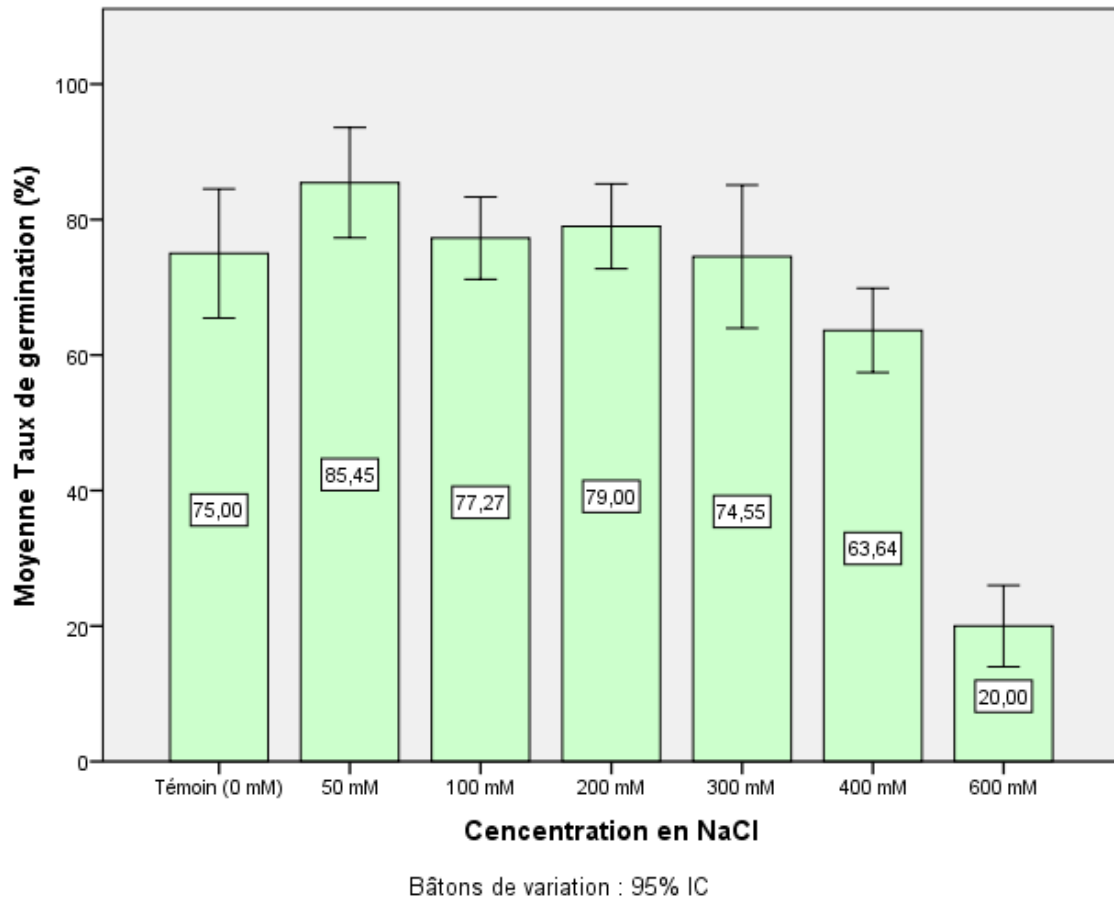


Figure 07 : Effets du stress salin (NaCl) sur le taux de germination d'Acacia raddiana

Moyenne de germination journalière

Les valeurs des moyennes de germination journalière (MDG) d'*Acacia raddiana* soumise à un stress salin sont représentées (tableau03.)

Tableau. 03 : Moyenne de germination journalière

Concentration en NaCl	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05		
		1	2	3
600 mM	11,00	0,20		
400 mM	11,00		0,64	
300 mM	11,00		0,75	0,75
Témoin (0 mM)	16,00		0,75	0,75
100 mM	11,00		0,77	0,77
200 mM	10,00		0,79	0,79
50 mM	11,00			0,85
Signification		1,00	0,07	0,39

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

- Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 11,344.
- Les effectifs des groupes ne sont pas égaux. La moyenne harmonique des effectifs des groupes est utilisée. Les niveaux des erreurs de type I ne sont pas garantis.

Les résultats de la moyenne de germination journalière suivent la même tendance que le taux de germination car en effet la moyenne de germination journalière est en rapport avec le taux de germination ce qui indique les mêmes tendances des résultats. Cependant, la MDG apporte une nouvelle information c'est le nombre de graines germées par jour.

On remarque la concentration 50 mM avec une moyenne de 0.8 graine germée par jour enregistre une vitesse similaire que celle du témoin avec une moyenne de 0.75 graine germée par jour ainsi que celle des concentrations 300 ; 100 et 200 mM avec les moyenne suivantes 0.75 ; 0.77 et 0.79 graine germée par jour (même groupe). Alors que la concentration 600 mM enregistre un effet de ralentissement avec une moyenne de 0.2 graine par jour.

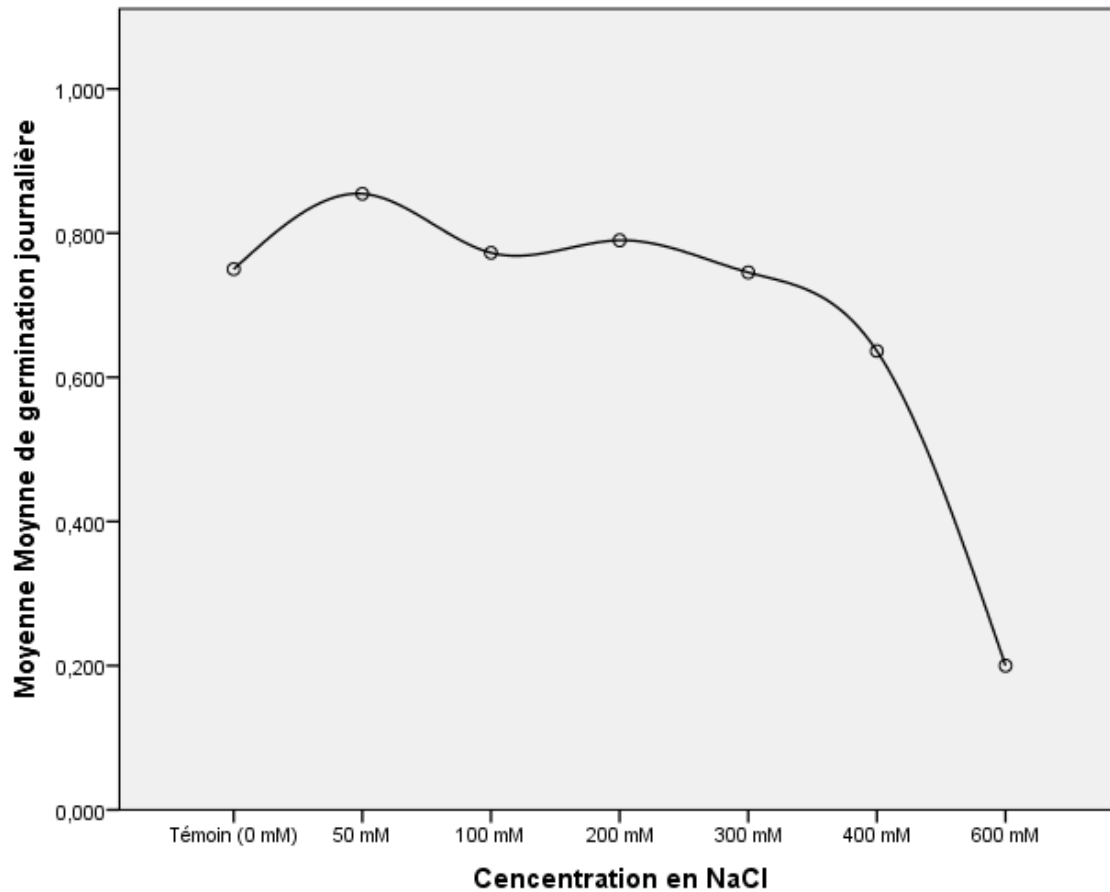


Figure 08 : Effets du stress sur la variation de la moyenne de germination journalière d'*Acacia raddiana*.

La vitesse de germination

L'analyse des résultats présentés dans la figure 08 montre que les graines d'*Acacia raddiana* ayant germées dans l'eau distillée ont un TMG de 1,52 jour.

Sous contrainte causée par le NaCl, la vitesse de germination, exprimée en temps moyen de germination (TMG), enregistre une variation de 1.43 à 6.48 jours pour les boîtes de graines mis en germination en contact avec le NaCl. Cette variation est proportionnelle à la concentration du NaCl ce qui est confirmé par le test de Tukey qui indique l'appartenance tu témoin et des concentrations dans des groupes homogènes différents.

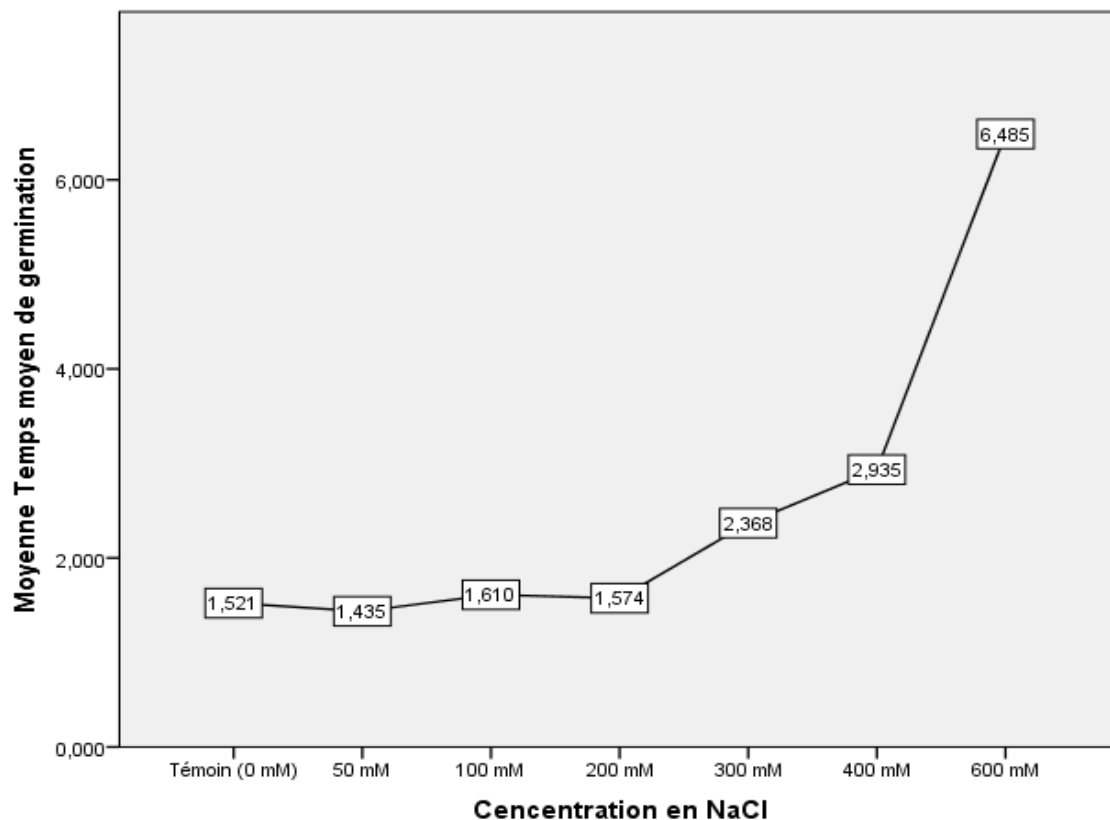


Figure09 : Effet du NaCl sur le temps moyen de germination (par jours) de l’*Acacia raddiana*.

tableau 04 : met en évidence le temps moyen de germination (TMG) des graines d’*Acacia raddiana* en conditions salines, ce dernier est inversement proportionnel à la vitesse de germination

Concentration en NaCl	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05		
		1	2	3
50 mM	11	1,43545		
Témoin (0 mM)	16	1,52125		
200 mM	10	1,57400		
100 mM	11	1,61000		
300 mM	11	2,36818	2,36818	
400 mM	11		2,93455	
600 mM	11			6,48455
Signification		,111	,655	1,000

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 11,344.

b. Les effectifs des groupes ne sont pas égaux. La moyenne harmonique des effectifs des groupes est utilisée. Les niveaux des erreurs de type I ne sont pas garantis.

Les concentrations 50 ; 100 ; 200 et 300 n'engendrent pas des différences aussi importantes par rapport au témoin que celle notées par la concentration 600mM. En effet le TMG varie entre 1.43 et 2.36 graines par jours. Ce qui est expliqué par le Test de Tukey qui montre que ces chiffres sont présents dans le même groupe homogène avec le témoin.

Les deux concentrations 300 et 400 réagissent de la même manière en contact avec les graines d'*Acacia raddiana* avec une variation allant de 2.36 à 2.93 jours. En effet on note un TMG presque similaire. Le Test de Tukey montre un 2^{ème} groupe homogène.

Cette valeur augmente avec l'augmentation de la concentration en NaCl (ce qui signifie une diminution de la vitesse de germination), elle atteint 6.48 jours pour la concentration 600mM. Apparition d'un 3ème groupe homogène avec une seule concentration.

Inhibition de la germination

L'effet du NaCl sur l'inhibition de la germination de l'*Acacia raddiana* consigné dans le tableau 04.

Le taux d'inhibition de la germination le plus élevé est enregistré chez la concentration 600mM (71.42%). On remarque une diminution du taux d'inhibition, proportionnel à la concentration. (Tableau04, figure09).

Tableau 05 :Inhibition de la germination (%)

Concentration en NaCl	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05			
		1	2	3	4
50 mM	11,000	-22,078			
200 mM	10,000	-12,857	-12,857		
100 mM	11,000	-10,390	-10,390		
300 mM	11,000	-6,493	-6,493	-6,493	
Témoin (0 mM)	16,000		0,000	0,000	
400 mM	11,000			9,091	
600 mM	11,000				71,429
Signification		0,126	0,315	0,126	1,000

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 11,344.

b. Les effectifs des groupes ne sont pas égaux. La moyenne harmonique des effectifs des

groupes est utilisée. Les niveaux des erreurs de type I ne sont pas garantis.

La figure 10 résume graphiquement le résultat du test de Tukey pour l'inhibition de la germination d'*Acacia raddiana*. En effet tous les traitements, mis à part la concentration 400 et 600 mM, ne présentent pas de différences statistiquement significatives. Ce qui est expliqué par le fait que tous les traitements sont regroupés dans le sous-ensemble 1, et que la concentration 400 soit dans le sous-ensemble 2 et la 600 mM soit dans un sous-ensemble 3

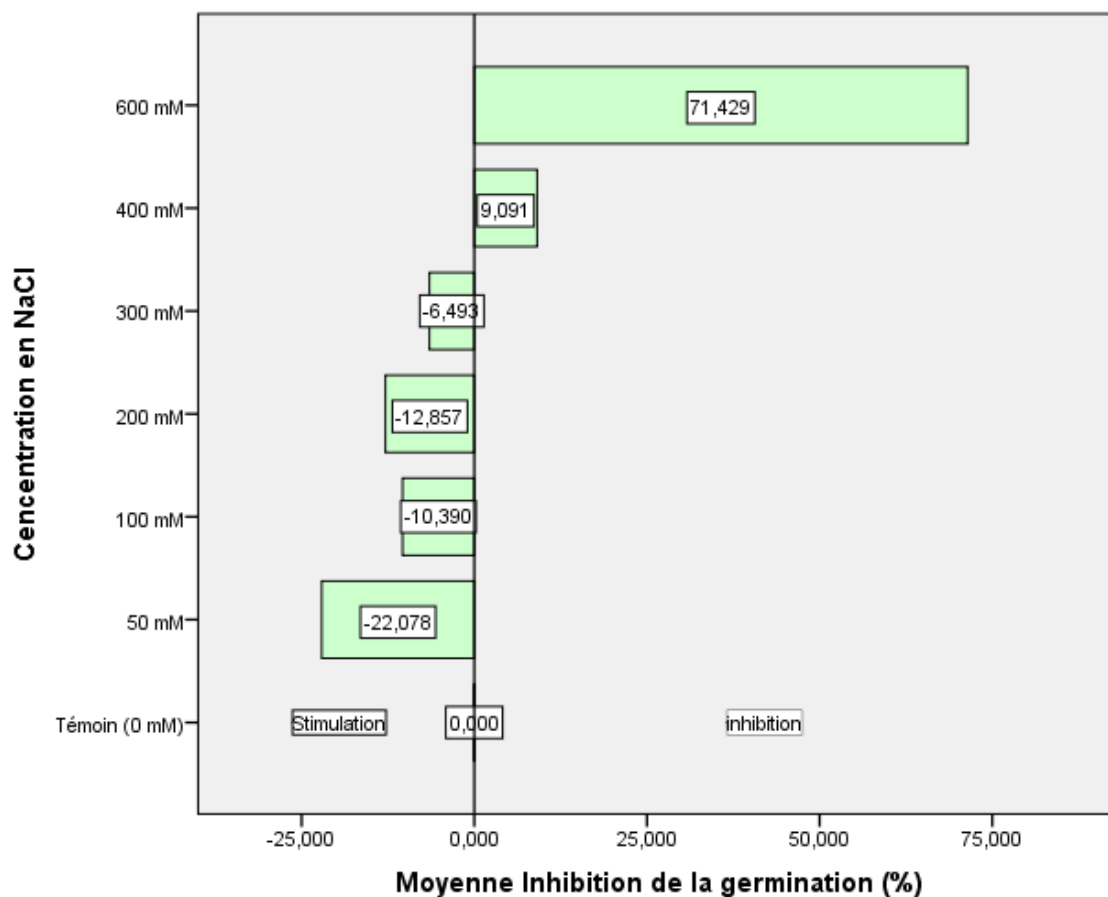


Figure. 10 : L'effet du NaCl sur l'inhibition de la germination d'*Acacia raddiana*

Une concentration de 600 mM de NaCl induit un taux d'inhibition de 71.43%. Cette valeur est la plus élevée suivie par la concentration 400 mM avec un taux d'inhibition de 9.09, la concentration 50 ; 100 ; 200 ; 300 mM induisent une **stimulation** de la germination qui se traduit par des valeurs négatives du taux calculé. Cette stimulation peut aller jusqu'à 22.78 % causée par la concentration la plus faible en NaCl (**Figure10.**)

Quatre groupes homogènes sont dégagés par le test de Tukey (tableau 05). Le premier groupe est celui des traitements qui ont engendrés une **stimulation différente du témoin** regroupant 50 mM en tête. Le second groupe 200 ; 100 et 300 mM avec des taux de 12.85 ; 10.39 et 6.49 respectivement enregistrent un effet stimulateur qui ne diffère pas du témoin. Tandis que le troisième groupe renferme

la concentration 400 mM qui a causé une **inhibition** avec un taux de 9.09 % différente de celle de 50 mM mais n'est pas différente du témoin donc pas une inhibition significative et enfin le dernier groupe représenté par la concentration la plus forte 600 mM avec un taux d'inhibition bien prononcé de 71.43% donc une inhibition significative par rapport à tous les traitements.

Discussion

L'*Acacia tortilis* ssp. *raddiana* var. 'raddiana' constitue un élément capital dans son groupement d'origine au sud Algérien et dans l'équilibre et le maintien de nombreux écosystèmes arides et désertiques.

La motivation de notre étude est d'améliorer nos connaissances sur les facteurs qui déterminent le comportement des semences d'*A. tortilis* vis-à-vis de la salinité, notre étude consistait à montrer les seuils de tolérances ainsi que la capacité de germer après un traitement allant jusqu'à 600 mM de NaCl et probablement à une concentration encore plus élevée, d'après Ndour et al. (1998).

L'introduction de cette espèce dans les programmes de reboisement offre une solution de reforestation durable dans les zones arides et semi-arides mais aussi dans celles affectées par la salinité (environ 1,5 million d'hectares, soit 10 % de la superficie totale (Hachicha, 2007) et permettrait par conséquent des exploitations diversifiées. Néanmoins, la réussite des phases de germination de cette espèce passe inéluctablement par une bonne connaissance de ses caractéristiques germinatives et de développement ainsi que de son comportement vis-à-vis des conditions du milieu.

Concernant le comportement des semences d'*A. raddiana* vis-à-vis de la salinité, notre étude montre qu'elles sont particulièrement tolérantes et qu'elles sont capables de germer après un traitement allant jusqu'à 600 mM de NaCl avec un taux de 20% considéré comme un taux faible par rapport à la concentration 50 mM avec un taux de 85.43 % et probablement à une concentration encore plus élevée.

Les valeurs limites affichées par *A. raddiana* sont nettement supérieures à celles publiées par (Totey et al. (1987) pour *Acacia auriculiformis* A.Cunn. ex Benth. (Dont la germination est réduite dès que la concentration saline atteint 4,6 g.l⁻¹ de NaCl), par Kayan et al. (1990) pour le jojoba (réduction de 50 % de la capacité germinative à 5 g.l⁻¹ NaCl), par (Cavalcante et al., (1995) pour *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit et par

Le retard de germination engendré par les concentrations croissantes du milieu en NaCl, résulterait d'une difficulté d'hydratation des graines par suite d'un potentiel osmotique élevé et peut être expliqué par le temps nécessaire à la graine pour mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne (Ben Miled et *al.*, 1986; Smaoui et *al.*, 1986).

On peut remarquer une relation entre la tolérance à la salinité au moment de la germination et l'écologie de chaque espèce. Donc cette aptitude et capacité à germer en conditions salines représente une caractéristique importante pour la réhabilitation et le reboisement, mais est aussi intéressante à exploiter pour valoriser les sols marginalisés et touchés par la salinisation.

Nos résultats permettent de supposer que, d'après l'analyse de la tolérance au stress salin, les graines d'*A. raddiana* ne devraient pas avoir de grandes difficultés à germer en régions arides ou semi-arides.

Conclusion

Conclusion

Nous pouvons dire d'après notre étude préliminaire, qu'à partir du moment où les graines sont libérées de leur dormance (que cela soit par traitement artificiel ou naturel), celles-ci sont capables de germer dans un large éventail de stress salin. Cependant, les mesures et techniques de restauration à entreprendre restent encore à définir par le biais d'études à long terme tenant compte de la dynamique de développement de l'espèce à partir du stock préalable de semences viables contenues dans le sol et par l'introduction de nouvelles semences, voire des plantules, pour améliorer le processus de régénération de l'espèce.

Il reste que le meilleur moyen de lever l'inhibition tégumentaire est la scarification manuelle au coupe ongle. Cette dernière améliore significativement le taux de germination qui atteint 85% en 03 jours.

Les résultats de la germination montrent un effet dépressif de la salinité sur ce paramètre pour l'espèce *Acacia raddiana*, il faut signaler que des baisses plus importantes ont été enregistrées, dépassant les 85 % pour la concentration 50 mM contre 75 % pour le témoin et 20% pour une concentration de stress le plus sévère (600 mM).

Un comportement meilleur de la vitesse de germination a été révélé avec une stimulation à 50mM de NaCl alors que les concentrations 100,200 et 300 ont fait diminuer la vitesse malgré l'effet stimulateur enregistré ; dès que le niveau atteint les 400mM de NaCl la vitesse diminue accompagnée avec une inhibition.

En conclusion, on peut dire que la concentration 50 mM stimule le taux de germination mais ne stimule pas le temps de germination, 400 mM n'induit pas une inhibition de germination mais induit un ralentissement du temps de germination alors la concentration 600 mM inhibe la germination et ralentit la vitesse donc provoque un allongement du temps de la germination et cela est très logique en revenant à la loi de la vitesse.

Références Bibliographiques :

Almeida viégas R., Gomes da Silveira J.A., 1999. Ammoniac assimilation and Proline accumulation in young Cashew plants during long term exposure to NaCl- salinity, Revista Brasileira de fisiologia vegetal 11(3); 153-159.

Amirjani M.R 2011: Effect of salinity stress on growth, sugar content, pigments and enzyme Activity of Rice, international journal of botany 7(01), 73-81.

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

ANTIPOLIS S., 2003 : Les menaces sur les sols dans les pays Méditerranéens. Les cahiers du plan bleu, Vol.2 :44-49.

AUBERT G., 1982 : les sols sodiques en Afrique du nord. Cahier O.R.S.T.O.M

Audru J., Cesar J., Lebrun J. P., 1994 : Les plantes vasculaires de la République de Djibouti. Paris, Cirad-EMVT, 3 vol., 968 p.

BAIZE D., 2000 : Guide des analyses en pédologie. 2ème édition. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris : 206- 207.

Bajji M., Kinet j. M, lutte Stanley., 2002: Salt stress effects on roots and leaves of Atriplex halimus L., And their corresponding callus. Plant science .137 :131:142.

Behaeghe T., Blouard R., 1962 : Amélioration des semences et sélection des plantes prairiales au Congo, au Rwanda et au Burundi. Bull. Inf. INEAC, 11(6) : 307- 338.

Ben Naceur M., Cheikh Mohamed H., Maalem S., Rahmoune C. 2005 : les indicateurs précoces de la tolérance à la salinité. 1ère colloque Euro-méditerranéen de biologie végétale et environnement Annaba 28- 30 novembre 2005.

BEN NACEUR M ; RAHMOUNE C ; SDIRI H ; MEDDAHI M et SELMI M., 2001 : Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques

variétés maghrébines de blé ; Science et changements planétaires. Sécheresse, Vol. 12, (3) 167-74.

Benmahioul B., Daguin F., Kaid-hareche M.,2009 : Effet de stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistachier (Pistacia Vera L). Comptes Rendus biologies, 332(8): 752-758.

Berhaut J. 1967 : Flore du Sénégal. Dakar. Clairafrique., 2e éd., 485 p

BELKHODJA M. et BIDAI Y., 2004 : La réponse des graines d'Atriplex halimus L. à la salinité au stade de la germination. Science et changements planétaires / Sécheresse. Volume 15, Numéro 4. pp 331-335.

Bellakhdar J. (1978) Médecine traditionnelle et toxicologie ouest-saharienne.

BOUZID S., 2010 : Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysologique de deux variétés de plantes de l'espèce Phaseolus vulgaris L. Thèse magister, Univ Mentouri Constantine. P 6 -9-4

Boukachabia F.. 1993 : Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation (Triticum durum Dest). Mémoire de magistère en production et physiologie végétale. Université d'Annaba. 108p.

Boulghalagh J., Berrichi A., El Halouani H. & Bou-kroute A. 2006 : Effet de stress salin et hydrique sur la germination des graines du jojoba (simmondasia chinensis [link] Schneider). Proceedings du premier congrès national << Amélioration de la production agricole>> Settat, les 16 et 17 Mars 2006.

Brenan J.P.M., Kessler A.,1995: Acacia pennata and its relatives in tropical Africa. Bol.Soc. Brot. 31 199- 140.

Chartzoulakis, K., G. Klapaki. 2000 : Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. Scientia Horticulturae, 86 : 247-260.

Chaieb M., Floret Ch. & Pontanier R. 1991 : Réhabilitation d'écosystèmes pastoraux de la zone aride tunisienne par réintroduction d'espèces pastorales. Comm. présentée au IVème Congrès International des terres à pâturages. Montpellier, du 22 au 26 avril 1991, 5 p

Chevalier A. 1943 : L'argan, Les marmulanos et les noyers, arbre d'avenir en Afrique du Nord, en Marocaine et dans les régions semi-désertique du globe si on les améliore, Rev . Bot. Appliq., 14: 875 - 884.

Chug I.K., sawhney S.K., 1999 : Photosynthetic activités of Pisum sativum seedlings grown in presence of cadmium . Plant physiol. Biochem., 37, 297-303.

Chutipaijit S., Cha-um S., Sompornpailin K., 2011 : High contents of Proline and anthocyanin increase protective response to salinity in oryza sativa L., Spp.indica. Aust J corp Sei ,5(10) : 1191-1198.

Côme D. 1970 : Les obstacles à la germination. Paris : Masson & Cie.

Cutterman Y., 1993. Porcupine diggings as a unique ecological system in a desert environment, Oecologia 85, 122-127.

Danthu P., Roussel Je., Dia M., Sarr A., 1992 :Effect of pretreatment on the germination of Acacia Senegal seeds. Seed Sci. Technol., 20 : 111-117.

Debez A., Cha''bi W., Bouzid S. 2001 : Effet de NaCl et de régulateur de croissance sur la germination d'Atriplex halimus L. Cahiers Agricultures, 10 : 135-138.

Diouf M., 1996 : Étude du fonctionnement hydrique et réponses à l'aridité des ligneux sahéliens. Cas d'*Acacia raddiana* en zone soudano sahélienne du Sénégal. Thèse de 3^e cycle, UCAD Dakar, 172 p.

DOUAOUI, A. ET HARTANI, T., 2008- Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chellif. Scientific commons. Vol. 2, no3, p. 9.

Ducouso M., Colonna J.P., Thoen D. 199 :. Occurrence of nodulation among woody legumes in Senegal. Nitrogen Fixing Tree Res. Reports 9, 53-55.

Elklil Y., Karrou M., Mrabet R., Benicho M., 2002 : Effet du stress salin sur la variation de certains métabolites chez *Lycopersicon sheesmanii*. Can. J. Plant. Sci. 82, pp : 177-1.

EL Mekkaoui M. 1990 : Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé dur (T. Durum Des.) Et l'orge (*H.vulgare* L.) Recherche de tests précoces de sélection. Thèse Doct. en Sc. Age., USTL, Montpellier

Ennabli N. 1995 : L'irrigation en Tunisie. Tunis : INATDGREF : 278-304.

FAO., 2004 : Perspectives de l'alimentation n°2. Une production mondiale, Département économique et social.

Folliott P.F., Thames J.L. (1983): Taxonomy of Prosopis in Latin America.

Gast M. (1968) : Alimentation des populations de l'Ahaggar. Étude ethnographique.

Gillet H. (1981) : Girafe et Acacia, une heureuse association. Le courrier de la nature, 71 : 15-21.

Gill. K. S., 1979. Effects of soil salinity on Grain filling and grain development in burly. *Biologia plantarum*, 24(4): 266 _ 269.

Grouzis M. 1991 : Réhabilitation des terres dégradées au nord et au sud du Sahara. Utilisation des légumineuses pérennes et des micro-organismes associés pour l'établissement des formations pluristrates. Contrat Union européenne STD3, TS3*TT92-0047, Dakar, ORSTOM, 80 p.

Grouzis M., Sicot M. 1980 : A method for phenological study of Browse population in the Sahel the influence of some ecological factors. In le Houérou H.N. (Eds) *Browse in Africa*, Adis-Abeba, ILCA .

Greenway H., Munns R.1980, Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol*, 31, 149-190.3-240.

GUO W.J. et DAVID HO T.H., 2008 : An abscissic acid induced protein, HVA22, inhibits Gibberellin –Mediated Programmed Cell Death in Cereal Aleurone Cells. *Plant physiol.* 147, 1710-1722

Halevy G., Orshan G., 1973 : Ecological studies on Acacia species in the Negev and Sinai. II. Phenology of *Acacia raddiana*. *A. tortilis* and *A. gerrardii* ssp. *negevensis*. *Israel j. of Botany.* 22 (2): 120-139.

Haro, G. O., Oba G., 1993. Dynamics of *Acacia tortilis* litter in the Turkwel River floodplain woodlands, Kenya. 31 (3), 200-209. doi:10.1111/j.1365- 2028.1993.tb00533.

HAOUALA F., FERJANI H., BEN EL HADJ S., 2007 : Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca²⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 11 (3), 235 - 244.

HASSANI A ; DELLAL A; BELKHODJA M et KAID- HARCHE M., 2008- Effet de la salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (*Hordeum Vulgare*). *European Journal of Scientific Research.* ISSN 1450-216X Vol.23 No.1, pp.61- 69.

Hawkins H J., Lewis O Am., 1993 : Effect of NaCl salinity, nitrogen form, Calcium and potassium concentration on nitrogen uptake and kinetics in *Triticum Aestivum* L..cv.Gamtoos. *New Phytol.* (1993), 124, 171-177.

Kayan S.I., Naqv I.H., Ting.P. , 1990 : Salinity effects on germination and mobilisation of reserves in jojoba seeds. *Crop. Sci.*, 30 : 704-708.

KELLER F et LUDLOW M.M., 1993 : Carbohydrate metabolism in drought – stressed leaves of pigeonpea (*Cajanus cajan*). *J exp Bot* (44) 1351-1359

Le Houérou H.N. (1995) : Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification. IHEAM/ACCT, Zaragoza, 396 p.

LEVITT J., 1980 : Responses of plants to environmental stresses : water, radiation, salt and other stresses. Academic Press, New York. pp 365-488.

LEMZERI H., 2006 : Réponses écophysiologicals de trois espèces forestières du genre *Acacia*, *Eucalyptus* et *Schinus* (*A. cyanophylla*, *E. gomphocephala* et *S molle*) soumises à un stress salin, Mémoire de magistère, Université de Mentouri Constantine, 180 p+ annexe

LUTTGE U., KLUGE M. et BAUER G., 2000 : La nutrition minérale des plantes; croissance, développement, sénescence et mort in *Botanique*. Tec et Doc. LAVOISIER. pp 449-451-501- 512.

Levigneron A Lopez F, Varisuyt G., Berthomien P, Casse- Delbar T.,1995. Les plantes face au stress salin. Cahier d'agriculture.

Maziliak P., 1982 : Physiologie végétale croissance et développement. vol. Ed. Herman. 461p.

Maillard J., 2001 : Le point sur l'irrigation et la salinité des sols en zon sahélienne. Risques et recommandations. Handicap International, 34p.

Manns R., James R. A., Lauchli A., 2006. Approaches to Increasing the Salt Tolerance of Wheat and Other Cereals J. Exp. Bot, 57(5) 1025-104.

MALLEK-MAALEJ L ; BOULASNEM F et BENSALEM M., 1998 : Effet de la salinité sur la germination de graines de céréales cultivées en Tunisie. Cahiers Agricultures, (2) 153-6.

Maxwell K., Johnson G.N, 2000. Chlorophyll fluorescence-a practical guide Exp Bot 51: 659-668.

MUNNS R., 1993: Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogma and hypotheses. Plant, Cell and Environment 16: 15-24.

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.

Ndour P., 1997. Comportement de quelques espèces du genre Acacia en condition de stress hydrique et salin simulé. DEA : Biologie végétale, Université CheikhAnta Diop, Dakar (Sénégal).

ORCUTT D.M. et NILSEN E.T., 2000 : The physiology of plants under stress. NewYork, John Wiley and Sons, Inc. pp128.

Parida A.K., Dasa A.B., Sanada Y., Mohanty P., 2004 : Effects of salinity on biochemical components of mangrove, *Aegiceras corniculatum*, Aquatic Botany, 80: 77-78.

Quezel P., 1963. Les peuplements d'Acacia au Sahara nord-occidental. Étude phytosociologique. Trav. Inst Rech. soh., 20 : 80-120.

Quezel P., Santa S., 1963 . Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Paris. CNRS, vol. 1. 566 p.

Rejili M., Vadel AM., Guetet A., Mahdhi M., Lachiheb R., Ferchichi A., MarsM. 2006. Influence of Temperature and Salinity on the Germination of Lotus Creticus (L) from the Arid Land of Tunisia, *Afr. J. Eco.* 48: 329-337.

Rahmoune C, Maalem S., Kadri K., Ben naceur M., 2008 :Ehude de Putilisation des eaux fortement salées pour l'irrigation des plantes do genre Atriplex en zones semi arides. *Revue des régions arides*, 21 (2): 924-929.

RUBIO S., LYNNE W.T.R., GRAHAM L.I.A. and RODRIGUEZ P.L., 2008 : The Coenzyme A Biosynthetic Enzyme Phosphopantetheine Adenylyltransferase Play a Crucial Role in Plant Growth, Salt/Osmotic Stress Resistance, and Seed Lipid Storage. *Plant Physiol.* 148: 546-556.

Roussel J., 1984 : Germination des semences forestières : utilisation de l'acide sulfurique en traitement des principales espèces sahéliennes, soudanosahéliennes et exotiques. Fiche technique n°3. Dakar : Centre national de recherches forestières.

SUBRAMANYAM S., DAVID F., CLEMENS S.J.C., WEBB M.A., SARDESAI N, and WILLIAMS C.E., 2008 : Functional characterization of HFR1, a high- Mannose Nglycan-specific Wheat Lectin induced by Hessian fly Larvac. *Plant physiol.* 147.

Sudhir P., Murthy S. D. S. 2004 : Effects of salt stress on basic processes of photosynthesis. *Photosynthetica* 42, 481-486.

Von Maydell H. J., 1986 : Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations. Eschborn, Schriftenreihe der GTZ No. 147, 531 p.

Zohary M., 1972 : Flora Palaestina. The Israel academy of sciences and humanities .Vol. 2, p. 25.